

WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

L. inw. 3779

KULTURTECHNIK

Erster Band, erster Teil

Vierte Auflage

VERLAG VON PAUL PAREY & BERTHOLD

EIGENTUM

VON

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294412



GRUNDLEHREN

DER

KULTURTECHNIK

Vierte Auflage,

unter Mitwirkung von

DR. M. FLEISCHER,
Prof., Geh. Ober-Reg.-Rat und vor-
tragendem Rat im Landwirtschafts-
Ministerium zu Berlin,

P. GERHARDT,
Geh. Oberbaurat und vortragendem
Rat im Ministerium der öffentlichen
Arbeiten zu Berlin,

DR. E. GIESELER,
Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Landw.
Akademie zu Bonn-Poppelsdorf,

M. GRANTZ,
Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Techn.
Hochschule zu Charlottenburg,

A. HÜSER,
Oberlandmesser der General-
Kommission zu Cassel,

H. MAHRAUN,
Geh. Reg.-Rat, Mitglied der
General-Kommission zu Cassel,

W. V. SCHLEBACH,
Oberfinanzrat, Vorstand der topogr.
Abt. des Kgl. Statist. Landesamtes zu
Stuttgart,

DR. W. STRECKER,
Prof. an der Universität Leipzig,

DR. L. WITTMACK,
Geh. Reg.-Rat, Prof. an der Landw.
Hochschule und der Universität
zu Berlin,

herausgegeben von

DR. CH. AUGUST VOGLER,

Geh. Regierungsrat, Professor an der Landw. Hochschule zu Berlin.



Erster Band, erster Teil.

Mit 205 Textabbildungen und 3 Tafeln.

BERLIN.

VERLAGSBUCHHANDLUNG PAUL PAREY.

Verlag für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.

SW., Hedemannstrasse 10.

1909.



Dieses Blatt ist in der fertigen Zusammenstellung 50x enthalten



II - 351313

Alle Rechte, auch das der Übersetzung, vorbehalten.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

II ~~3779~~

Akc. Nr.

~~418~~ / 50

Aus dem
Vorwort zur ersten Auflage.

Es trifft sich gerade, daß dieses Buch erscheint zur Zeit, da ein Mann von seinen Ämtern zurück und in den Ruhestand tritt, der sich um die Kulturtechnik große Verdienste erworben hat. Der Geheime Regierungsrat Herr Prof. Dr. Dünkelberg, bisher Direktor der Landwirtschaftlichen Akademie zu Poppelsdorf, ist es gewesen, der die Kulturtechnik in Preußen in das akademische Studium eingefügt und dieses den Landmessern zugänglich gemacht hat, als denjenigen Technikern, welche vorzugsweise berufen erscheinen, Meliorationsanlagen für Landgemeinden und Genossenschaften auszuführen und als Vertrauensmänner und Ratgeber der Landbevölkerung den Sinn dafür zu wecken. Seit 1876 besteht in Poppelsdorf, seit 1883 auch an der Landwirtschaftlichen Hochschule zu Berlin ein kulturtechnischer Kursus, an dem die meisten daselbst studierenden Landmesser teilnehmen und dessen Besuch den Vermessungsbeamten der landwirtschaftlichen Verwaltung vorgeschrieben ist.

Dünkelbergs „Encyclopädie und Methodologie der Kulturtechnik“ (2 Bände, Braunschweig bei Vieweg & Sohn) erschien 1883, ein weitgreifendes, groß angelegtes Werk. Daß daneben, vielleicht gerade durch dies Buch hervorgerufen, das Bedürfnis nach kulturtechnischer Belehrung in schlichter Form bestand, beweisen Schriften, wie das Bändchen der Thaerbibliothek: „Der Landwirt als Kulturingenieur“ von Zajiček, Berlin 1892. Unsere „Grundlehren der Kulturtechnik“, aus dem akademischen Unterricht an den genannten beiden Anstalten hervorgegangen und dem Bedürfnis des geodätisch vorgebildeten Studierenden möglichst angepaßt, werden nach der Umrahmung ihres Stoffes *zwischen* jenen Werken stehen.

Die Kulturtechnik umfaßt alle vermessungs- und bautechnischen sowie Verwaltungsmaßnahmen, welche darauf hinzielen, durch günstigere Verteilung des ländlichen Grundbesitzes und damit Hand in Hand durch günstigere Oberflächengestaltung, Herstellung besserer Verkehrsmittel, Verwertung des nutzbringenden Wassers, Abwehr schädlicher Gewässer den Betrieb der Landwirtschaft zu fördern und die Bodenerträge zu steigern.

Das Programm eines umfassenden kulturtechnischen Unterrichts neben dem Landmesserstudium steht hiernach fest. Es soll zunächst die natur-

wissenschaftlichen Grundlagen enthalten, welche die Einwirkung von Boden und Wasser auf den Pflanzenwuchs verstehen lehren. Daran schließt sich die Wetterkunde und die Lehre vom Klima, sowie als unentbehrliche Einleitung zur Baukunde die Grundzüge der Mechanik fester Körper, sowie die Lehre vom Gleichgewicht und der Bewegung des Wassers. Dies der *naturwissenschaftliche Teil* des Programms. — Aus der Baukunde soll es den Erd-, Weg-, Brücken- und Wasserbau in dem Umfang geben, daß alle ausschließlich für landwirtschaftliche Zwecke herzustellenden Bauten eingehend zur Sprache kommen, aber der Blick auch auf Bauwerke für allgemeinere Interessen gelenkt wird, insofern sie von Einfluß auf die Bodenkultur sein können. Breiter Raum ist der Kulturtechnik im engeren Sinne, als der Lehre vom Beherrschen des Wassers im Interesse der Landwirtschaft, zu gewähren. Fügt man die Lehre vom Tracieren, d. h. von den Vorerhebungen, dem Entwerfen der Bauwerke und dem Abstecken der Entwürfe hinzu, so ist der *technische Teil* des Programms umgrenzt. — Ein letzter *kameralistischer Teil* hat die Rechts- und Gesetzeskunde, die Darlegung nationalökonomischer und betriebswirtschaftlicher Gesichtspunkte, sowie die Lehre vom Verwaltungsorganismus zu umfassen; alles in bezug auf die Änderungen der Grundbesitz- und landwirtschaftlichen Nutzungsverhältnisse bei Meliorationen jeder Art.

Dem Leser wird alsbald auffallen, daß im vorliegenden Buche der kameralistische Teil des Programms ganz fehlt und auch im naturwissenschaftlichen Teil einiges aus dem entwickelten Programm übergangen ist. Unsere „Grundlehren“ wollten aber in erster Linie das kulturtechnische Studium der angehenden preussischen Landmesser fördern und mußten daher vor allem diejenigen Stoffe berücksichtigen, welche noch nicht in genügend knapper, jedoch strenger Form in Einzelschriften lehrhaft behandelt sind. Damit ist nicht gesagt, daß eine zusammenfassende Behandlung der fehlenden Abschnitte nicht auch sehr erwünscht wäre, aber in der gegebenen Zeit und dem verfügbaren Raum eines nicht allzu dickleibigen Bandes war vorerst mehr nicht zu leisten, als dargeboten wird.

Berlin, im März 1896.

Der Herausgeber.

Vorwort zur vierten Auflage.

Zu dem Buch, dem das Vorwort vom März 1896 galt und das zu Neujahr 1898 abermals erschien, trat 1899 als zweiter Band der zweiten Auflage ein kameralistischer Teil. Der erste Band, der die Stärke von 50 Bogen bereits überschritten hatte, mußte, als er 1903 die dritte Auflage erlebte, in zwei getreanteten Teilen ausgegeben werden. Der zweite Band der dritten Auflage erschien 1908, und gleich darauf war der erste wieder vergriffen, der nun in vierter Auflage vorliegt, wieder in zwei Teilen, von denen der zweite für sich allein schon 50 Bogen umfaßt.

Man kann es füglich der Zukunft überlassen, ob eine weitere Zerlegung des ersten Bandes nötig werden wird. Wohlgemeinte Vorschläge derart traten schon früh auf. Bereits 1896 hat Maercker, der nun verstorbene berühmte Agrikulturchemiker in Halle, im Interesse der Landwirte den Wunsch vertreten, der erste Abschnitt, Fleischers Bodenkunde, möchte gesondert zugänglich sein. Denn er enthalte nicht weniger und nicht mehr, als was der Landwirt von Bodenkunde bedürfe, und gerade in der richtigen, interessant belehrenden Form.

Wünsche ähnlicher Art erhoben sich aus den Kreisen der Baumeister. Indessen beweisen die rasch sich folgenden (und immer höheren) Auflagen, daß die „Grundlehren der Kulturtechnik“, indem sie getrennte Disziplinen nach einem bestimmten Programm *zusammenfaßten*, dem Bedürfnis nicht nur eines, sondern vieler und ausgedehnter Berufszweige entsprachen. Und das liegt großenteils in der Art ihres Zustandekommens. Streben nach Klarheit in knappester Form, Vorsicht im Übergreifen auf fremde Stoffgebiete, Zurückhaltung im Behandeln unerprobter Vorschläge auf dem eigenen, das alles findet sich gleichsam von selbst ein beim Zusammenschluß von Autoren verschiedener Fächer zum Abfassen eines gemeinsamen Buches.

Der Gruppe von Männern der Naturwissenschaft und Technik, die im vorliegenden Band nun schon zum vierten Mal vor die Öffentlichkeit treten, ist es fast zu wohl geglückt, ihrem Werk einen geschlossenen, einheitlichen Charakter zu verleihen. Das zeigt sich recht deutlich in der Art, wie man das Buch oft zitiert. Ganze Seiten werden ihm entnommen, Kapitel, Abschnitte im Auszug wiedergegeben, ohne daß ihrer einzelnen

Verfasser gedacht wird. Immer nur heißt es: „Aus den Grundlehren der Kulturtechnik“, und es kann nicht als Ersatz für die Erwähnung der Verfasser gelten, wenn etwa der Herausgeber genannt wird; dieser selbst ist vielmehr solcher Art unfreiwilliger Stellvertretung durchaus abgeneigt. Wollten doch Schriftsteller auf kulturtechnischem Gebiet die kleine Mühe nicht scheuen zu schreiben: „Vergl. Gieseler“ oder „Siehe Gerhardt in den Grundlehren der Kulturtechnik“, und dies ohne die Verfassernamen wieder unter sich zu verwechseln, was auch schon vorgekommen ist.

Nun zur Betrachtung der einzelnen Abschnitte, zum Teil nach den Aufzeichnungen ihrer Verfasser.

Die Bodenkunde von Herrn Prof. Dr. Moritz Fleischer, Geh. Oberregierungs- und vortragendem Rat im Ministerium für Landwirtschaft, Domänen und Forsten, früher Direktor, jetzt Kurator der Moor-Versuchstation zu Bremen, will einen möglichst klaren Einblick in die chemischen, mechanischen und biologischen Vorgänge bei der Entstehung und fortwährenden Umgestaltung des Bodens, sowie in die chemischen und physikalischen Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten geben.

Hierbei mußten die Ergebnisse der *Bodenbakteriologie*, den Fortschritten dieses noch jungen Wissenschaftszweiges entsprechend, eingehender besprochen werden, als es in den früheren Auflagen geschehen konnte. Auch auf anderen Gebieten des umfangreichen Stoffes ist durch zahlreiche Zusätze und Umarbeitungen den neueren Forschungen der reinen und der „angewandten“¹⁾ Bodenwissenschaft Rechnung getragen worden. Unter anderem erschien es nötig, den „kolloidalen“ Bodenbestandteilen, denen nach neueren Erfahrungen eine erhebliche Einwirkung auf wichtige Bodeneigenschaften zukommt, besondere Beachtung zu schenken.

Auf die Mineralogie, auf Gesteins- und Formationslehre vielfach Bezug zu nehmen, war schon aus dem äußeren Grund erforderlich, weil zahlreiche, fest eingebürgerte Benennungen von Bodenarten den Mineralien, Gesteinen und Formationen entnommen sind, die sich an ihrer Bildung beteiligt haben.

Die eingehende Besprechung des hochbedeutsamen Werkes der *Preussischen Geologischen Landesanstalt*, der „*geognostisch agronomischen Kartierung*“ des Flachlandes, die sich neuerdings auch auf einige umfangreiche Moorgebiete erstreckt, und die Erörterung ihrer Ziele und Darstellungsweise soll dem Landwirt wie dem Kulturtechniker eine weitere Anregung zur Verwertung dieses in der Praxis noch viel zu wenig gewürdigten wichtigen Hilfsmittels bringen.

Für den Zweck des vorliegenden Lehrbuches erschien es nützlich, im Anschluß an die Besprechung der Bodeneigenschaften auch auf die

¹⁾ S. E. Ramann, Journ. f. Landwirtschaft, Jahrg. 1905, S. 371 ff.

Mafsnahmen hinzuweisen, durch welche jene im Hinblick auf die Bodenkultur günstig oder ungünstig beeinflusst werden.

Unter Berücksichtigung der von Tag zu Tag wachsenden Bedeutung der *Moorkultur* ist auch in der neuen Auflage die Entstehung und das damit im innigsten Zusammenhang stehende Verhalten der Moorböden eingehender behandelt worden, als es in den bisher erschienenen bodenkundlichen Werken geschehen ist.

Eine manchem Leser willkommene Ergänzung der Erörterungen über den Moorboden hofft Verfasser im Schlufssatz dieses Abschnittes zu bieten. Es werden darin die Gesichtspunkte dargelegt, von denen Moorbesitzer und Kulturtechniker bei der Bewertung eines Moores und bei der Entscheidung über die zukünftige Nutzungsart und das anzuwendende Kulturverfahren zweckmäfsig auszugehen haben. Bei seiner Abfassung hat der Verfasser sich von der Wahrnehmung leiten lassen, dafs bei der Kultivierung von Moorböden häufig Mifsgriffe gemacht werden, die bei weitsichtigerer Vorprüfung vermieden werden könnten.

In dem zweiten Abschnitt, **Botanik der kulturtechnisch wichtigen Pflanzen**, von Herrn Geh. Regierungsrat Dr. Ludwig Wittmack, Professor an der Universität und der Landw. Hochschule zu Berlin, dürfte die neu hinzugekommene Darstellung des Baues der Torfmoose vielen willkommen sein, ebenso die genaue Unterscheidung des Acker- und Sumpfschachtelhalms auf Grund der Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft. Weiter sind viele Zusätze bei den einzelnen Familien, u. a. *Cuscuta*, die Kleeseide etc. S. 261, *Veronica* S. 267 gemacht.

Ganz umgearbeitet ist das Kapitel IV, *Pflanzengeographisches* über die Wiesen. Hier ist einmal S. 285 statt der früheren Übersicht über die *deutschen* Pflanzenformationen eine Übersicht über die Pflanzenformationen der *ganzen Erde* nach Drude gegeben. Zweitens sind S. 287 die deutschen Pflanzenformationen nach dem neuesten Werk von Graebner, „Die Pflanzenwelt Deutschlands“ aufgeführt. Weiter wurde eine kurze Übersicht über die Güteklassen der Gräser (S. 312) gebracht. Bei den Einzelbeschreibungen der Gräser wurden noch einige Arten neu aufgenommen.

Den Bonitierungspflanzen des *Landes* sind auch die wichtigsten des *Wassers* hinzugefügt, d. h. es ist eine kurze Angabe derjenigen Pflanzen erfolgt, die *gutes Rieselwasser* anzeigen (S. 409). Viel Mühe ist auf die Samenmischungen verwendet, und zwei neue Gruppen derselben für Böschungen und für Gartenrasen hinzugefügt. Im übrigen ist die neueste Literatur so viel als möglich berücksichtigt, und besonders sind auch die mündlichen oder schriftlichen Mitteilungen tüchtiger Fachmänner, sowie die eigenen Beobachtungen verwertet. Der Wiesen- und Weidebau erfreut sich gegenwärtig eines immer mehr steigenden Interesses, Sache des Kultur-

technikers ist es daher, diesem Zuge der Zeit zu folgen und sich eine tüchtige Kenntnis der Wiesen- und Weidepflanzen zu verschaffen. Auch die Meliorationsbaubeamten empfinden immer mehr, wie wichtig diese Kenntnis ist.

Die Abbildungen sind, wo nichts anderes angegeben, aus Garckes Illustrierter Flora von Deutschland, 20. Aufl., 1908, bearbeitet von F. Niedenzu, entnommen.

Der Verfasser des dritten Abschnittes, **Grundzüge der technischen Mechanik und Hydraulik**, Herr Dr. Eberhard Gieseler, Geh. Regierungsrat, Professor an der Landw. Akademie zu Bonn-Poppelsdorf, hatte in der vorigen Auflage zwei Kapitel neu aufgenommen, die Lehre vom Gleichgewicht fester Körper, sowie von der Elastizität und Festigkeit der Baustoffe. Er hat diese Kapitel erweitert und noch eins hinzugefügt, die Anwendung auf besondere Aufgaben des Bauwesens. Der Abschnitt stellt nun eine kurze, klar übersehbare Einleitung in die Ingenieurmechanik dar, und es dürfte denen, die Gieselers Grundzüge studiert haben, nicht schwer werden, etwa in Ritters Lehrbuch der technischen Mechanik einzudringen. Der Verfasser ist seinem Vorsatz treu geblieben, höhere Rechnungsarten zu vermeiden, was den nicht stören wird, der ihrer mächtig ist, und den übrigen zugute kommt.

Auch der vierte Abschnitt, **Baukunde**, von Herrn Geh. Regierungsrat Max Grantz, Professor an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, ist, obwohl erst in voriger Auflage gründlich durchgesehen und um ein Kapitel über ländliche Wasserleitungen vermehrt, einer sorgfältigen Prüfung mit Rücksicht auf die an den ausführenden Kulturtechniker herantretenden, sich immer steigernden Aufgaben unterzogen, und daraufhin durch Aufnahme eines Kapitels über die wichtigsten Baustoffe erweitert worden, worin sich jetzt alles, was schon früher an verschiedenen Orten über Baustoffe und Bauausführung gesagt war, mit dem vereint findet, was neu hinzugekommen ist. Hierdurch und durch engere Verknüpfung des vierten Abschnittes mit der Festigkeitslehre des dritten ist oftmals geäußerten Wünschen eifriger Freunde und Benutzer des Werkes willfahrt worden.

Der fünfte Abschnitt, **Kulturtechnik**, von Herrn Geh. Oberbaurat Paul Gerhardt, vortragendem Rat im Ministerium der öffentlichen Arbeiten zu Berlin, hat ebenfalls eine umfassende Erweiterung erfahren. Das ist erklärlich, denn die Kulturtechnik ist in den letzten Jahren durch wissenschaftliche und praktische Forschungen und einen gegenüber den Vorjahren viel lebhafteren Austausch der Erfahrungen — Dank den neueren kulturtechnischen Zeitschriften — erheblich gefördert worden. Das Interesse für diese Wissenschaft hat bei Landwirten und Technikern in höchst erfreulicher Weise während der sechs Jahre, die seit dem Erscheinen

unserer dritten Auflage verfloßen sind, zugenommen. Dadurch sind viele Fragen, die früher noch nicht entschieden waren, geklärt, viele Aufgaben ihrer Lösung näher gebracht und andere neue aufgerollt und erörtert worden. Verfasser hat sich bemüht, diese Fortschritte möglichst kurz, aber objektiv und erschöpfend darzustellen.

So wurden in der Einleitung der Einfluß des Waldes ausführlicher behandelt, in dem Kapitel über Entwässerungen manche neu erfundenen Geräte und Hilfsmaschinen dargestellt. Die Mitteilungen z. B. über die für die Landeskultur sehr wichtigen Krautungsgeräte dürfen den Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Auch für die bequeme und beliebte Entwässerung durch Windmotoren wurden die neueren Ausweichräder und Kegelräder besprochen und ihre Berechnung unter Beachtung der Windstärken an Beispielen dargelegt. Das Kapitel über Drainage hat dem auf diesem Gebiet besonders lebhaften Meinungsaustausch entsprechend bedeutungsvolle Erweiterungen erfahren. Die Grundwasserkurven zwischen den Drains, die Bestimmung der Draintiefe und der Strangentfernung wurden ausführlicher besprochen. Die wissenschaftlichen Untersuchungen über die Wasserführung in den Drainröhren, welche die technische Literatur der letzten Jahre in großer Mannigfaltigkeit gebracht hat, wurden gewürdigt, kritisch untersucht, und gaben Anlaß, die in früheren Auflagen dieses Werkes aufgestellten Berechnungen der Drainröhren nach Bedarf zu ergänzen, und eine neue diesen Untersuchungen angepaßte graphische Tafel für die Bestimmung der Drainrohrweiten zu entwerfen und beizufügen. (S. 424.)

Neben kleineren technischen Hilfsmitteln der Neuzeit, wie den Fraustätter Klappdrains, der Benutzung des Karbolineums gegen Verstopfungen der Drains und dergl. wurden die Bestrebungen für die Benutzung der Ventile bei Drainagen besprochen, und das Baumaterial der heutigen Zeit, der Beton, bei seiner Anwendung für Drainagen gewürdigt. Die Betonformstücke von Weigmann, die Ausmündungen aus Beton von Breitenbach, die Beton-Ausmündungskasten von Mannskopf, die Drainageventile aus Beton von Lüdecke und Krause und die Zementdrainröhren und Zementrohrmaschine von Schüßler & Co. wurden erwähnt und bildlich dargestellt.

Bei der Neubearbeitung des Abschnittes über Moorkulturen wurden die wissenschaftlichen Untersuchungen über die Höhe des Grundwasserstandes in Mooren zu verschiedenen Zeiten und bei verschiedenen Tiefen der Vorflutgräben nach den neueren Beobachtungen erörtert. Es wurde danach nachgewiesen, wie wichtig die Frühjahrsentwässerung der Moore ist, und wie gering der Einfluß der Entwässerungsgräben in den Sommermonaten nur sein kann. Die Ausführung von Drainagen in Mooren, die Anlage von Weiden auf Mooren, die Herstellung von Moorzweiden mit oder

ohne Sanddecke und die deutsche Hochmoorkultur wurden ihrer Bedeutung entsprechend ausführlicher als bisher behandelt. Auch neu erfundene zweckmäßige Geräte für Moorkulturen, wie die Wiesenpflüge mit Scheibenkolter und gekröpftem Kolter, die Scheibenegge mit Eggezahn und die Flügeltelleregge werden in Abbildungen vorgeführt. In dem Kapitel über Bewässerungen wurde der Wasserbedarf für die Anfeuchtung von Wiesen und Äckern nach dem heutigen Stand der wissenschaftlichen Untersuchungen behandelt, und die Ventildrainage auf Wiesen sowie das Auftreten des Leptomitus und die dadurch veranlasste Doppelberieselung bei der Verwendung städtischer Kanalwässer besprochen. Mehrere ganz neue Paragraphen wurden der Schlauchberieselung und der Bewässerung von Äckern gewidmet, kulturtechnische Forschungen, die in den letzten Jahren an Bedeutung und Interesse gewonnen haben. Endlich wurde nicht unterlassen, auf die Trockenkultur als Ersatz für die Bewässerung — das Dry farming der Amerikaner — hinzuweisen, ein Verfahren, welches auch bei uns in Deutschland, mehr noch aber in unseren deutschen Kolonien Beachtung verdient.

In seinem eigenen, dem sechsten Abschnitt über **Tracieren**, konnte der Herausgeber zu seiner Genugtuung einige kürzlich erschienene Abhandlungen früherer Zuhörer verwerten. Der Anhang über Kubatur der Erdkörper machte einer Neubearbeitung Platz.

Den Herren Landmessern Wilhelm Lührs und Alfred Krause, z. Z. Assistenten an der Landw. Hochschule, sei bestens gedankt für das lebhafte Interesse, das sie der Neuauflage widmeten, sowie für zwei Lesungen der Korrekturbogen, die Herr Krause für den naturwissenschaftlichen, Herr Lührs für den technischen Teil (beide wurden gleichzeitig gedruckt) übernommen hatte.

Berlin, März 1909.

Der Herausgeber.

Inhalt.

Naturwissenschaftlicher Teil.

Erster Abschnitt.

Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage

von Prof. Dr. Moritz Fleischer,

Geh. Ober-Regierungs- und vortragendem Rat im Landwirtschafts-Ministerium zu Berlin.

Einleitung.

	Seite
1. Begriffsbestimmung	3
2. Die Bildung der Erdrinde	4
3. Geologische Perioden und Formationen	5

Einführung in die Bodenchemie.

4. Zusammengesetzte und einfache Körper	9
5. Atom, Molekul, Atomgewicht, Molekulargewicht	12
6. Das Gesetz der „konstanten Proportionen“	14
7. Chemische Zeichensprache	15
8. Valenz oder Wertigkeit der Elemente; gesättigte und ungesättigte Verbindungen, Radikale	16
9. Oxydation, Oxyde, Hydroxyde, Säuren, Basen, Salze	20
10. Haloidsäuren, Haloidsalze	25

Kapitel I.

Die Bestandteile der festen Erdrinde.

A. Die gesteinbildenden Mineralien, ihr chemischer Charakter und ihr chemisches Verhalten.

11. Vorbemerkung	26
12. Die Kieselerde-Mineralien und ihr chemischer Charakter	26
13. Chemischer Charakter der kieselsauren Salze oder Silikate	28
14. Ordnung der Silikate nach Gruppen	30
15. Prozentische Zusammensetzung der wichtigsten Silikate	33
16. Das chemische Verhalten der Silikate	36
17. Die kohlsauren Salze oder Karbonate	38
18. Chemisches Verhalten der Karbonate	40
19. Die phosphorsauren Salze oder Phosphate	41
20. Das chemische Verhalten der natürlichen Phosphate	43
21. Die schwefelsauren Salze oder Sulfate	43
22. Chemisches Verhalten der Sulfate. <i>Reduktionsprozesse</i>	44
23. Die Schwefelverbindungen oder Sulfide	45

	Seite
24. Oxyde und Hydroxyde	46
25. Die Chlorverbindungen oder Chloride	47
26. Chemisches Verhalten der Chloride	47
27. Die salpetersauren Salze oder Nitrate	48
28. Entstehung der Nitrate	48
29. Chemisches Verhalten der Nitrate	49

B. Die bodenbildenden Gesteine.

30. Einteilung	49
31. Die plutonischen Gesteine (Urgesteine)	51
32. Der verschiedene mineralogische Charakter der sauren und basischen Gesteine	53
33. Die Sedimentär-, Glazial- und äolischen Gesteine	54

Kapitel II.

Die Vorgänge bei der Bodenbildung.

A. Mechanische Vorgänge.

34 und 35. Temperaturänderungen	65
36. Die mechanischen Wirkungen des bewegten Wassers und Eises, sowie des Windes	66
37. Verschwemmung, Transport, Verwehung	68

B. Chemische Vorgänge.

38. Verwitterung	72
39 bis 44. Einfache Verwitterung	72
45 und 46. Komplizierte Verwitterung	76

C. Umwandlung der Gesteine in Boden unter dem Einfluß der mechanisch und chemisch wirkenden Kräfte.

47. Einfluß der Beschaffenheit der gesteinsbildenden Mineralien auf die Umwandlung	78
48. Einfluß der bei der Verwitterung mitwirkenden Mengen von Wasser und der Art und Menge der gelösten Stoffe. Salzablagerung	82
49. Endergebnisse der Verwitterung	85

D. Umwandlung der festen Erdrinde unter dem Einfluß vegetativer Kräfte.

50. Einfluß lebender und abgestorbener Pflanzen auf die Bodenbildung. Bodenbakterien	86
51 und 52. Verwesung, Verlauf des Verwesungsprozesses	92
53. Humus	94
54. Vermoderung und Verkohlung	97
55. Reduktionsprozesse	98
56 und 57. Moorbildung, Vertorfung, Torf. Einteilung der Moore	99
58. Die Bildung der Niedermoor Moore	103
59. Niedermoor Moore auf Bergen	107
60. Übergang von Niedermoor in Hochmoor. Übergangsmoor	107
61. Der Aufbau der Hochmoore	109
62. Gebirgshochmoore und Zwischenmoore	114
63. Zusammensetzung des Hochmoortorfes	114
64. Übergang von Hochmoor in Niedermoor	115

Kapitel III.

Die Klassifikation des Bodens und die geognostisch-agronomische Bodenkartierung.

	A. Klassifikation des Bodens.	Seite
65.	Einteilung nach petrographischen und geologischen Kennzeichen	117
66.	Einteilung der Böden nach ihrer Entstehungsart	117
67.	Ökonomische Einteilungs-Systeme	119
68.	Die Klassifikation auf physikalisch-chemischer Grundlage	120
	B. Die geognostisch-agronomischen Bodenkartierungen.	
69.	Zweck der Karten und Art der Darstellung	122
70.	Bohrkarte, Bohrregister, Bodenprofile	123
71.	Das Kartenlesen	125
72.	Nutzen der Bodenkartierungen	128

Kapitel IV.

Die Eigenschaften des Bodens und ihre Beeinflussung durch menschliches Eingreifen.

	A. Die physikalischen Bodeneigenschaften.	
73.	Allgemeines	130
74 bis 77.	Die festen Gemengteile des Bodens	131
78 und 79.	Das Verhalten des Bodens zum Wasser	136
80 bis 82.	Die Bewegung des Bodenwassers	140
83.	Die Kondensation von Wasserdampf durch den Boden. Taubildung	143
84 und 85.	Bedeutung des Bodenwassers für die Vegetation	144
86.	Die künstliche Bewässerung	148
87 und 88.	Die Bodenluft und die Durchlüftbarkeit des Bodens	150
89 bis 93.	Das Verhalten des Bodens gegen die Wärme	153
	B. Der Boden als Nährstoffbehälter für die Pflanzen.	
94.	Allgemeines	156
95 bis 98.	Die chemische Zusammensetzung des Bodens	157
99.	Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit nach der chemischen Zusammensetzung	160
100 bis 103.	Die Bodenabsorption	163
104 und 105.	Das Bodenwasser	169

Kapitel V.

Kurze Charakteristik der Hauptbodenarten.

106.	Die Steinböden	173
107.	Die Sandböden	173
108.	Die Tonböden	175
109.	Die Lehm Böden	176
110.	Kalk- und Mergelböden	177
111.	Die Humusböden	178
112.	Die Moorböden	180
113.	Prüfung des Moorbodens	184
	Anhang: Anweisung der Moor-Versuchsstation Bremen zur Entnahme von Bodenproben behufs chemischer und physikalischer Untersuchung	195
	Literatur zum ersten Abschnitt	198
	Autorennachweis	202

Zweiter Abschnitt.

Botanik der kulturtechnisch wichtigen Pflanzen.

Von Dr. Ludwig Wittmack,
Geheimem Reg.-Rat, Professor an der Landw. Hochschule und der Universität
zu Berlin.

Einleitung.

Übersicht des Pflanzenreichs	Seite	203
--	-------	-----

HAUPTABTEILUNG I: KRYPTOGAMAE.

Kapitel I.

Erläuterung zu den Einzelabteilungen der Kryptogamen.

1. I. Abteilung, Myxothallophyta	204
2. II. Abteilung, Thallophyta	204
3. III. Abteilung, Archegoniatae	205

HAUPTABTEILUNG II: PHANEROGAMAE.

Übersicht	215
Erklärung der Abkürzungen und Zeichen	216

Kapitel II.

Monokotyledonen, Einkeimblättrige.

4. Allgemeines	217
5. Übersicht nach Engler	217
6. Erste Reihe: Pandanales	218
7. Zweite Reihe: Helobiae	219
8. Dritte Reihe: Glumiflorae	224
9. Vierte Reihe: Spathiflorae	224
10. Fünfte Reihe: Liliiflorae	226
11. Sechste Reihe: Microspermae	229

Kapitel III.

Dikotyledonen, Zweikeimblättrige.

12. Allgemeines	231
13. Übersicht nach Engler	231

A. Erste Unterklasse: Archichlamydeae.

14. Siebente Reihe: Urticales, Achte Reihe: Polygonales	234
15. Neunte Reihe: Centrospermae	237
16. Zehnte Reihe: Ranales	241
17. Elfte Reihe: Rhoeadales	243
18. Zwölfte Reihe: Rosales	247
19. Dreizehnte Reihe: Geraniales	249
20. Vierzehnte Reihe: Parietales	251
21. Fünfzehnte Reihe: Myrtiflorae	251
22. Sechzehnte Reihe: Umbelliflorae	253
23. Kulturtechnisch wichtige Umbelliferen	255

B. Zweite Unterklasse: Metachlamydeae oder Sympetalae.

24. Siebzehnte Reihe: Ericales	258
25. Achtzehnte Reihe: Primulales	259
26. Neunzehnte Reihe: Contortae	260

	Seite
27. Zwanzigste Reihe: Tubiflorae	261
28. Einundzwanzigste Reihe: Plantaginales	269
29. Zweiundzwanzigste Reihe: Rubiales	270
30. Dreiundzwanzigste Reihe: Campanulatae	272
31. Compositae. Unterfamilie I. Tubuliflorae	274
32. Compositae. Unterfamilie II. Liguliflorae	279

Kapitel IV.

Pflanzengeographisches über die Wiesen.

33. Übersicht über die Pflanzenformationen der Erde	285
34. Einteilung der deutschen Pflanzenvereine nach Graebner	287
35. Einteilung nach Warming	288
36. Begriff der Wiesen	289
37. Entstehung der Wiesen	289
38. Bestandteile	289
39. Wiesentypen	290

Kapitel V.

Bau und Entwicklung der echten Gräser, Gramineae.

40. Allgemeines	294
41. Bau des Kornes	294
42. Keimung und Entwicklung	296
43. Stengel	297
44. Übersicht über die Wuchsverhältnisse der Gräser	300
45. Das mechanische Prinzip im Bau des Monokotyledonenstengels	301
46. Die Blätter	302
47. Die Blüten	305
48. Teile des Grasährchens	306
49. Anblühen, Bestäubung und Befruchtung	308
50. Dauer der Gräser	310
51. Ansprüche an Boden, Wasser, Dünger	310
52. Wuchs, Ober- und Untergräser	311
Einteilung der Gräser nach Güteklassen	312

Kapitel VI.

Systematik der Gräser und Verwandten.

Reihe oder Ordnung Glumiflorae, Spelzblütige.

1. Familie. Gramineae (Gramina), Gräser (Echte oder Süßgräser).

53. Einteilung der Gräser	314
54. Künstlicher Schlüssel	315
55. Die ersten vier Gruppen der Gräser	322
56 bis 62. <i>Die wichtigsten Gattungen und Arten</i> aus den Gruppen 5—10	323
56. Gruppe 5. Phalarideae	323
57. Gruppe 6. Agrostaeae	326
58. Gruppe 7. Aveneae	332
Gruppe 8. Chlorideae	339
59. Gruppe 9. Festuceae	340
60. Festuceae. Fortsetzung	346
61. Gruppe 10. Hordeaeae, Ährengräser	355
62. Hordeaeae, Ährengräser. Fortsetzung: Raigräser	359
63. 2. Familie. Cyperaceae, Halb-, Ried- oder Sauergräser	362

Kapitel VII.

**Bau, Entwicklung und Systematik der Hülsenfrüchte
(Leguminosae).**

A. Bau und Entwicklung.

	Seite
64. Allgemeines	369
65. Unterfamilie Papilionatae, Schmetterlingsblütler	369
66. Bau des Samens, Keimung und Entwicklung	370
67. Bau der Wurzel, Wurzelknöllchen, Impfung	371
68. Bau des Stengels und der Blätter	372
69. Bestäubung	373

B. Systematik.

70. Systematische Übersicht der Papilionatae	377
71 bis 78. <i>Beschreibung der wichtigsten Arten</i>	377
71. Tribus 3. Genisteae	377
72. Tribus 4. Trifolieae	379
73. Trifolieae. Fortsetzung	382
74. Tribus 5. Loteae	387
75. Tribus 6. Galegeae	389
76. Tribus 7. Hedysareae, Gliederhülsige	390
77. Tribus 8. Viciae. 1. Untergruppe: Ervoidinae	392
78. 2. Untergruppe: Lathyroidinae	395

Anhang.

Bonitierungspflanzen, Samenmischungen.

A. Bonitierungspflanzen.

79. Bonitierungspflanzen	398
------------------------------------	-----

B. Samenmischungen.

80. Gebrauchswert der Samen und Samenmischungen	400
81. Erträge der Wiesen und der einzelnen Futterpflanzen	415
Literatur zum zweiten Abschnitt	419

Dritter Abschnitt.

Grundzüge der technischen Mechanik und Hydraulik

von Dr. Eberhard Gieseler,

Geheimem Regierungsrat, Professor an der Landw. Akademie zu Bonn-Poppelsdorf.

Kapitel I.

Bewegung fester Körper und mechanische Arbeit.

1. Von der Bewegung	423
2. Gleichförmige Bewegung	423
3. Geschwindigkeitskurve	424
4. Gleichförmig beschleunigte Bewegung	425
5. Gleichförmig verzögerte Bewegung	426
6. Messung und Darstellung von Kräften	426
7. Trägheitskräfte	427
8. Größe und Beharrungsvermögen der Massen	427
9. Fallgesetze	428
10. Wurfbewegung	429

	Seite
11. Aufsteigende Bewegung	430
12. Zentrifugalkraft	430
13. Mechanische Arbeit	432
14. Energie	434
15. Erhaltung der Energie	434
16. Formen der Energie	434
17. Energie des fallenden Wassers	436
18. Arbeit zum Heben von Wasser	437

Kapitel II.

Vom Gleichgewicht fester Körper.

19. Voraussetzungen über die Beschaffenheit der Körper	438
20. Grundsätze	438
21. Kräfte an einem Punkt wirkend	438
22. Konstruktion der Mittelkraft	439
23. Parallelogramm der Kräfte	440
24. Verlegung des Angriffspunktes einer Kraft	440
25. Mittelkraft zweier gleichgerichteten Kräfte	441
26. Drei parallele Kräfte	441
27. Kräftepaare	442
28. Verlegung eines Kräftepaares	442
29. Drehung eines Kräftepaares	443
30. Änderung des Hebelarmes	443
31. Wesentliche Bestandteile eines Kräftepaares	444
32. Zusammensetzen von Kräftepaaren	444
33. Versetzung des Angriffspunktes einer Kraft	444
34. Gleichgewicht von Kräften in einer Ebene	445
35. Gleichgewicht paralleler Kräfte im Raume	445
36. Gleichgewicht beliebiger Kräfte im Raume	446
37. Vom Schwerpunkt	447
38. Bestimmung des Schwerpunktes eines Körpers	447
39. Schwerpunkt einer geraden Strecke	448
40. Schwerpunkt eines Dreieckes	448
41. Schwerpunkt eines Viereckes	449
42. Schwerpunkte von Vielecken	449
43. Schwerpunkt einer dreiseitigen Pyramide	449
44. Schwerpunkte von Prismen und Zylindern	449
45. Schwerpunkt eines Erdkörpers	450

Kapitel III.

Elastizität und Festigkeit der Baustoffe.

46. Voraussetzungen	451
47. Zug- und Druckfestigkeit	451
48. Schubfestigkeit	452
49. Biegefestigkeit	452
50. Widerstandsmoment eines Rechtecks	455
51. Widerstandsmoment eines doppelt T- oder U-förmigen Querschnittes	456
52. Beispiele	456
53. Zulässige Spannungen	458
54. Knickfestigkeit	458
55. Drehungsfestigkeit	459
56. Graphische Zusammensetzung von Kräften in einer Ebene	459
57. Berechnung von zylindrischen oder Tonnengewölben	461
58. Graphische Berechnung eines Tonnengewölbes	462
59. Böschungswinkel, Erddruck und Futtermauern	464

Kapitel IV.

Anwendung auf besondere Aufgaben.

	Seite
60. Berechnung gewalzter eiserner Träger	469
61. Berechnung der Tragkräfte zweier eiserner Stangen	470
62. Hängewerk	472
63. Schiefe Ebene	472
64. Zentrifugalkraft bei Eisenbahnen	473
65. Wirkung der Zentrifugalkraft bei Flüssen	474

Kapitel V.

Hydrostatik oder Lehre vom Gleichgewichtszustand
der Flüssigkeiten.

66. Die Oberfläche der Flüssigkeiten	475
67. Fortpflanzung des Druckes	476
68. Prinzip des Archimedes	476
69. Schwimmende Körper	477
70. Auftrieb eines Zylinders	477
71. Bodendruck	478
72. Kraft zur Hebung eines Ventils	478
73. Druck gegen lotrechte ebene Wände	479
74. Kraft zum Aufziehen einer lotrecht stehenden Schütze	480
75. Druck gegen eine geneigte ebene Fläche	480

Kapitel VI.

Hydrodynamik oder Lehre von der Bewegung der Flüssigkeiten.

A. Bewegung des Wassers durch Öffnungen.

76. Ausfluß aus einer gerundeten Öffnung	482
77. Ausfluß in dünner Wand	483
78. Widerstandshöhe	484
79. Zahlenwerte der Koeffizienten	484
80. Beispiele	484
81. Ausflußöffnungen in lotrechter dünner Wand	485
82. Unvollständige, teilweise oder partielle Kontraktion	486
83. Schützenöffnungen mit seitlicher Kontraktion	487
84. Geneigte Schützen	487
85. Überfälle in dünner Wand	487
86. Ausflußkoeffizienten für Überfälle in dünner Wand nach Lesbros	489
87. Desgl. nach Hansen und nach Frese	490

B. Durchfluß durch Röhren.

88. Bewegung des Wassers in Röhren	490
89. Beispiele	492
90. Neuere Versuchsergebnisse	493
91. Lange Röhren	494
92. Einfluß der Krümmungen	495

C. Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen.

93. Allgemeine Erklärungen	496
94. Der Wasserspiegel im Längenprofil	497
95. Berechnung der Wassermenge	497
96. Werte von k nach den Versuchen von Bazin	499
97. Erfolg des Suchens nach allgemein anwendbaren Ausdrücken	499
98. Die Formel von Ganguillet und Kutter	499

	Seite
99. Vorteilhaftestes Querprofil	500
100. Beispiel	501
101. Die Geschwindigkeit des fließenden Wassers	502
102. Ungleichförmige Bewegung des Wassers	502
103. Der Einfluß des Gefälles auf die Werte von k	503
104. Berechnung des Rückstaues	504
105. Einfluß der Krümmungen	506
D. Wassermengen in Flüssen und Kanälen.	
106. Gefällmessungen	507
107. Schwimmer	507
108. Pitotsche Röhre	508
109. Der Woltmannsche Flügel	511
110. Bestimmung der Wassermenge aus Profilaufnahmen und Geschwindigkeitsmessungen	514
111. Schätzungen der Wassermengen aus der Größe des Zuflußgebietes	518
Literatur zum III. Abschnitt	520
Sachregister	521

Verzeichnis der Tafeln.

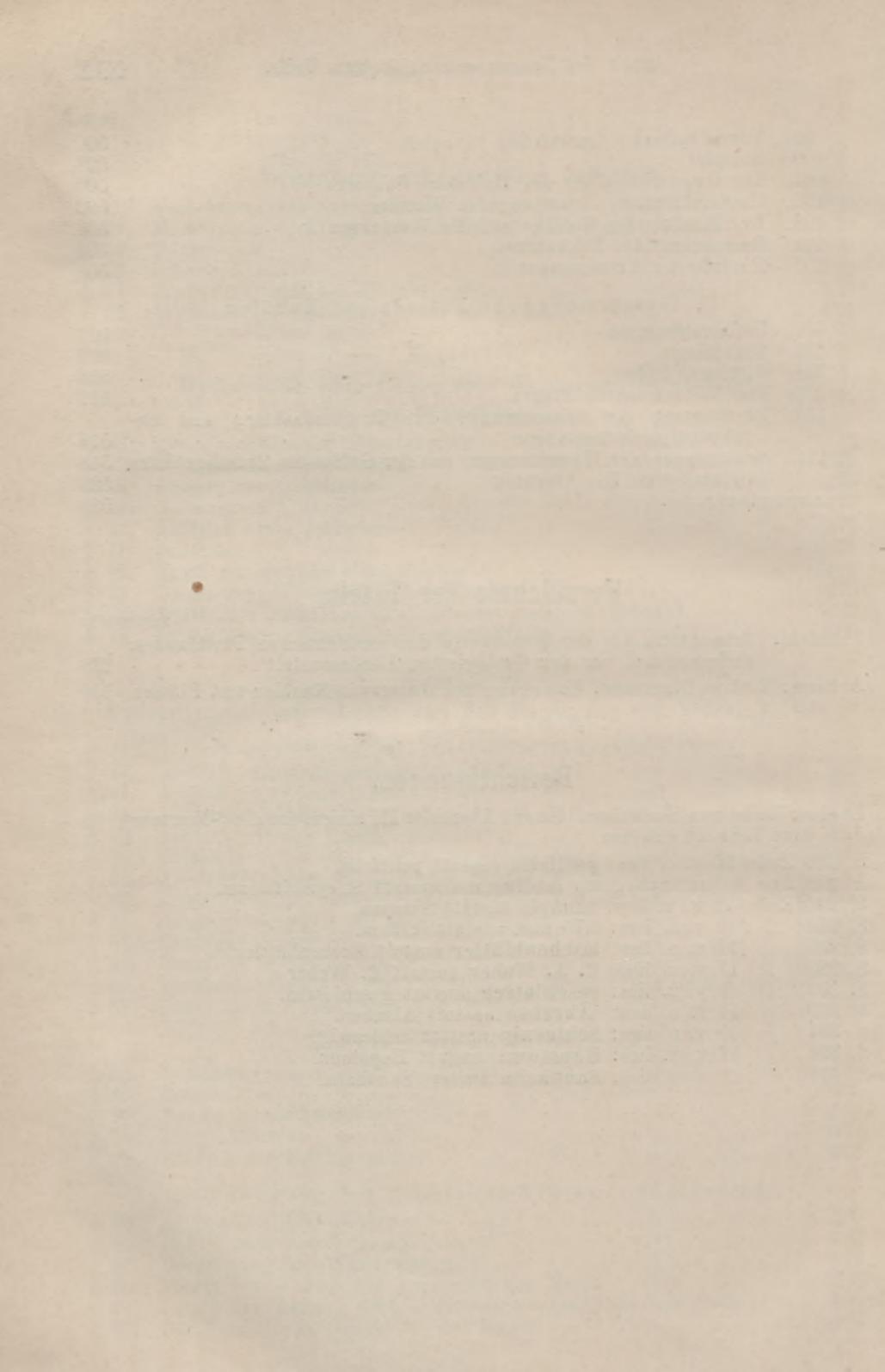
nach Seite

I und II. Ausschnitte aus der Bodenkarte des norddeutschen Flachlandes, aufgenommen von der Geologischen Landesanstalt	128
Anhang: Kutters Diagramm, Bewegung des Wassers in Kanälen und Flüssen	540

Berichtigungen.

In einer Reihe von Hinweisen, die auf Abschnitt III zielen, ist die §-Nummer um Eins zu erhöhen.

S. 109 Zeile 16 v. o. lies: polifolia anstatt poliifolia.
S. 208 Fig. 8 lies: Sphagnum molluscum anstatt S. cymbifolium.
S. 246 Zeile 3 v. u. lies: Sinapis anstatt Sinapus.
S. 262 " 5 v. o. lies: 0,75 mm anstatt 0,75 m.
S. 266 " 11 v. o. lies: Rachenblütler anstatt Rechenblütler.
S. 280 " 17 v. u. lies: C. A. Weber anstatt E. Weber.
S. 302 " 3 v. u. lies: geschlossen anstatt goschlossen.
S. 320 " 14 v. o. lies: Ahrchen anstatt Ahrchen.
S. 331 " 10 v. o. lies: Schleswig anstatt Schleswig.
S. 394 " 12 v. u. lies: Hopetown anstatt Hopetoun.
S. 411 " 1 v. u. lies: Sandhelm anstatt Sandhalm.



Naturwissenschaftlicher Teil.

Erster Abschnitt.

Die Bodenkunde auf chemisch-physikalischer Grundlage.

Einleitung.

§ 1.

Begriffsbestimmung. Unter *Boden* verstehen wir vom landwirtschaftlichen, forstlichen und kulturtechnischen Standpunkt aus die oberste Schicht der festen Erdrinde, soweit sie fähig ist, höhere Pflanzen hervorzubringen.¹⁾ Besitzt sie hierzu die nötigen Eigenschaften von Natur, so bezeichnet man sie als *Naturboden*, während die Benennung *Kulturboden* in den Fällen am Platz ist, wo menschliches Eingreifen jene Fähigkeit erst erzeugt oder auch nur gesteigert hat. Die Ausdrücke: *Wiesen-, Wald-, Ackerboden* beziehen sich zunächst zwar nur auf die augenblickliche Benutzungsweise eines Bodens, sollen aber nicht selten auch den Zweck bezeichnen, zu dem er seiner *natürlichen Beschaffenheit* nach sich am besten eignet. Bei Ackerböden pflegt man noch zwischen „Ackerkrume“ und „Untergrund“ zu unterscheiden und versteht dann unter jener die obere Bodenschicht, soweit sie mit den gewöhnlichen Ackerwerkzeugen bearbeitet und gedüngt wird, unter diesem die unmittelbar darauffolgenden, dem Pflanzenwuchs noch als Nährstoffquelle und namentlich als Wasserreservoir dienenden Schichten.²⁾

¹⁾ Diese im wesentlichen von F. Wahnschaffe herrührende Erklärung scheint mir in ihrer Einfachheit und Vollständigkeit vor allen vor und nach ihm aufgestellten Begriffsbestimmungen den Vorzug zu verdienen. D. Verf.

²⁾ Etwas abweichend von dieser Unterscheidung wird auf den Bodenkarten der Preussischen Geologischen Landesanstalt als „Oberkrume“ die Oberflächenschicht bezeichnet, die unter dem Einfluß der natürlichen Verwitterungsagentien (s. u.) eine wesentliche Veränderung erlitten hat und von der die „Ackerkrume“ meist nur einen Teil bildet, als „Untergrund“ dagegen und weiterhin als „tieferer Untergrund“ die dem gleichen Gestein angehörige, aber von der Verwitterung nicht oder doch weit weniger berührte Schicht.

Die Fähigkeit einer Erdschicht, höhere Pflanzen hervorzubringen, ist an gewisse Vorbedingungen geknüpft. Sie verdient im landwirtschaftlichen und forstlichen Sinne nur dann die Bezeichnung „Boden“, wenn sie die zum Gedeihen der Pflanzen nötigen Luft- und Wassermengen enthält und so locker, lose, „erdig“ ist, daß die Pflanzenwurzel in sie eindringen kann. Da ferner alle Pflanzen darauf angewiesen sind, eine größere Anzahl zum Aufbau ihres Leibes notwendiger Stoffe durch die Wurzeln aufzunehmen, so müssen die letzteren jene im Boden vorfinden, und zwar in einer Form, in der sie von ihnen aufgesaugt werden können. Beide Bedingungen erfüllt das harte Gestein, das früher die äußerste Rinde der Erde bildete, nicht. Mannigfaltige, teils mechanische, teils chemische, teils biologische Vorgänge mußten in Wirkung treten, um ihren Zusammenhang zu lockern, ihre Bestandteile in Pflanzennahrung umzuwandeln. Je nach der Beschaffenheit des Muttergesteins, je nachdem diese oder jene Kräfte in ihrer Wirkung überwogen, entstanden die mannigfaltigen Bodenarten, deren Verschiedenartigkeit deutlich genug in ihrem verschiedenen Verhalten zur Pflanzenwelt sich ausspricht. Dieselben Kräfte aber, die die Umwandlung der starren Erdrinde herbeiführten, wirken in dem bereits gebildeten Boden unablässig fort, ihn nach dieser oder jener Richtung hin verändernd, und weitere Umwandlungen werden veranlaßt durch das Eingreifen menschlicher Tätigkeit, darauf gerichtet, die Eigenschaften des Bodens durch geeignete Maßnahmen für den Pflanzenwuchs immer günstiger zu gestalten. Die Kenntnis aller dieser Dinge fällt in das Gebiet der *Bodenkunde*, wir bezeichnen sie daher als die *Wissenschaft von der Entstehung des Bodens, von den Umwandlungen, die er durch die Naturkräfte und durch menschliches Eingreifen erfährt, und von seinen für den Pflanzenwuchs wichtigen Eigenschaften*.

§ 2.

Die Bildung der Erdrinde. Die Oberfläche unserer Erde ist nicht nur in ihrer äußeren Gestaltung, im Verhältnis zwischen Berg und Tal, zwischen Festland und Wasser, sondern auch hinsichtlich des Gefüges und der Zusammensetzung der festen Erdrinde und damit ihres Verhaltens zum Leben von Pflanze und Tier in immerwährender Wandlung begriffen. Hat schon die kurze Zeitspanne, in der man von einem wissenschaftlichen Erfassen der Naturvorgänge reden kann, genügt, um diese Tatsache festzustellen, so erscheint der Schluß nicht unberechtigt, daß im Beginn des unermesslichen Zeitabschnittes, in dem die Ausgestaltung unseres Planeten sich vollzog, sein Antlitz und seine innere Beschaffenheit von dem jetzigen Zustand wesentlich verschieden war. Und in der Tat führt der astronomische Vergleich der Erde mit anderen Weltkörpern, die genaue Bestimmung ihrer Gestalt, die geologische und physikalische Erforschung

des Erdinnern zu der fast unabweislichen Anschauung, dafs sie einst ein feurig-flüssiger Ball gewesen ist, dessen Oberfläche sich allmählich abkühlte und zu einer an Stärke immer mehr zunehmenden festen Rinde von wahrscheinlich sehr gleichmäfsiger Beschaffenheit sich verdichtete. Die durch weitere Abkühlung hervorgerufene ungleichmäfsige Zusammenziehung des Erdkerns und der Erdrinde im Verein mit den im Innern eingeschlossenen Gasen riefen später Druckwirkungen hervor, die sich in Erhebungen und Senkungen („Faltungen“) der Oberflächenschicht äufserten und stellenweise zu einem Zerreißen der letzteren und zum Hervordringen der noch flüssigen Massen des Erdinnern führten. Erlitt schon hierdurch die gleichmäfsige Zusammensetzung der Oberflächenschicht eine Störung, so wurden die entstandenen *Niveauunterschiede* die Veranlassung zur Scheidung von dem in frühester Zeit den Erdball gleichmäfsig bedeckenden Wasser und dem festen Land und weiterhin zu zwar allmählich erfolgenden, aber tief eingreifenden Umgestaltungen der ursprünglichen Gesteinsmasse. Sie ermöglichten es dem der Tiefe zustrebenden Wasser, seine grofsartige Zerstörungstätigkeit auf die Gesteine auszuüben. Der Gewalt seines Stofses, dem unablässigen Nagen des fallenden Tropfens, dem gewaltigen Druck des in den Rissen sich bildenden Eises widersteht auf die Dauer nicht das festeste Gestein. Des Zusammenhanges mit dem Muttergestein beraubt, durch ihre eigene Schwere, vom Eise der Gletscher, vom reisenden Gebirgswasser fortgeschoben, dabei durch gegenseitige Reibung zu immer feineren Teilchen zermahlen und durch die chemische Wirkung von Wasser, Kohlensäure und Sauerstoff in ihrer Zusammensetzung immer mehr verändert, wurden die Zerstörungsprodukte je nach ihrer Gröfse und Schwere bald früher, bald später an tieferen Stellen abgesetzt und bilden hier, das ursprüngliche Gestein bedeckend, meist *schichtenförmige*, allmählich wieder zu kompaktem Gestein erhärtende Ablagerungen, die in ihrer Zusammensetzung wie in ihrem inneren Gefüge untereinander und von ihrem Muttergestein sich wesentlich unterscheiden.

§ 3.

Geologische Perioden und Formationen. Nach der Aufeinanderfolge der Vorgänge, die die jetzige Gestaltung der Erdoberfläche herbeigeführt haben, und die sich namentlich an den von den verschiedenen Gesteinen eingeschlossenen tierischen und pflanzlichen Überresten („Leitfossilien“) verfolgen lassen, unterscheidet man in der Entwicklungsgeschichte der Erde verschiedene „Geologische Perioden“. Jede geologische Periode umschliests die Bildung einer Anzahl von scharf voneinander zu sondernden Gesteinsschichten-Gruppen, die man „Geologische Formationen“ nennt. Viele davon sind nach ihrer Bildung nochmals durch glutflüssige Massen des Erdinnern durchbrochen worden, die die

„Eruptivgesteine“ bildeten und das durchbrochene Gestein an den Berührungsfächen nicht selten wesentlich veränderten („Kontaktmetamorphose“). Im folgenden sind die von der Geologie augenblicklich angenommenen geologischen Perioden und Formationen übersichtlich geordnet, und Angaben über die wichtigsten Gesteinsarten¹⁾ der letzteren beigefügt worden.

I. Zeitalter: **Die Urzeit der Erde** (Archäische oder primitive Periode).

Von lebenden Wesen waren nur die niedersten Organismen vorhanden.

1. *Laurentinische Formation*: Urgneifsgebirge (Gneifs, stellenweise übergehend in Granit).
2. *Huronische Formation*: Kristallinische Schieferformation (Glimmerschiefer, Tonschiefer).

II. Zeitalter: **Das Altertum der Erde** (Paläozoische Periode).

Auftreten der ersten höheren Lebewesen.

1. *Silurische Formation* (Gliederlose Tiere, Tange): Grauwacke, Tonschiefer, Quarzite, Kalke.
2. *Devonische Formation* (Fische, Gefäßkryptogamen): Grauwacke, Kalke, Sandsteine.
3. *Steinkohlen-Formation* (Karbon) (Erste Amphibien, Kohlenpflanzen): Kalke, Sandsteine, Schieferton, Kohlenflöze.
4. *Dyas- oder Permische Formation* (Fische, Amphibien, Reptile, Farne):
 - a) Rotliegendes: Konglomerate, Sandstein, Letten.
 - b) Zechsteinformation: Kalkstein, Gips, Steinsalz, Kupferschiefer.

III. Zeitalter: **Das Mittelalter der Erde** (Mesozoische Periode).

(Neben den früher genannten Organismen: Saurier, die ersten Säugetiere und Vögel, Koniferen, Cykadeen.)

1. *Trias-Formation* (oder Salzgebirge) (Froschsaurier, die ersten Ammoniten, Vögel und Säugetiere):
 - a) Buntsandstein-Formation: Sandsteine, Tone, Mergel, Gips, Steinsalz und dessen Begleitsalze.
 - b) Muschelkalk-Formation: Kalkstein, Dolomit, Gips, Steinsalz.
 - c) Keuper-Formation: Bunte Mergel, Gips, Sandstein, schiefrige Letten („Lettenkohle“).
2. *Jura-Formation* („Oolithengebirge“) (Ammoniten, Belemniten, Korallen, Fisch- und Flugsaurier, erste Vögel [Archaeopteryx], (Kryptogamen, Koniferen, Cykadeen, die ersten Laubbölzer):

¹⁾ Näheres über die Gesteine selbst findet sich in Kapitel I.

- a) Lias oder schwarzer Jura: Bituminöse Schiefer (Posidonienschiefer), Kalksteine, Sandsteine.
 - b) Brauner oder mittlerer Jura: Sandsteine, dunkle Tone, Eisenerze.
 - c) Weifser oder oberer Jura: Helle Kalke, Mergel, Dolomite.
 - d) (Nur stellenweise vorkommend) Wealden-Formation: Kalkstein, Sandstein, Ton (bisweilen Kohlen).
3. *Kreide-Formation* („Quadersandsteingebirge“): Sandstein („Grünsandstein“), Kalksteine („Plänerkalk“, Kreide).

IV. Zeitalter: *Die Neuzeit der Erde* (Känozoische Periode).

(Säugetiere, Mensch — zahlreiche Laubbölzer.)

1. *Ältere Tertiär-Formation* („Älteres Braunkohlengebirge“):
 - a) Eocän: Kalke, Tone. (Tropische Flora in Zentraleuropa.)
 - b) Oligocän: Gips, Tone, Braunkohlen, Sandstein (Molasse, bernsteinführende Schichten im Samland).
2. *Jüngere Tertiär-Formation* („Jüngeres Braunkohlengebirge“):
 - a) Miocän: Kalke, Sandstein, Braunkohlen der Mark.
 - b) Pliocän: Schotter, Gerölle, Sand (Mactodon, Hirsche, Affen).
3. *Quartär-Formation* („Aufgeschobenes Gebirge“ und Schwemmland):
 - a) Diluvium (Erste Spuren des Menschen in Europa. Mammut, Höhlenbär, Renntier, Pferd, Riesenhirsch u. a.): Zum Teil Gletscher-Geschiebe („Erratische Blöcke“), Zerstörungsprodukte der älteren Erdrinde verschiedenster Größe und verschiedenster Art (Granit, Gneifs, Syenit, Porphyry u. a.) und deren mannigfach veränderte, aber meist kalkhaltige Abkömmlinge, zum Teil Ablagerungen der damaligen Flüßläufe. Im norddeutschen Flachlande unterscheidet man:¹⁾
 - α) Unteres Diluvium: Wechsellagernde Schichten von Sand und geschiebeführendem und geschiebefreiem Mergel.
 - β) Oberes Diluvium: Nebeneinander auftretender Mergel, Lehm, Ton, Sand, Grand.
 - γ) Taldiluvium (früher „Altalluvium“): Die aus dem oberen Diluvium stammenden, von diluvialen Strömen auf Plateaus oder in den Niederungen abgesetzten, steinfreien, ganz horizontalen Sandablagerungen („Talsande“, manchmal auch als „Heidesand“ bezeichnet).

¹⁾ Die Gliederung des Diluviums in unteres, oberes und Taldiluvium entspricht der bei der geognostisch-agronomischen Bodenkartierung (s. Kap. IIIA)

- b) Alluvium: Neue, noch jetzt entstehende Bildungen des Süßs- und Salzwassers, des Windes („äolische“) und des pflanzlichen und tierischen Lebens; Flusssand und Geröll, Ton, Lehm, Moorbildungen, Wiesenkalk, Kieselgur, Flugsand.

innegehaltenen Unterscheidung. Die neuere Forschung teilt die dem Diluvium Norddeutschlands angehörigen Gebilde in folgende Gruppen:

In den geologisch-agronomischen Karten bezeichnet als

Unteres Diluvium	{	1. Produkte der ersten Eiszeit (s. Kap. II):	{ Grande, Sande, Tone, Geschiebemergel, Grande, Sande, Tone.
		2. Produkte der ersten Interglazialzeit:	{ Sande, Grande, Wiesenkalke, Kalktuffe, Tone, Moorbildungen, Diatomeenerde und andere Reste pflanzlichen und tierischen Lebens.
		3. Produkte der zweiten (Haupt-) Eiszeit:	{ Die gleichen wie bei der ersten Eiszeit und Interglazialzeit.
		4. Produkte der zweiten Interglazialzeit:	
Oberes Diluvium	{	5. Produkte der letzten Eiszeit:	{ Geschiebemergel, Endmoränen, Grande, Sande, Tone.
		6. Produkte der Abschmelzperiode der letzten Eiszeit:	{ Höhendiluvium: Geschiebesand, Decksand, Deckton. Taldiluvium (gleichaltrig mit dem Höhendiluvium): Talsand, Talton.

Einführung in die Bodenchemie.

§ 4.

Zusammengesetzte und einfache Körper. Ein an feuchter Luft liegendes Stück metallisches Eisen erleidet bald eine auffällige Veränderung seiner stofflichen Beschaffenheit, es verliert den Metallglanz und geht allmählich vollständig in eine rotbraune, leicht zerreibliche Masse über, die unter dem Namen „Eisenrost“ bekannt ist. Der Eisenrost hat ein größeres Gewicht als das Eisen, woraus er hervorging. Bei seiner Umwandlung in Eisenrost muß also das Eisen aus der feuchten Luft etwas aufgenommen haben.

In der Tat gelingt es der chemischen Untersuchung, nachzuweisen, daß der Eisenrost neben Eisen noch zwei Körper enthält, die im freien Zustande luftförmig sind. Der eine, ein farbloses, geruch- und geschmackloses Gas, besitzt die Fähigkeit, einen hineingebrachten nur glimmenden Span wieder zu entflammen. Er wird *Sauerstoff* genannt. Der andere, äußerlich nicht vom Sauerstoff verschieden, ist nicht imstande, den Verbrennungsprozeß zu unterhalten oder gar lebhafter zu gestalten. Dagegen ist er selbst brennbar. Er heißt *Wasserstoff*. Der Eisenrost ist also ein zusammengesetzter Körper, er besteht aus Eisen, Sauerstoff und Wasserstoff. Die Eigenschaften dieser Stoffe treten im Eisenrost nicht mehr hervor. Er ist eine *chemische Verbindung*, Eisen, Sauerstoff und Wasserstoff sind seine *chemischen Bestandteile*.

Wird Kalkstein im Kalkofen stark erhitzt, so tritt gleichfalls eine erhebliche stoffliche Veränderung ein. Der feste Stein verwandelt sich in eine mürbe Masse von laugenhaftem Geschmack und eigentümlichem Verhalten gegen Wasser. Der „gebrannte“ Kalk besitzt ein *geringeres* Gewicht als der Kalkstein, der ihn lieferte. Beim Erhitzen des Kalksteins ist also etwas aus ihm entwichen. Durch geeignete Maßnahmen kann man den beim „Kalkbrennen“ sich absondernden Stoff auffangen. Er ist ein luftförmiger Körper, äußerlich von der atmosphärischen Luft, dem Sauerstoff und dem Wasserstoff nicht verschieden, aber weit schwerer als alle diese Luftarten, nicht brennbar und nicht fähig, den Verbrennungsprozeß zu unterhalten. Ein hineingebrachter brennender Span erlischt augenblicklich.

Man nannte dieses Gas früher Kohlensäure, jetzt *Kohlendioxyd*.

Der Kalkstein ist also ein zusammengesetzter Körper, er spaltet sich beim Erhitzen in *Kalk* und *Kohlendioxyd*. Aber auch diese beiden Körper sind zusammengesetzt. Der gebrannte Kalk läßt sich in zwei Körper von ganz anderen Eigenschaften, nämlich in *Sauerstoff* und ein silberweißes, zähes, hämmerbares Metall, genannt *Calcium*, zerlegen. Letzteres ist brennbar und wandelt sich beim Verbrennen durch Aufnahme von Sauerstoff wieder in gebrannten Kalk (Calciumoxyd) um. Auch das Kohlendioxyd kann man noch weiter spalten, in *Sauerstoff* und einen festen Körper, der den Namen *Kohlenstoff* trägt, brennbar ist und beim Verbrennen Kohlendioxyd liefert.

Somit gelingt es, durch eine Zerlegung oder eine „chemische Analyse“ aus dem Kalkstein drei ganz verschiedenartige Körper: Calcium, Kohlenstoff und Sauerstoff abzusondern. Der Kalkstein ist eine *chemische Verbindung*, seine *chemischen Bestandteile* sind Calcium, Kohlenstoff und Sauerstoff.

Schon diese Erörterungen lassen erkennen, daß die chemischen Verbindungen wesentlich verschieden sind von den *Mischungen* oder *Gemengen*. In diesen kann man die Mischungsbestandteile allermeist schon mit dem bloßen oder dem verschärften Auge erkennen, in ihnen finden sich die Eigenschaften der Gemengteile wieder, und sie lassen sich durch mechanische Mittel leicht zerlegen. Eine chemische Verbindung bildet dagegen eine in sich ganz gleichartige Masse, die Eigenschaften ihrer chemischen Bestandteile sind in ihr nicht mehr wahrzunehmen, sie treten erst wieder hervor, wenn die Verbindung chemisch zersetzt wird.

Die Körper Eisen, Calcium, Kohlenstoff, Sauerstoff noch weiter zu zerlegen, ist bis jetzt nicht gelungen. Nach dem augenblicklichen Stande unseres Wissens müssen wir sie als einfache Körper ansehen. Auch bei der Analyse der zahlreichen übrigen in der Natur vorkommenden chemischen Verbindungen gelangt man schließlich zu Körpern, die allen Bestrebungen, sie weiter zu spalten oder etwas Andersartiges von ihnen abzutrennen, widerstehen. Man nennt sie daher *Einfache Körper*, auch *Grundstoffe* oder *Elemente*. Derartiger Stoffe kennt man augenblicklich etwa 80.¹⁾ Sie finden sich in der Tabelle auf Seite 11 verzeichnet.

¹⁾ Ob damit die Zahl der einfachen Körper abgeschlossen ist, erscheint sehr fraglich gegenüber der Tatsache, daß ein nicht unbeträchtlicher Teil der jetzt bekannten Elemente erst durch die verschärften Untersuchungsmethoden der neueren Zeit aufgefunden wurde. Auf der anderen Seite ist es nicht ausgeschlossen, daß es in Zukunft gelingen wird, Körper, die wir augenblicklich als Elemente ansehen, noch weiter zu zerlegen. Ja eine große Anzahl neuerer Erfahrungen macht es wenigstens nicht unwahrscheinlich, daß alle oder fast alle sogenannten chemischen Elemente auf einen oder mehrere Urstoffe zurückzuführen sind.

Zusammenstellung der augenblicklich bekannten Elemente mit Angabe ihres Zeichens („Symbols“, ¹⁾ ihres Atomgewichtes (bezogen auf Wasserstoff = 1,00) ¹⁾ und ihrer Wertigkeit. ¹⁾

Name der Elemente	Zeichen	Atomgewicht	Wertigkeit	Name der Elemente	Zeichen	Atomgewicht	Wertigkeit
a) Nichtmetalle oder Metalloide.				Gold (Aurum)	Au	196,7	1, 3
Antimon (Stibium)	Sb	119,6	3, 5	Indium	In	113,4	3
Argon	Ar	40	?	Iridium	Ir	192,3	2, 4, 6
Arsen	As	74,9	3, 5	Kalium	K	39,04	1
Bor	B	10,9	3	Kobalt (Cobaltum)	Co	59,6	2, 4
Brom	Br	79,76	1, 3, 5, 7	Kupfer (Cuprum)	Cu	63,3	2
Chlor	Cl	35,37	1, 3, 5, 7	Lanthan	La	138,0	4
Fluor	F	19,0	1	Lithium	Li	7,01	1
Helium	He	4	?	Magnesium	Mg	24,3	2
Jod	J	126,9	1, 3, 5, 7	Mangan	Mn	54,8	2, 4, 6, 7
Kohlenstoff (Carbo, Carboneum)	C	11,97	4	Molybdän	Mo	95,8	6
Krypton	Kr	81	?	Natrium	Na	22,99	1
Neon	Ne	20	?	Neodym	Nd	143	3
Phosphor	P	30,96	3, 5	Nickel	Ni	58,6	2, 4
Sauerstoff (Oxygenium)	O	15,96	2	Niob	Nb	93	5
Schwefel (Sulfur)	S	31,98	2, 4, 6	Osmium	Os	189,5	2, 4, 6, 8
Selen	Se	78,9	2, 4, 6	Palladium	Pd	106,2	2, 4, 6
Silicium	Si	28,3	4	Platin	Pt	194,3	2, 4, 6
Tellur	Te	127,6	2, 4, 6	Praseodym	Pr	139	3
Stickstoff (Nitrogenium)	N	14,01	3, 5	Quecksilber (Hydrargyrum)	Hg	199,8	2
Wasserstoff (Hydrogenium)	H	1	1	Radium	Ra	225	?
Wismut (Bismuthum)	Bi	208,4	3, 5	Rhodium	Rh	104,1	2, 4, 6
Xenon	Xe	127	?	Rubidium	Rb	85,2	1
b) Metalle.				Ruthenium	Ru	103,6	2, 4, 6, 8
Aluminium	Al	27,0	4	Samarium	Sa	149	3
Baryum	Ba	136,8	2	Scandium	Sc	44,0	?
Beryllium	Be	9,0	2	Silber (Argentum)	Ag	107,66	1
Blei (Plumbum)	Pb	206,4	2, 4	Strontium	Sr	87,3	2
Cadmium	Cd	111,7	2	Tantal	Ta	182,0	5
Cäsium	Cs	132,5	1	Terbium	Tb	159	?
Calcium	Ca	39,9	2	Thallium	Tl	202,6	1, 3
Cer	Ce	140,0	4	Thorium	Th	231	4
Chrom	Cr	52,0	4, 6	Thulium	Tu	169	?
Eisen (Ferrum)	Fe	55,9	2, 4, 6	Titan	Ti	48,0	4
Erbium	Er	165	2	Uran	U	239,8	4, 6
Gadolinium	Gd	156	?	Vanadin	V	51	3, 5
Gallium	Ga	69,8	4	Wolfram	Wo	183,6	6
Germanium	Ge	72	?	Ytterbium	Yb	172	?
				Yttrium	Y	88	4
				Zink	Zn	65,1	2
				Zinn (Stannum)	Sn	118	4
				Zirkonium	Zr	90	4

¹⁾ Die Erklärung dieser Bezeichnung s. u.

Die Elemente Chlor, Fluor, Sauerstoff, Stickstoff, Wasserstoff, ferner von den selteneren Argon, Helium, Krypton, Neon und Xenon sind unter gewöhnlichen Verhältnissen luftförmige Körper (Gase), Brom und Quecksilber sind Flüssigkeiten, alle übrigen Elemente feste Körper.

Um die Übersicht zu erleichtern, teilt man die Elemente gewöhnlich in zwei Klassen, in *Metalle* und *Nichtmetalle* oder „Metalloide“.¹⁾ Die Metalle zeigen „Metallglanz“ und sind gute Leiter für Wärme und Elektrizität, Eigenschaften, die den Nichtmetallen abgehen oder doch in geringerem Grade innewohnen. Ihre Verbindungen mit Sauerstoff besitzen zumeist basischen Charakter. Die Nichtmetalle gehen mit Wasserstoff weit leichter als die Metalle Verbindungen ein, und diese sind in der Regel gasförmige Körper. Ihre Sauerstoffverbindungen bilden mit Wasser allermeist zusammengesetzte Körper von saurem Charakter (Säuren, s. u.).

Bei den Metallen unterscheidet man zwischen leichten (spez. Gewicht unter 5) und schweren Metallen.

Die leichten Metalle teilt man gewöhnlich ein in

Metalle der Alkalien:²⁾ Kalium, Natrium, außerdem Rubidium, Cäsium, Lithium.

Metalle der alkalischen Böden:²⁾ Calcium, Baryum, Strontium, Magnesium.

Metalle der Erden:²⁾ Aluminium, außerdem Zirkonium, Thorium u. a.

§ 5.

Atom, Molekul, Atomgewicht, Molekulargewicht. Lassen sich die Körper, die wir als Elemente bezeichnen, mit den uns bekannten Hilfsmitteln auch nicht in *verschiedenartige* Stoffe zerlegen, so kann man sie doch durch mechanische Mittel in kleinere *gleichartige* Teile spalten.

¹⁾ Die Einteilung der Elemente in Metalle und Nichtmetalle ist die altergebrachte, und sie genügt für die Zwecke dieses Buches. Es darf aber nicht verschwiegen werden, daß eine scharfe Grenze zwischen beiden Klassen sich nicht ziehen läßt. Manche Elemente, die wir ihren äußeren Eigenschaften nach zu den Metallen rechnen müßten, und die in den Lehrbüchern der Mineralogie auch den Metallen zugesellt werden, z. B. das Arsen, Antimon, Wismut, stehen in ihrem chemischen Verhalten dem Stickstoff und Phosphor so nahe, daß man vom chemischen Standpunkte aus sie in die Klasse der Nichtmetalle verweisen muß. Die neuere Chemie hat das alte Einteilungsprinzip fallen lassen. Sie ordnet die Elemente nach gewissen Eigenschaften, die mit der Größe des Atomgewichts (s. u.) in enger Beziehung zu stehen scheinen („Natürliches“ oder „Periodisches“ System).

²⁾ Unter „Alkalien“, „alkalischen“ Böden und „Erden“ versteht man die Oxyde oder Hydroxyde (§ 9) der Alkalimetalle, alkalischen Erdmetalle und Erdmetalle.

Aller Wahrscheinlichkeit nach erreicht aber die Teilbarkeit schliesslich eine Grenze. Nach unserer heutigen („atomistischen“) Anschauung bestehen die Elemente aus sehr kleinen (aber nicht etwa unendlich kleinen) Teilchen, die sich durchaus nicht weiter zerlegen lassen und daher *Atome* (von *ἄτομος* = unteilbar) genannt werden. Sie besitzen ein bestimmtes unveränderliches Gewicht, eine bestimmte Grösse und alle für das Element charakteristischen Eigenschaften. Jedes Element besteht aus gleichartigen, gleich grossen und gleich schweren Atomen, die Atome verschiedener Elemente sind verschiedenartig, verschieden gross und verschieden schwer. Das *absolute* Gewicht der verschiedenen Atome kennen wir nicht, wohl aber kann man bestimmen, wievielmals schwerer das Atom irgend eines Elementes ist als das eines andern. So wissen wir z. B., dass ein Atom Sauerstoff 15,96 (rund 16) mal, ein Atom Kohlenstoff 11,97 (rund 12) mal, ein Atom Eisen 55,9 (rund 56) mal schwerer ist als ein Atom Wasserstoff. Da das Wasserstoffatom von allen bekannten Atomen das geringste Gewicht besitzt, so bezieht man das Gewicht aller übrigen Atome auf das des Wasserstoffatoms als Einheit. Man setzt das Gewicht eines Wasserstoffatoms gleich 1, dann wird das Gewicht des 15,96 mal schwereren Sauerstoffatoms durch die Zahl 15,96, das des Kohlenstoffatoms durch die Zahl 11,97, das des Eisenatoms durch die Zahl 55,9 ausgedrückt. Diese Zahlen nennt man schlechtweg *Atomgewichte*.¹⁾

Die Atomgewichte der einzelnen Elemente sind auf der Übersichtstabelle (S. 11) angegeben.

Vereint sich ein Element mit einem andern, so lagert sich nach der atomistischen Anschauung im einfachsten Falle immer ein Atom des einen mit einem Atom des andern Elementes aneinander. So tritt bei Vereinigung des Calciums mit Sauerstoff immer ein Atom Calcium mit einem Atom Sauerstoff zu einer Atomgruppe Calciumoxyd (s. o.) zusammen. Es können aber auch ein Atom eines Elementes mit zwei oder mehr, und ferner mehrere Atome eines Elementes mit mehreren Atomen eines andern Elementes, und endlich ein oder mehrere Atome von mehr als zwei Elementen sich aneinander lagern. So besteht z. B. Kohlendioxyd (s. o.) aus Atomgruppen, deren jede 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atome Sauerstoff, das Eisenoxyd aus Atomgruppen, deren jede 2 Atome Eisen und 3 Atome Sauerstoff, der Eisenrost aus Atomgruppen, deren jede 2 Atome Eisen, 6 Atome Sauerstoff und 6 Atome Wasserstoff enthält.

Diese Atomgruppen bezeichnet man als *Molekule* (von *molecula* = sehr kleine Masse). Sie bilden die kleinsten, als solche nicht mehr zerlegbaren Teilchen einer chemischen Verbindung. Jede chemische Verbindung besteht aus lauter gleichartigen Molekulen; das Gewicht jedes Molekuls, das

¹⁾ Zutreffender wäre die Bezeichnung relative Atomgewichte.

Molekulargewicht, setzt sich aus dem Gewicht der darin enthaltenen Atome zusammen. Ist z. B. das Atomgewicht des Kohlenstoffs 11,97, das des Sauerstoffs 15,96, so ist das Molekulargewicht des (aus 1 Atom Kohlenstoff und 2 Atomen Sauerstoff bestehenden) Kohlendioxyds $11,97 + 2 \times 15,96 = 43,89$.¹⁾

§ 6.

Das Gesetz der „konstanten Proportionen“. Ist die Vorstellung, die wir uns über die Natur der Atome und über den Vorgang der chemischen Verbindung gebildet haben, richtig, so muß notwendig die Vereinigung zweier oder mehrerer Elemente zu einer chemischen Verbindung stets nach ganz bestimmten unveränderlichen Gewichtsverhältnissen erfolgen, nämlich in dem Verhältnis der in die Verbindung eintretenden Atomgewichte.

Wenn z. B. ein Atom Calcium (Atomgewicht 39,9) mit einem Atom Sauerstoff (Atomgewicht 15,96) sich vereinigt, so kommen in einem Molekul Calciumoxyd auf 39,9 Gewichtsteile Calcium 15,96 Gewichtsteile Sauerstoff. Da die Atomgewichte des Calciums wie des Sauerstoffs unveränderlich sind, so erfolgt auch die Vereinigung von x Atomen Calcium mit x Atomen Sauerstoff in dem Gewichtsverhältnis von 39,9:15,96, und in x Molekulan, d. h. in jeder beliebigen Menge Calciumoxyd kommen auf 39,9 Gewichtsteile Calcium stets 15,96 Gewichtsteile Sauerstoff.

In einem wie in jeder beliebigen Menge von Kohlendioxydmolekulan kommen auf 1 Atom Kohlenstoff stets 2 Atome Sauerstoff oder, da das Atomgewicht jedes Kohlenstoffatoms 11,97, jedes Sauerstoffatoms 15,96 ist, auf 11,97 Gewichtsteile Kohlenstoff $2 \times 15,96$, d. i. 31,92 Gewichtsteile Sauerstoff usf.

In jeder bestimmten chemischen Verbindung, wo und wie immer sie entstanden sein mag, sind die Elemente, aus denen sie besteht, stets in demselben Gewichtsverhältnis enthalten (*Gesetz der konstanten Proportionen*).²⁾

¹⁾ Auch diese Zahl bedeutet natürlich nicht das *absolute* Gewicht eines Molekuls Kohlendioxyd, sie sagt vielmehr nur, daß ein Molekul Kohlendioxyd 43,89mal so schwer ist als ein Atom Wasserstoff.

²⁾ Die Richtigkeit dieses Satzes erleidet keine Einbuße durch die Tatsache, daß nicht selten mehrere Elemente in verschiedenen Gewichtsverhältnissen (nach dem *Gesetz der „multiplen“ Proportionen*) sich miteinander vereinigen. So kann sich ein Atom Kohlenstoff sowohl mit einem als auch mit zwei Atomen Sauerstoff verbinden. Im ersteren Fall entsteht *Kohlenoxyd*, eine Verbindung, in der auf 11,97 Gewichtsteile Kohlenstoff 15,96 Gewichtsteile Sauerstoff kommen; im anderen Fall entsteht *Kohlendioxyd*, das auf 11,97 Gewichtsteile Kohlenstoff $2 \times 15,96 = 31,92$ Gewichtsteile Sauerstoff enthält. Beide Verbindungen sind ganz verschiedenartige Körper, und für jede von ihnen gilt das Gesetz der konstanten Proportionen.

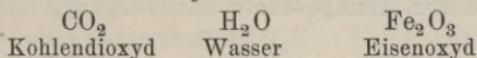
§ 7.

Chemische Zeichensprache. Um den Vorgang der chemischen Vereinigung wie der chemischen Zerlegung bequem darstellen zu können, bezeichnet man jedes Element mit dem Anfangsbuchstaben seines lateinischen Namens, wenn nötig unter Zufügung eines zweiten Buchstabens. So hat der Sauerstoff (Oxygenium) das „*Zeichen*“ (oder „*Symbol*“) O, das Element Wasserstoff (Hydrogenium) das Zeichen H, das Element Magnesium das Zeichen Mg erhalten. Diese — auch in der Übersicht über die Elemente aufgeführten — Zeichen bedeuten aber nicht blofs den Namen, sondern zugleich die durch die Atomgewichtszahl ausgedrückte Gewichtsmenge der Elemente, oder, wie man schlechtweg sagen kann, ein Atom des Elementes.

Durch Nebeneinanderstellen mehrerer Zeichen wird ausgedrückt, dafs die betreffenden Elemente chemisch miteinander verbunden sind. Z. B. bedeutet der „*Ausdruck*“ oder die „*Formel*“



ein Molekul Calciumoxyd, worin 1 Atom Calcium mit 1 Atom Sauerstoff oder 39,9 Gewichtsteile Calcium mit 15,96 Gewichtsteilen Sauerstoff zu 55,86 Gewichtsteilen Calciumoxyd verbunden sind. Die Formeln

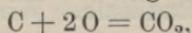


lassen erkennen, dafs in einem Molekul Kohlendioxyd ein Atom Kohlenstoff mit *zwei* Atomen Sauerstoff, in einem Molekul Wasser *zwei* Atome Wasserstoff mit einem Atom Sauerstoff, in einem Molekul Eisenoxyd *zwei* Atome Eisen mit *drei* Atomen Sauerstoff verbunden sind. Damit ist zugleich gesagt, dafs in der Verbindung:

<i>Wasser</i>	auf 2	Gewichtsteile	Wasserstoff	15,96	Gewichtsteile	Sauerstoff,
<i>Kohlendioxyd</i>	„ 11,97	„	Kohlenstoff	31,92	„	„
<i>Eisenoxyd</i>	„ 55,9	„	Eisen	47,88	„	„

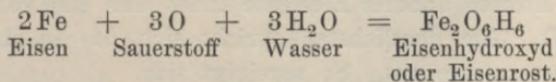
kommen.

Den Vorgang der chemischen Vereinigung drückt man durch eine „chemische Gleichung“ z. B. wie folgt aus:



d. h. ein Atom Kohlenstoff vereinigt sich mit 2 Atomen Sauerstoff zu einem Molekul Kohlendioxyd.

Das Rosten des Eisens (s. o.) vollzieht sich nach folgender chemischen Gleichung:



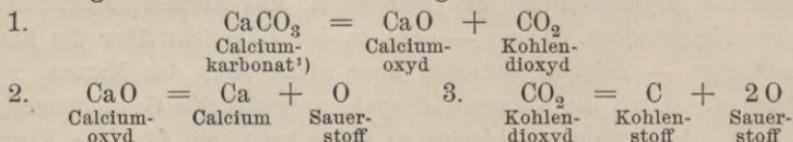
Hiernach vereinigen sich beim Liegen des Eisens an feuchter Luft immer zwei Atome Eisen mit 3 Atomen Sauerstoff (aus der Luft) und den Wasserstoff- und Sauerstoffatomen aus 3 Molekullen Wasser (Luftfeuchtig-

keit) zu einem Molekul Eisenhydroxyd. Mit Hilfe der Atomgewichte berechnet sich aus dieser Gleichung leicht, das

111,8 Gewichtsteile Eisen 213,50 Gewichtsteile Eisenrost
oder 100 " " 190,96 " "

liefern.

Die Zerlegung des Kalksteins (s. o.) in seine Bestandteile kann man durch die folgenden chemischen Gleichungen ausdrücken:



Der durch Gleichung 1 veranschaulichte Vorgang vollzieht sich im Kalkofen. Hier zerfällt jedes Molekul Calciumkarbonat in ein Molekul Calciumoxyd und ein Molekul Kohlendioxyd. Durch chemische Mittel können diese beiden Körper noch weiter zerlegt werden. Nach Gleichung 2 liefert hierbei immer ein Molekul Calciumoxyd ein Atom Calcium und ein Atom Sauerstoff, nach Gleichung 3 ein Molekul Kohlendioxyd ein Atom Kohlenstoff und 2 Atome Sauerstoff. Diese Gleichungen gestatten es, wieder an der Hand der Atomgewichte, die Vorgänge auch „quantitativ“ zu verfolgen:

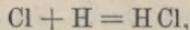
Ein Molekul, d. i. $(39,9 + 11,97 + 3 \times 15,96 =)$ 99,75 Gewichtsteile Calciumkarbonat, liefert im Kalkofen 1 Molekul, d. i. $(39,9 + 15,96 =)$ 55,86 Gewichtsteile Calciumoxyd („gebrannten Kalk“) und ein Molekul, d. i. $(11,97 + 2 \times 15,96 =)$ 43,89 Gewichtsteile Kohlendioxyd. Bei weiterer chemischer Zersetzung zerfallen die 55,86 Gewichtsteile Calciumoxyd in 39,9 Gewichtsteile Calcium und 15,96 Gewichtsteile Sauerstoff, und die 43,89 Gewichtsteile Kohlendioxyd in 11,97 Gewichtsteile Kohlenstoff und 31,92 Gewichtsteile Sauerstoff.

§ 8.

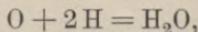
Valenz oder Wertigkeit der Elemente; gesättigte und ungesättigte Verbindungen, Radikale. Wir haben vorhin gesehen, das ein Atom Calcium mit einem Atom Sauerstoff zu *einem* Molekul Calciumoxyd (CaO), ein Atom Kohlenstoff hingegen mit *zwei* Atomen Sauerstoff zu einem Molekul Kohlendioxyd (CO₂) sich vereinigen kann. Das Kohlenstoffatom besitzt mithin ein größeres Bindungsvermögen als das Calciumatom. Auch bei den Atomen anderer Elemente findet man eine verschieden große Atombindekraft. Am deutlichsten spricht sich das in ihrem Verhalten gegen die Wasseratome aus. So vereinigt sich

¹⁾ Kalkstein in völlig reinem Zustande besteht aus einer chemischen Verbindung, die man nach der älteren chemischen Sprache als kohlensauren Kalk, nach der neueren als Calciumkarbonat (auch als kohlensaures Calcium) bezeichnet.

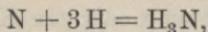
ein Atom *Chlor* mit *einem* Atom Wasserstoff zu einem Molekul Chlorwasserstoff



ein Atom *Sauerstoff* mit *zwei* Atomen Wasserstoff zu einem Molekul Wasser



ein Atom *Stickstoff* mit *drei* Atomen Wasserstoff zu einem Molekul Ammoniak



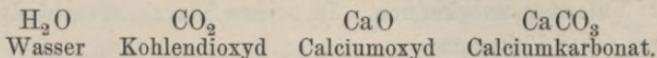
ein Atom *Kohlenstoff* mit *vier* Atomen Wasserstoff zu einem Molekul

Methan („Sumpfgas“) $\text{C} + 4\text{H} = \text{CH}_4.$

Ein Chloratom besitzt mithin die gleiche Bindekraft wie ein Wasserstoffatom. Bezeichnet man das Wasserstoffatom als „*einwertig*“, so ist auch das Chloratom einwertig. Das Sauerstoffatom besitzt die doppelte Bindekraft oder „*Wertigkeit*“ wie das Chlor- und das Wasserstoffatom, es ist *zweiwertig*, der Stickstoff ist *drei-*, der Kohlenstoff *vierwertig*. Ein *Fluor*atom besitzt die gleiche Wertigkeit wie ein Chloratom. Das Element *Schwefel*, das mit dem Wasserstoff eine Verbindung von der Zusammensetzung H_2S (Schwefelwasserstoff) eingeht, ist dem Sauerstoff „gleichwertig“ oder „äquivalent“, der *Phosphor* ist dem Stickstoff, das Element *Silicium* dem Kohlenstoff äquivalent; denn der erstere vereinigt sich mit 3 Atomen Wasserstoff zu Phosphorwasserstoff (PH_3), das letztere mit 4 Atomen Wasserstoff zu Siliciumwasserstoff (SiH_4).

Die verschiedene Wertigkeit der Elemente bezeichnet man auch durch den Ausdruck: Der Wasserstoff besitzt eine, der Sauerstoff zwei, der Stickstoff drei etc. *Verwandtschaftseinheiten* oder *Valenzen*.

„*Gesättigt*“ nennt man eine Verbindung, wenn sämtliche Valenzen eines Bestandteiles durch die Valenzen der übrigen Bestandteile in Anspruch genommen, „gebunden“, „gesättigt“ werden. Gesättigt sind z. B. folgende Verbindungen:



Im *Wasser* werden die beiden Valenzen des zweiwertigen Sauerstoffatoms durch die 2 Valenzen der beiden einwertigen Wasserstoffatome, im *Kohlendioxyd* die 4 Valenzen des Kohlenstoffatoms durch die 4 der beiden Sauerstoffatome gesättigt. Im *Calciumoxyd* binden die 2 Valenzen des zweiwertigen Calciums die 2 des Sauerstoffatoms, im *Calciumkarbonat* die 6 Valenzen der 3 zweiwertigen Sauerstoffatome die (im ganzen) 6 Valenzen des zweiwertigen Calcium- und des vierwertigen Kohlenstoffatoms.

Die Verbindungen bleiben gesättigt, wenn einzelne ihrer Bestandteile durch *gleichwertige* Körper vertreten werden, wenn z. B.

im *Wassermolekul* an die Stelle des Sauerstoffs das gleichwertige Schwefelatom tritt: H_2S (Wasserstoffsulfid oder Schwefelwasserstoff);

im *Kohlendioxyd* der Kohlenstoff durch das gleichwertige Silicium „substituiert“ wird: SiO_2 (Siliciumdioxyd oder Kieselerde);

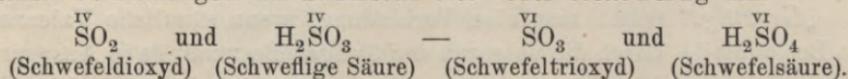
im *Calciumoxyd* das Calcium durch das gleichfalls zweiwertige Magnesium oder der Sauerstoff durch Schwefel vertreten wird: MgO (Magnesiumoxyd oder Magnesia), CaS (Calciumsulfid oder Schwefelcalcium), oder endlich

im *Calciumkarbonat* an die Stelle des einen zweiwertigen Calciumatoms zwei einwertige Kaliumatome oder ein Kaliumatom und ein Wasserstoffatom treten: K_2CO_3 (Kaliumkarbonat oder kohlensaures Kalium), KHCO_3 (Saures Kaliumkarbonat oder doppeltkohlensaures Kalium).

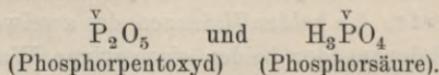
Ein Atom des einwertigen Elementes Chlor kann wohl mit einem Atom des einwertigen Natriums eine gesättigte Verbindung schließen: NaCl (Natriumchlorid oder „Kochsalz“), dagegen wird ein Atom der zweiwertigen Elemente Calcium, Magnesium erst durch zwei Atome Chlor gesättigt: CaCl_2 , MgCl_2 (Calciumchlorid, Magnesiumchlorid).

Die Lehre von der Wertigkeit (Valenzlehre) beruht nicht wie die Lehre von der konstanten Zusammensetzung der chemischen Verbindungen auf einem klar erkannten Naturgesetz, sondern nur auf einer Annahme (Hypothese), die in sehr vielen Fällen eine befriedigende Erklärung für die Bindungsart der verschiedenen Atome bringt.

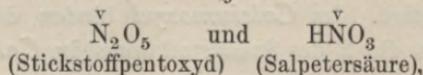
Gewisse Verbindungen zwingen uns aber zu der Folgerung, daß die Wertigkeit keine *Grundeigenschaft* der Elemente ist, daß sie vielmehr unter verschiedenen Verhältnissen verschieden sein kann. So tritt z. B. der Schwefel in seiner Verbindung mit Wasserstoff *zweiwertig*: $\text{H}_2\overset{\text{II}}{\text{S}}$, in seinen Verbindungen mit Sauerstoff *vier-* oder *sechswertig* auf:



Dem Phosphoratom muß man nach seiner Wasserstoffverbindung $\overset{\text{III}}{\text{PH}_3}$ *drei* Valenzen zuerkennen. In seinen Sauerstoffverbindungen besitzt es dagegen *fünf* Valenzen:



Ebenso erscheint der *Stickstoff* in seinen Sauerstoffverbindungen:



aber auch in gewissen Wasserstoffverbindungen nicht als drei-, sondern als *fünfwertig*, z. B. im Salmiak: $\overset{\text{V}}{\text{NH}_4}\text{Cl}$.

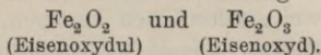
In der Übersichtstabelle über die Elemente (S. 11) ist die Wertigkeit oder die Zahl der Valenzen aufgeführt, die den verschiedenen Elementen zugeschrieben werden.¹⁾

¹⁾ Nicht selten kann man die Annahme eines Wechsels der Wertigkeit durch die Anschauung vermeiden, daß ein Teil der Valenzen eines Atoms dazu

Werden den Molekulan einer gesättigten Verbindung Atome entzogen, so bleiben gewöhnlich²⁾ ungesättigte Atomgruppen oder „Reste“ zurück, die nur ausnahmsweise im freien Zustande bestehen, dagegen in chemischen Verbindungen die Stelle von Elementen vertreten können. Solche ungesättigten Atomgruppen nennt man *Radikale*. Denkt man sich z. B. aus der gesättigten Verbindung Wasser: H_2O ein Wasserstoffatom herausgenommen, so bleibt ein Rest oder ein Radikal OH zurück, das eine freie Valenz enthält und Hydroxyl genannt wird. Das Radikal Hydroxyl findet sich in einer großen Zahl von Verbindungen wieder. Im „Ätzkali“ ist es an ein Atom Kalium gebunden: KOH , das zweiwertige Calciumatom vereinigt sich mit zwei Hydroxylgruppen zu Ätzkalk = $Ca(OH)_2$ oder CaO_2H_2 .

Auch die Gruppe NH_4 , die im Salmiak (s. o.) mit einem Atom Chlor verbunden ist, kann man als ein einwertiges Radikal ansehen. (Seine 4 Wasserstoffatome binden nur 4 Valenzen des in diesem Falle *fünfwertigen* Stickstoffatoms). Es wird *Ammonium* genannt und bildet einen Bestandteil zahlreicher Verbindungen (z. B. des Ammoniumsulfates $[NH_4]_2SO_4$), die große Ähnlichkeit mit den entsprechenden Kalium- und Natriumverbindungen aufweisen.

diene, ein anderes gleichartiges Atom an sich zu ketten. Manche Beobachtungen lassen z. B. darauf schließen, daß das Eisen unter gewöhnlichen Verhältnissen stets vierwertig ist (z. B. die Verbindung Eisenbisulfid $[FeS_2]$). Nun kennt man aber Eisenverbindungen von der Zusammensetzung



Nach der ersteren scheint das Eisen als *zweiwertiges*, in der zweiten als *dreiwertiges* Element aufzutreten. Man *kann* sich aber auch denken, daß in beiden Verbindungen das Eisen vierwertig ist, daß aber beim Eisenoxydul zwei, beim Eisenoxyd eine Valenz *jedes* Eisenatoms dazu verwendet wird, das andere Eisenatom an sich zu binden. Dann bleiben von den beiden Eisenatomen des Eisenoxyduls vier, von denen des Eisenoxyds sechs Valenzen übrig, die im ersteren Fall durch die vier, im anderen durch die sechs Valenzen der vorhandenen Sauerstoffatome ausgeglichen werden. Übrigens gibt man dem Eisenoxydul gewöhnlich die Formel FeO , man schreibt also dem Eisen in dieser Verbindung gewöhnlich nur zwei Valenzen zu.

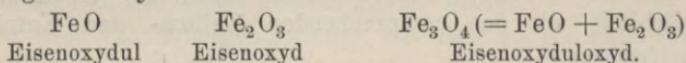
²⁾ Nicht immer. So kann die gesättigte Verbindung Calciumsulfat $CaSO_4$ durch Entziehung des Sauerstoffs („Reduktion“) in die gleichfalls gesättigte Verbindung Calciumsulfid CaS übergehen. Im Calciumsulfat werden die 8 Valenzen der 4 Sauerstoffatome durch die (im ganzen) 8 Valenzen des Calciumatoms und des hier sechswertigen Schwefelatoms ausgeglichen. Im Calciumsulfid tritt der Schwefel zweiwertig auf und bildet mithin mit dem gleichfalls zweiwertigen Calcium eine gesättigte Verbindung.

§ 9.

Oxydation, Oxyde, Hydroxyde, Säuren, Basen, Salze. Fast alle in der Bodenkunde zu besprechenden zusammengesetzten Körper gehören einer der folgenden Gruppen an: *Oxyde, Basen, Säuren, Salze.*

Das Fluor und einige seltene Gase ausgenommen, können alle Elemente sich mit Sauerstoff verbinden. Den Vorgang der direkten Vereinigung bezeichnet man als *Oxydation* oder *Verbrennung*,¹⁾ die Vereinigungsprodukte als *Oxyde*. Wasserstoff, an der Luft entzündet, verbrennt, er vereinigt sich mit Sauerstoff, er wird zu Wasserstoffoxyd oder Wasser (H₂O) „oxydiert“. Die Metalle *Kalium, Natrium, Calcium* oxydieren sich beim Verbrennen an der Luft zu Kaliumoxyd oder Kali (K₂O), Natriumoxyd oder Natron (Na₂O), Calciumoxyd oder Kalk (CaO).

Geht ein Metall mehrere Verbindungen mit Sauerstoff ein, oder m. a. W. bildet es „niedere und höhere Oxydationsstufen“, so bezeichnete man nach der älteren chemischen Ausdrucksweise das *an Sauerstoff ärmere* als *Oxydul*, das *an Sauerstoff reichere* als *Oxyd*. So bildet z. B. das Eisen folgende Oxyde:

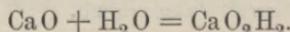


Die neuere chemische Sprache kennzeichnet die verschiedenartigen Oxyde dadurch, daß sie dem Namen des Metalls bei den an *Metall ärmeren* Verbindungen die Endung i, bei den an *Metall reicheren* die Endung o gibt. Danach erhält die Verbindung Fe₂O₃ den Namen Ferrioxyd, die Verbindung FeO, bei der schon auf (ein Atom Sauerstoff ein Atom Eisen oder) *zwei* Atome Sauerstoff zwei Atome Eisen kommen, den Namen *Ferroxyd* und die Verbindung Fe₃O₄ den Namen *Ferrioxyd*.

Das Nichtmetall Schwefel kann bei seiner Vereinigung mit Sauerstoff zwei Oxyde, Schwefeldioxyd (SO₂) und Schwefeltrioxyd (SO₃) liefern. Beim Verbrennen des Phosphors entsteht Phosphorpenoxyd (P₂O₅), beim Verbrennen des Kohlenstoffs Kohlendioxyd (CO₂).

Die meisten Oxyde können sich mit den Elementen des Wassers zu gesättigten Verbindungen vereinigen, die man *Hydroxyde* nennt.

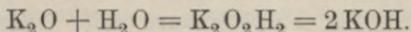
Calciumoxyd in Berührung mit Wasser geht in Calciumhydroxyd (Ätzkalk) über:



Das Calciumhydroxyd ist in Wasser etwas löslich, die Lösung („Kalkwasser“) hat einen laugenhaften Geschmack und bläut roten Lackmus-

¹⁾ Als Verbrennung im gewöhnlichen Sinn, wenn die Vereinigung sich rasch unter lebhafter Wärme- und Lichtentwicklung vollzieht; als „langsame Verbrennung“, wenn sie nur allmählich und ohne oder doch nur mit ganz schwacher Lichtentwicklung erfolgt.

farbstoff. Diese Eigenschaften bezeichnet man als „alkalische Reaktion“. Mit Säuren zusammengebracht bildet es Salze (s. u.). Derartige Hydroxyde nennt man *Basen*, die Oxyde, woraus sie hervorgehen, basenbildende Oxyde. „Alkalisch reagierende“ Basen sind z. B. das *Kaliumhydroxyd* oder Ätzkali (KOH), das *Natriumhydroxyd* oder Ätznatron¹⁾ (NaOH). Aus ihren Oxyden können sie entstehen nach der Gleichung:



Nicht in Wasser löslich und deswegen auch nicht alkalisch reagierende Basen sind das *Ferrohydroxyd*²⁾ FeO_2H_2 (in der älteren chemischen Sprache Eisenhydroxydul) und das *Ferrihydroxyd* $Fe_2O_6H_6$ (Eisenrost, s. o., früher auch als Eisenhydroxyd bezeichnet).

Die Metalle liefern bei ihrer Vereinigung mit Sauerstoff allermeist basenbildende Oxyde.

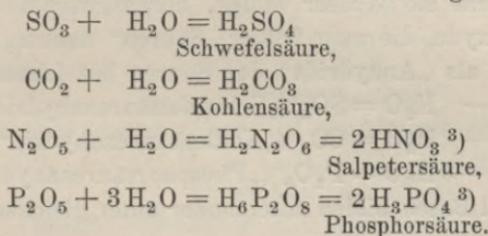
Andere Oxyde vereinigen sich mit den Elementen des Wassers zu Hydroxyden, die, falls sie in Wasser löslich sind, sauren Geschmack und die Fähigkeit besitzen, blauen Lackmusfarbstoff zu röten (sie zeigen „saure Reaktion“). Man nennt sie daher „säurebildende Oxyde“, ihre Hydroxyde aber *Säuren*. Mit Basen zusammengebracht bilden sie Salze (s. u.).

Die meisten Nichtmetalle vereinigen sich mit Sauerstoff zu säurebildenden Oxyden.

Säurebildende Oxyde sind z. B.:

SO_3	CO_2	N_2O_5	P_2O_5
Schwefeltrioxyd	Kohlendioxyd	Stickstoffpentoxyd	Phosphorpentoxyd.

In Berührung mit Wasser liefern sie Säuren nach folgenden Gleichungen:



Oxyde, die mit den Elementen des Wassers sich weder zu Säuren noch zu Basen vereinigen, nennt man *indifferente Oxyde*. Beispiele: Wasser (H_2O), Eisenhammerschlag oder Ferroferrioxyd (Fe_3O_4), Braunstein oder Manganperoxyd (MnO_2) („Mangansuperoxyd“, „Manganhyperoxyd“) u. a.

¹⁾ Die Lösung von Kaliumhydroxyd und Natriumhydroxyd in Wasser nennt man „Kalilauge“ und „Natronlauge“.

²⁾ Vergl. § 8, insbesondere Anmerkung auf S. 18.

³⁾ In einem Molekul Salpetersäure sind nicht 2 Atome Wasserstoff, 2 Atome Stickstoff, 6 Atome Sauerstoff, in einem Molekul Phosphorsäure nicht 6 Atome Wasserstoff, 2 Atome Phosphor, 8 Atome Sauerstoff, sondern nur die Hälfte dieser Mengen enthalten; es entstehen bei den oben dargestellten Vorgängen also nicht ein, sondern *zwei* Molekule Salpetersäure und Phosphorsäure.

Nach den *älteren chemischen Anschauungen* bezeichnete man die basenbildenden Oxyde als Basen, die säurebildenden Oxyde als Säuren, ihre Hydroxyde aber sah man als Verbindungen mit Wasser an und bezeichnete sie dementsprechend als „Oxydhydrate“ und „Säurehydrate“. Zum Beispiel:

CaO, H₂O (Verbindung von Kalk mit Wasser): „Kalkhydrat“,
 N₂O₅, H₂O („ „ Salpetersäure mit Wasser): „Salpetersäurehydrat“,
 SO₃, H₂O („ „ Schwefelsäure mit Wasser): „Schwefelsäurehydrat“ usw.

Die *jüngere Chemie* sieht in den *Basen* Verbindungen eines Metalls, in den sauerstoffhaltigen¹⁾ Säuren Verbindungen eines „Säureradikals“ (s. § 8) mit dem Radikal Hydroxyl (OH). Zum Beispiel:

Calciumhydroxyd	CaO ₂ H ₂	= Ca(OH) ₂ ,
Ferrohydroxyd	FeO ₂ H ₂	= Fe(OH) ₂ ,
Ferrihydroxyd	Fe ₂ O ₆ H ₆	= Fe ₂ (OH) ₆ ,
Salpetersäure	HNO ₃	= NO ₂ · OH, (Nitroxyl) ²⁾
Schwefelsäure	H ₂ SO ₄	= SO ₂ (OH) ₂ , (Sulfuryl) ²⁾
Kohlensäure	H ₂ CO ₃	= CO(OH) ₂ , (Carbonyl) ²⁾
Phosphorsäure	H ₃ PO ₄	= PO · (OH) ₃ usw. (Phosphoryl) ²⁾

Denkt man sich aus den Säuren Wasserstoff und Sauerstoff in dem Verhältnis, in dem sie Wasser bilden, herausgenommen, so bleiben die säurebildenden Oxyde, die man früher „Säuren“ nannte, zurück. Letztere kann man daher als „Anhydride“ der Säuren bezeichnen, z. B.:

H₂SO₄ — H₂O = SO₃ („Schwefelsäureanhydrid“),
 H₂CO₃ — H₂O = CO₂ („Kohlensäureanhydrid“),
 2 H₃PO₄ — 3 H₂O = P₂O₅ („Phosphorsäureanhydrid“) usf.

Säuren und Basen bilden miteinander unter gleichzeitiger Entstehung von Wasser *Salze*:

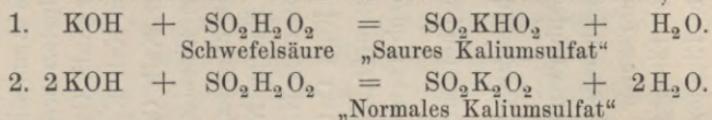
KOH + NO₂ · OH = NO₂ · OK + H₂O.
 Kaliumhydroxyd Salpetersäure Kaliumnitrat

¹⁾ Über sauerstofffreie Säuren s. w. u.

²⁾ Wenn der Stickstoff 5 wertig, der Sauerstoff 2 wertig ist, so besitzt das Säureradikal *Nitroxyl* NO₂ noch eine freie Valenz, die *eine* einwertige Hydroxylgruppe an sich ketten kann. Im *Sulfuryl* ist der Schwefel 6 wertig. 4 Valenzen werden durch die 4 Valenzen der 2 Sauerstoffatome ausgeglichen, die übrigen 2 freien Valenzen können *zwei* Hydroxylgruppen binden. Das Radikal *Carbonyl* muß 2 wertig sein, weil das Kohlenstoffatom 4-, das Sauerstoffatom 2 wertig ist. Das Radikal der Phosphorsäure PO ist 3 wertig, weil von den 5 Valenzen des Phosphoratoms nur 2 durch die Valenzen des Sauerstoffatoms gesättigt werden.

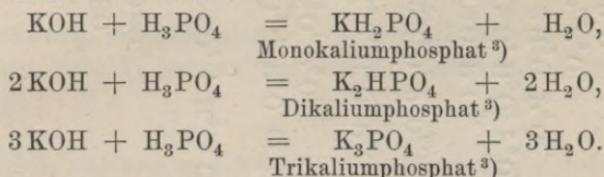
Bei der Salzbildung tritt also das Metall aus der Base an die Stelle des Wasserstoffs in der Hydroxylgruppe der Säure, während der letztere mit der Hydroxylgruppe der Base sich zu Wasser vereinigt.¹⁾

Enthält eine Säure mehrere Hydroxylgruppen, so können auch mehrere Wasserstoffatome durch ein Metall ersetzt werden, z. B.:

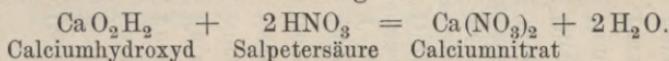


Im Fall 1 entsteht ein „saures“, im Fall 2 ein „normales“²⁾ Salz.

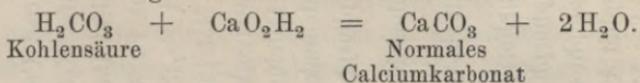
Je nachdem eine Säure eine oder mehrere Hydroxylgruppen enthält, heißt sie *ein-* oder *mehrbasisch*. Die Phosphorsäure ist dreibasisch, sie kann drei Reihen von Salzen bilden:



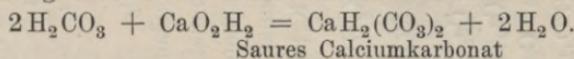
Treten mehrwertige Metallatome in ein Säuremolekul ein, so kann das häufig nur dann geschehen, wenn mehrere Säuremolekule sich vereinigt haben. So bei der Entstehung von Calciumnitrat:



Ferner kann z. B. ein Molekul einer zweibasischen Säure mit dem Atom eines zweiwertigen Metalls nur ein *normales* Salz bilden:



Zur Bildung eines *sauren* Salzes sind *zwei* Säuremolekule erforderlich:



Die ältere Chemie betrachtete ein Salz als die chemische Verbindung eines säurebildenden mit einem basenbildenden Oxyd oder nach ihrer Auffassung als die Verbindung einer „Säure“ mit einer „Base“. Ein Molekul Calciumsulfat: CaSO_4 enthielt hiernach die beiden Gruppen CaO (Kalk) und SO_3 („Schwefelsäure“): CaO, SO_3 .

¹⁾ Umgekehrt kann man auch sagen: Das Säureradikal der Säure tritt an die Stelle des Wasserstoffs in die Base, während der letztere mit dem Hydroxyl der Säure sich zu Wasser vereinigt.

²⁾ Die sogenannten sauren Salze, die man als Zwischenstufen zwischen der Säure und dem „normalen“ Salz ansehen kann, zeigen häufig, wenn auch nicht immer, saure Reaktion, die „normalen“ reagieren meist neutral, bisweilen alkalisch.

³⁾ Wohl auch als zweifachsaures, einfachsaures und normales Kaliumphosphat bezeichnet.

Nach älterer Anschauung:

Salpetersaures Kali K_2O, N_2O_5 ,
 Salpetersaures Ammoniak $(NH_4)_2O, N_2O_5$
 (richtiger: Salpetersaures Ammoniumoxyd),
 Salpetersaurer Kalk CaO, N_2O_5 ,
 Schwefelsaures Kali K_2O, SO_3 ,
 Schwefelsaurer Kalk CaO, SO_3 ,
 Schwefelsaures Eisenoxydul FeO, SO_3 ,
 Schwefelsaures Eisenoxyd $Fe_2O_3, 3SO_3$,
 Kohlensaures Natron Na_2O, CO_2 ,
 Doppeltkohlensaures Natron $Na_2O, CO_2 + H_2O, CO_2$,¹⁾
 Kohlensaurer Kalk CaO, CO_2 ,
 Doppeltkohlensaurer Kalk $CaO, CO_2 + H_2O, CO_2$,
 Basisches phosphorsaures Kali $3K_2O, P_2O_5$,
 Neutrales phosphorsaures Kali $2K_2O, H_2O, P_2O_5$,
 Saures phosphorsaures Kali $K_2O, 2H_2O, P_2O_5$,
 Basischer phosphorsaurer Kalk $3CaO, P_2O_5$,
 Neutraler phosphorsaurer Kalk $2CaO, H_2O, P_2O_5$,
 Saurer phosphorsaurer Kalk $CaO, 2H_2O, P_2O_5$,
 Phosphorsaures Eisenoxydul $3FeO, P_2O_5$,
 Phosphorsaures Eisenoxyd Fe_2O_3, P_2O_5 ,

Nach neuerer Anschauung:

Kaliumnitrat KNO_3 $[NO_2 \cdot OKl]$,
 Ammoniumnitrat NH_4NO_3 $[NO_2 \cdot ONH_4]$,
 Calciumnitrat $Ca(NO_3)_2$ $[NO_2)_2 \cdot O_2Ca]$,
 Kaliumsulfat K_2SO_4 $[SO_2 \cdot O_2K_2]$,
 Calciumsulfat $CaSO_4$ $[SO_2 \cdot O_2Ca]$,
 Ferrisulfat $FeSO_4$ $[SO_2 \cdot O_2Fe]$,
 Ferrisulfat $Fe_2(SO_4)_3$ $[(SO_2)_3 \cdot O_6Fe_2]$,
 Normales Natriumkarbonat Na_2CO_3 $[CO \cdot O_2Na_2]$,
 Saures Natriumkarbonat $NaHCO_3$ $[CO \cdot O_2HNal]$,
 Normales Calciumkarbonat $CaCO_3$ $[CO \cdot O_2Ca]$,
 Saures Calciumkarbonat $CaH_2(CO_3)_2$ $[(CO)_2 \cdot O_4CaH_2]$,
 (dreifach) Trikaliumphosphat K_3PO_4 $[PO \cdot O_3K_3]$,
 (zweifach) Dikaliumphosphat K_2HPO_4 $[PO \cdot O_3K_2H]$,
 (einfach) Monokaliumphosphat KH_2PO_4 $[PO \cdot O_3KH_2]$,
 Tricalciumphosphat $Ca_3(PO_4)_2$ $[(PO)_2 \cdot O_6Ca_3]$,
 Dicalciumphosphat $Ca_2H_2(PO_4)_2$ $[(PO)_2 \cdot O_6Ca_2H_2]$,
 Monocalciumphosphat $CaH_4(PO_4)_2$ $[(PO)_2 \cdot O_6CaH_4]$,
 Ferritrophosphat $Fe_3(PO_4)_2$ $[(PO)_2 \cdot O_6Fe_3]$,
 Ferritrophosphat $Fe_2(PO_4)_2$ $[(PO)_2 \cdot O_6Fe_2]$,²⁾

¹⁾ Die „doppelt-sauren“ Salze sah man als Verbindungen des neutralen Salzes mit einem „Säurehydrat“ (s. o.) an.
²⁾ Gewöhnlich wendet man die einfachere Formel $FePO_4$ oder $PO \cdot O_3Fe$ an.

Ein Molekul des normalen Kaliumphosphats bestand aus „Kali“ und „Phosphorsäure“: $3\text{K}_2\text{O}$, P_2O_5 ,¹⁾ dementsprechend bezeichnete man diese Salze als „schwefelsauren Kalk“ und als „phosphorsaures Kali“. Heute spricht man von „schwefelsaurem Calcium“ und „phosphorsaurem Kalium“, oder man hängt dem Namen des in dem Salz vertretenen Metalls eine aus dem Namen des säurebildenden Elementes hergeleitete Endung an, z. B.:
Calciumsulfat, Kaliumphosphat usw.

Die folgende Zusammenstellung enthält die Bezeichnungen und Formeln einiger besonders wichtiger Salze nach der älteren und der neueren Anschauungsweise.

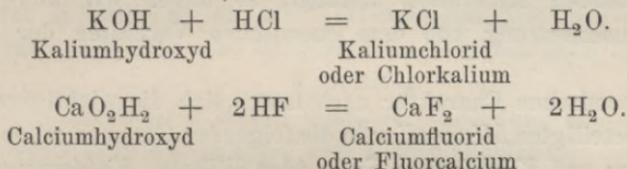
(Siehe die Zusammenstellung auf S. 24.)

§ 10.

Haloidsäuren, Haloidsalze. Mit den Elementen Fluor, Chlor, Brom, Jod geht der Wasserstoff gasförmige Verbindungen von der Zusammensetzung:

HF	HCl	HBr	HI
Fluorwasserstoff ²⁾	Chlorwasserstoff ³⁾	Bromwasserstoff	Jodwasserstoff

ein, die in Wasser leicht löslich sind und stark saure Reaktion (s. o.) zeigen. Mit Basen bilden sie Salze, z. B.:



Sie sind also als (sauerstofffreie) Säuren zu betrachten und sie werden, im Gegensatz zu den sauerstoffhaltigen Säuren oder „Sauerstoffsäuren“, als „Wasserstoffsäuren“ (auch als „Haloidsäuren“) bezeichnet.

Ihre Salze kann man auch als Verbindungen der oben genannten Elemente mit Metallen ansehen und man bezeichnet sie daher als Fluor-, Chlor- usw. Metalle oder als Fluoride, Chloride, Bromide, Jodide (z. B. Chlornatrium oder Natriumchlorid, Fluorcalcium oder Calciumfluorid usw.). Wegen ihrer Fähigkeit, mit Metallen salzartige Verbindungen zu bilden, nennt man die Elemente Fluor, Chlor, Brom, Jod auch *Salzbildner* („Halogene“), während die Salze selbst als *Haloidsalze* bezeichnet werden.

¹⁾ Die Ziffer 3 bezieht sich bei dieser Schreibweise nur auf die vor dem Komma stehende Atomgruppe.

²⁾ Die Lösung in Wasser wird auch Flusssäure genannt.

³⁾ Die wässrige Lösung wird auch Salzsäure genannt.

Kapitel I.

Die Bestandteile der festen Erdrinde.

A. Die gesteinsbildenden Mineralien. Ihr chemischer Charakter und ihr chemisches Verhalten.

§ 11.

Die so verschiedenartigen, die Erdrinde zusammensetzenden und bei ihrer weiteren Umwandlung den Boden bildenden *Gesteine* („Felsarten“, „Gebirgsarten“) bestehen aus *Mineralien*, d. h. leblosen, nicht oder doch nur sehr mittelbar von lebenden Wesen abstammenden, ihrer Hauptmasse nach in sich gleichartigen Naturkörpern, die sich nicht mehr oder nur auf chemischem Wege zerlegen lassen. Da die Umwandlung der Gesteine und die Art der dabei entstehenden Produkte sehr wesentlich von der Art der gesteinsbildenden Mineralien abhängt, so haben wir uns zunächst mit der Zusammensetzung und dem chemischen Verhalten der letzteren zu befassen.

Ihrem chemischen Charakter nach lassen sich die wichtigeren an der Bodenbildung beteiligten *Mineralien* in die folgenden Gruppen teilen: *Kieselerde-Mineralien* und *Kieselsaure Salze* oder Silikate, *Kohlensaure Salze* oder Karbonate, *Phosphorsaure Salze* oder Phosphate, *Schwefelsaure Salze* oder Sulfate, *Schwefelmetalle* oder Sulfide, *Oxyde* und *Oxydhydrate* oder Hydroxyde, *Chlorverbindungen* oder Chloride, *Salpetersaure Salze* oder Nitrate.

Nach ihrer Verbreitung nehmen die Kieselerde-Mineralien und die Silikate bei weitem die erste Stelle ein.

§ 12.

Die Kieselerde-Mineralien und ihr chemischer Charakter.

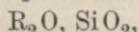
Die Kieselerde, eine Verbindung des Elementes Silicium mit Sauerstoff von der Zusammensetzung SiO_2 , daher nach chemischem Sprachgebrauch Siliciumdioxid benannt, findet sich in ungeheueren Mengen im Boden, im Wasser und in den Pflanzen verbreitet. Kristallisiert und wasserfrei kommt sie als *Quarz* mit zahlreichen Varietäten (Bergkristall, Amethyst u. a.), amorph und dabei wasserhaltig als *Opal* im Boden vor. Als Gemenge von wasserhaltiger, amorpher und kristallisierter Kieselerde lassen sich *Feuerstein*, *Chalcedon* und *Achat* ansehen. Brunnen-, Quell- und See-

wasser, namentlich manche heisse Quellen enthalten nicht unbeträchtliche Mengen von Kieselerde (wahrscheinlich als „Hydroxyd“, § 9) gelöst und setzen sie als „Stüßwasserquarz“ oder „Kieselsinter“ ab.

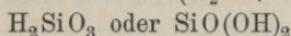
Auch in den Geweben zahlreicher Pflanzen wird sie gefunden, obwohl sie nicht zu den eigentlichen Pflanzennährstoffen zu gehören scheint. Bemerkenswert ist ihr Vorkommen in den Zellwänden gewisser einzelliger Algen („Diatomeen“), deren auf dem Grunde früherer Seen massenhaft angehäuften Reste, bekannt unter dem Namen *Kieselgur* („Infusorienerde“), *Tripel*, *Polierschiefer*, zum größeren Teil aus reiner, bisweilen durch Beimengung humoser Teilchen leicht grau gefärbter Kieselerde bestehen.¹⁾

Durch reines Wasser wird das Siliciumdioxid so schwer in Lösung gebracht, daß man es gewöhnlich als unlöslich betrachtet. In Kali- und Natronlauge (§ 9), sowie in Lösungen von Kalium- und Natriumkarbonat lösen sich die verschiedenen natürlich vorkommenden Kieselerden in sehr verschiedenem Grade, die amorphen leicht, die kristallisierten sehr schwer, in der Regel um so leichter, je mehr Wasser sie enthalten.

Nach älterer chemischer Anschauung, die in vielen Lehrbüchern der Mineralogie noch festgehalten wird, sah man das Siliciumdioxid als eine Säure an (s. o.) und bezeichnete es schlechtweg als Kieselsäure. Kieselsaure Salze oder Silikate galten als Verbindungen des Siliciumdioxids mit Metalloxyden, erhielten also beispielsweise die chemische Formel



worin R ein einwertiges Metall bedeutet. Nach den heutigen chemischen Anschauungen (§ 9) würde einer dem soeben angeführten Salz entsprechenden Kieselsäure die chemische Formel ($H_2O + SiO_2 =$)



zukommen. Eine Säure von dieser Zusammensetzung wird als „Metakieselsäure“, die Verbindung SiO_2 mithin als das Anhydrid (§ 9) der Metakieselsäure bezeichnet.

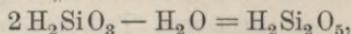
Ein großer Teil der in der Natur vorkommenden kieselsauren Salze läßt sich von der Metakieselsäure (s. o.) ableiten, andere müssen als die Salze einer Säure von der Zusammensetzung ($2H_2O + SiO_2 =$) H_4SiO_4 („Orthokieselsäure“) angesehen werden. Die Meta- wie die Orthokieselsäure können auf künstlichem Wege hergestellt werden; daß sie oder die eine oder andere von ihnen auch im freien Zustande in der Natur vorkommen, ist höchst wahrscheinlich, wenn es auch noch nicht gelungen ist, sie mit Sicherheit nachzuweisen. Übrigens setzt die Zusammensetzung einer großen Anzahl

¹⁾ Kieselgurlager finden sich sowohl im Diluvium als im Alluvium. Sie sind als Baugrund sehr gefürchtet. Ihr Material wird u. a. als schlechter Wärmeleiter vielfach zu Isolierungen, ferner zum Aufsaugen des Nitroglyzerins bei der Dynamitfabrikation verwendet.

natürlich vorkommender Silikate das Vorhandensein von Kieselsäuren voraus, in deren chemischer Formel mehrere Atome Silicium enthalten sind. Zur Aufklärung ihrer Konstitution nimmt man an, daß zwei oder mehrere Moleküle der Ortho- oder Metakieselsäure unter gleichzeitigem Austritt von Wasser zu sogenannten „Polykieselsäuren“ sich zusammengelagert haben. So kann entstehen

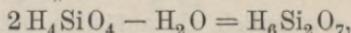
aus 2 Molekülen Metakieselsäure durch Austritt von 1 Molekül Wasser:

1 Molekül „Metadikieselsäure“:



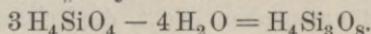
aus 2 Molekülen Orthokieselsäure durch Austritt von 1 Molekül Wasser:

1 Molekül „Orthodikieselsäure“:



aus 3 Molekülen Orthokieselsäure durch Austritt von 4 Molekülen Wasser:

1 Molekül „Polykieselsäure“:



Im freien Zustande sind diese Säuren zwar nicht mit Sicherheit bekannt, jedoch scheinen viele natürlich vorkommende wasserhaltige Kiesel-erden (Opal, Chalcedon, Achat u. a.) aus ihnen zu bestehen.

Beim Abscheiden aus ihren Salzen, das durch die Einwirkung von Säuren (auch von Kohlensäure) herbeigeführt werden kann (s. u.), bleiben nach Umständen nicht unerhebliche Kieselsäure-Mengen in Lösung. Unter gewissen Bedingungen bildet die ausgeschiedene Säure mit Wasser eine gallertartige Masse („Colloidale“ Kieselsäure), die beim Eintrocknen fest wird, beim Glühen das Wasser völlig verliert und sich in Siliciumdioxid umwandelt.

§ 13.

Chemischer Charakter der kieselsauren Salze oder Silikate.

Früher betrachtete man diese Salze als Verbindungen von Siliciumdioxid (SiO_2) mit Metalloxyden (§ 9) und unterschied je nach dem Verhältnis, in dem die mit Metall verbundene Sauerstoffmenge zu der an Silicium gebundenen steht, zwischen Singulo-, Bi-, Trisilikaten usw. So läßt sich z. B. das Silikat Olivin als eine Verbindung von 2 Molekülen Magnesiumoxyd (Magnesia) mit 1 Molekül Siliciumdioxid ansehen:

$2\text{MgO} + \text{SiO}_2$; Verhältnis des Magnesiumsauerstoffs zum Kieselerde-sauerstoff wie 1 : 1.

Hiernach bezeichnete man den Olivin als ein *Singulosilikat*. Als Bisilikate sind anzusehen z. B. der *Enstatit*, dessen frühere Formel: $\text{MgO} + \text{SiO}_2$ auf 1 Atom Magnesiumsauerstoff 2 Atome Kieselerde-sauerstoff enthält, und ebenso der *Leucit*, den man sich nach der Formel K_2O , $\text{Al}_2\text{O}_3 + 4\text{SiO}_2$ zusammengesetzt dachte. Im Leucit ist neben dem Monoxyd

K_2O noch ein Sesquioxyd¹⁾ Al_2O_3 enthalten. Derartige Silikate, die zwei verschiedene Metalle enthalten und die zu den verbreitetsten gehören, bezeichnete man als *Doppelsilikate* und gab ihnen beispielsweise den chemischen Ausdruck: $K_2O \cdot SiO_2 + Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$.

Dieser älteren chemischen Anschauungsweise entspricht es, wenn man bei Mineralanalysen den Gehalt der Verbindungen an Kieselerde oder „Kieselsäure“ (SiO_2), an Kaliumoxyd oder Kali (K_2O), an Natriumoxyd oder Natron (Na_2O), an Calciumoxyd oder Kalk (CaO), an Magnesiumoxyd oder Magnesia (MgO), an Eisenoxydul (FeO), an Eisenoxyd (Fe_2O_3), an Aluminiumoxyd oder Tonerde (Al_2O_3) usw. aufführt.

Auf Grund der jetzigen Ansichten über die Anordnung der Elemente innerhalb chemischer Verbindungen leitet man die Silikate von den eigentlichen Kieselsäuren her (§ 6), indem man sich deren Wasserstoff durch Metalle vertreten denkt. Durch Eintritt von 2 Atomen des zweiwertigen Magnesiummetalls an die Stelle der 4 Wasserstoffatome der Orthokieselsäure (H_4SiO_4) entsteht der *Olivin* Mg_2SiO_4 , durch Eintritt von einem Magnesiumatom anstelle der zwei Wasserstoffatome der Metakieselsäure (H_2SiO_3) der *Enstatit* $MgSiO_3$. Man kann sich diese Silikate auch als Verbindungen des vierwertigen „Säurerestes“ SiO_4 mit 2 Atomen Magnesium und des zweiwertigen „Säurerestes“ SiO_3 mit 1 Atom Magnesium vorstellen. In den mehrwertige Metallatomkomplexe enthaltenden Silikaten denkt man sich jene mit zwei oder mehr Säureresten verbunden, so im *Leucit* $K_2Al_2(SiO_3)_4$ die achtwertige Atomgruppe K_2Al_2 mit 4 zweiwertigen Säureresten SiO_3 .

Wenn es bis jetzt auch noch nicht in befriedigender Weise gelungen ist, die zahlreichen, äußerst mannigfaltig zusammengesetzten Silikate in ein chemisches System zu bringen, so läßt sich doch die Zusammensetzung der überwiegenden Mehrzahl zwanglos von den bereits früher erwähnten Kieselsäuren:

Orthokiesel- säure	Metakiesel- säure	Orthodikiesel- säure	Metadikiesel- säure	Polykiesel- säure
H_4SiO_4	H_2SiO_3	$H_6Si_2O_7$	$H_2Si_2O_5$	$H_4Si_3O_8$

theoretisch herleiten. So z. B. wichtige Glieder der Feldspatgruppe, Orthoklas, Albit (s. u.) von der Polykieselsäure, der Cordierit: $Mg_3Al_6(Si_2O_7)_4$ von der Orthodikieselsäure usw.

¹⁾ Unter „Monoxyden“ versteht man solche Sauerstoffverbindungen, in denen mit einem Atom Sauerstoff 2 Atome eines einwertigen oder 1 Atom eines zweiwertigen Elementes verbunden sind, z. B. K_2O , Na_2O , CaO , MgO usw. In einem „Sesquioxyd“ kommen auf 3 Atome Sauerstoff 2 Atome eines anderen Elementes, z. B. Al_2O_3 oder Fe_2O_3 . Die Atomgruppen Al_2Fe_2 betrachtet man als sechswertig (s. o. § 8 Anm.).

Die natürlich vorkommenden, sowie die künstlich hergestellten Silikate sind entweder *wasserhaltig* oder *wasserfrei*. Die ersteren geben zum Teil das Wasser bereits bei mäßigem Erhitzen ab; man nimmt in diesem Fall an, daß es in molekularer Verbindung mit dem Salz vorhanden sei, und bezeichnet es als *Kristallwasser*. So bei der Mehrzahl der Zeolithe (s. u.), z. B. beim Analcim: $\text{Na}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_4 + 2\text{H}_2\text{O}$. Bei anderen beteiligen sich die Elemente des Wassers am Aufbau des Silikatmolekuls selbst. Solche Mineralien verlieren das Wasser erst bei sehr heftigem Glühen, und man spricht in diesem Fall von *basischem* oder *Konstitutionswasser*. So enthält z. B. der Kaolin (s. u.) neben Kristallwasser noch basisches Wasser, was durch die chemische Formel $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8 + \text{H}_2\text{O}$ angedeutet wird.

Die *Mannigfaltigkeit* der natürlich vorkommenden Silikate wird nicht nur durch die abweichende Zusammensetzung der verschiedenen Kieselsäuren und die große Anzahl von Metallen, die in sie eintreten können, sondern namentlich auch dadurch bedingt, daß jedes darin enthaltene Metall zu größeren oder kleineren Teilen durch gleichwertige Metalle vertreten werden kann, so Kalium durch Natrium oder Ammonium, Calcium durch Magnesium, Aluminium durch Eisen usw., ohne daß dadurch der mineralische Gesamtcharakter, namentlich die Kristallform, verändert wird.

§ 14.

Ordnung der Silikate nach Gruppen. Von den an der Bodenbildung beteiligten Silikaten folgen hier zunächst diejenigen, die kein Kristallwasser enthalten.

1. *Die Gruppe der Feldspate.* Sie enthalten neben Aluminium stets noch ein oder mehrere Metalle der Alkalien oder alkalischen Erden. a) *Orthoklas* oder „Kalifeldspat“. Einfachste Zusammensetzung: $\text{K}_2\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{O}_8)_2$. Gewöhnlich ist ein kleiner Teil des Kaliums durch Natrium ersetzt, auch enthält das Silikat häufig geringe Mengen von Calcium, Magnesium und Eisen. Eine Abart ist der „Sanidin“ oder „glasige Feldspat“. b) *Die Plagioklase.* Sie unterscheiden sich in ihrer Kristallform vom Orthoklas. Ihre wichtigsten Arten sind: der dem Orthoklas gleich zusammengesetzte *Mikroklin*; der *Albit* oder „Natronfeldspat“, einfachste Zusammensetzung: $\text{Na}_2\text{Al}_2(\text{Si}_3\text{O}_8)_2$; der *Anorthit* oder „Kalkfeldspat“: $\text{CaAl}_2(\text{SiO}_2)_2$. Im Albit pflegt ein Teil des Natriums durch Kalium oder Calcium, im Anorthit ein Teil des Calciums durch Kalium, Natrium oder Magnesium vertreten zu sein. Als Mischungen von Albit und Anorthit sind anzusehen der *Oligoklas* und der *Labrador*. Im ersteren scheint der Albit, im letzteren der Anorthit vorzuherrschen. Beide Mineralien enthalten kein oder nur wenig Kalium.

2. *Die Nephelin- oder Leucitgruppe* mit dem an Kali reichen *Leucit* $K_2Al_2(SiO_3)_4$ und den natronreichen Mineralien *Nephelin* $(NaK)_2Al_2(SiO_4)_2$ und *Sodalith* $3Na_2Al_2(SiO_4)_2 + 2NaCl$. Im Leucit kann ein kleiner Teil des Kaliums durch Natrium vertreten sein, im Nephelin ist das Natrium stets vor dem Kalium vorwiegend.

3. *Die Augit- und Hornblende-Gruppe*. Die wichtigsten Glieder dieser Gruppe, Augit und Hornblende, enthalten stets Calcium und Magnesium, meist auch Eisen. Einige Arten enthalten außerdem Aluminium, andere nicht. a) *Augit* oder „Pyroxen“, einfachste Zusammensetzung: $CaMg(SiO_3)_2$. Der Gehalt an Calcium pflegt den an Magnesium zu überwiegen. Alkalimetalle sind gewöhnlich nicht, Aluminium in geringen Mengen vorhanden. Dem Augit nahe stehen b) der *Enstatit* $(MgSiO_3)$, c) der *Hypersthen*, in denen Eisen vorhanden zu sein, das Calcium aber fast ganz zu fehlen pflegt, und d) der *Diallag*, der etwas Aluminium, ziemlich viel Eisen und etwas Wasser enthält. Durch ihre vollkommene Spaltbarkeit unterscheiden sich die Glieder der Hornblendereihe von denen der Augitreihe, denen sie hinsichtlich ihrer chemischen Zusammensetzung sehr ähnlich sind. *Hornblende* oder „Amphibol“ enthält etwas weniger Calcium und Aluminium als der Augit, dafür fast immer Alkalimetalle.

4. *Die Gruppe der Glimmer*. Die durch ihre große Spaltbarkeit ausgezeichneten Glimmer gehören neben den Feldspaten zu den besonders häufig vorkommenden bodenbildenden Mineralien. Sie enthalten neben Aluminium Metalle der Alkalien und alkalischen Erden in so wechselnden Verhältnissen, daß eine chemische Formel noch nicht aufgestellt werden konnte. Die wichtigsten Glieder der Gruppe sind: a) der *Muscovit* oder „Kaliglimmer“, der neben Aluminium und Kalium meistens kleine Mengen Natrium, dagegen Calcium und Magnesium gar nicht oder nur in sehr untergeordneten Mengen enthält; b) der *Biotit* oder „Magnesiaglimmer“. Er zeichnet sich durch hohen Gehalt an Magnesium und oft auch an Eisen aus, enthält aber auch stets Kalium und etwas Natrium.

5. *Die Cordieritgruppe*. Der *Cordierit* oder „Dichroit“, einfachste Zusammensetzung $Mg_3Al_6(Si_2O_7)_4$, enthält neben dem Aluminium stets größere oder geringere Mengen Eisen und etwas Calcium.

6. *Die Granatgruppe*. Von den in ihrer Zusammensetzung sehr wechselnden Gliedern dieser Gruppe beteiligt sich nur der *gemeine Granat* an der Bodenbildung. Einfachste Zusammensetzung $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$. Meistens enthält er außer Calcium und Aluminium noch Magnesium und Eisen.

7. *Die Olivingruppe*. Die Silikate dieser Gruppe enthalten als wesentliches Metall nur Magnesium, von dem ein Teil durch Eisen ersetzt ist; das wichtigste ist der *Olivin* oder „Peridot“. Einfachste Formel Mg_2SiO_4 . Der Gehalt an Eisen ist starken Schwankungen unterworfen.

8. *Die Epidotgruppe.* Der *Epidot* oder „Pistazit“ enthält neben Aluminium noch Calcium und Konstitutionswasser (s. o.). Ein Teil des Aluminiums ist durch Eisen vertreten. Außerdem enthält er nicht selten, von Einschlüssen herrührend, kleine Mengen Magnesium, Kalium und Natrium.

9. *Die Turmalingruppe.* Die Glieder dieser Gruppe enthalten bei äußerst wechselnder Zusammensetzung stets etwas Konstitutionswasser. Im gemeinen *Turmalin* oder „Schörl“ finden sich neben Aluminium noch Magnesium, Eisen, Alkalimetalle und Wasserstoff, meistens auch Calcium.

Kristallwasser enthalten die Glieder der nun folgenden Gruppen:

10. *Die Chloritgruppe.* Die Silikate der Chloritgruppe entstehen vielfach durch Umwandlung anderer magnesium- und eisenhaltiger Mineralien. Hinsichtlich ihrer Spaltbarkeit nähern sie sich den Glimmern. Der *Chlorit* enthält neben Aluminium noch Magnesium, Eisen und Kristallwasser.

11. *Die Talk- und Serpentinegruppe.* Die Glieder dieser Gruppe, die als hauptsächlichstes Metall Magnesium enthalten, sind aus der natürlichen Umwandlung magnesiumhaltiger Mineralien, namentlich von Olivin (s. o.) hervorgegangen. a) *Talk* oder „Speckstein“. Einfachste Zusammensetzung: $H_2Mg_3(SiO_3)_4$ (wobei das erst bei starkem Glühen entweichende Wasser als Konstitutionswasser angesehen wird); er enthält meist etwas Eisen und Aluminium. b) *Serpentin* $H_2Mg_3(SiO_4)_2 + H_2O$. Ein größerer oder kleinerer Teil des Magnesiums ist fast stets durch Eisen vertreten. c) *Glaukonit*. Das Mineral besitzt eine sehr schwankende Zusammensetzung, an der sich Eisen, Kalium und Wasser stets, häufig auch Aluminium und Magnesium, selten aber Calcium beteiligen.

12. *Gruppe der Zeolithe.* Die Zeolithe sind Umwandlungsprodukte anderer Mineralien, namentlich aus der Feldspat- und Leucitgruppe. Sie enthalten neben reichlichen Wassermengen Calcium oder Natrium oder beide Elemente, meist auch Aluminium, nicht selten Kalium und Magnesium, diese aber nur in geringen Mengen. Zu den wichtigeren Gliedern der Gruppe gehören: a) der *Mesotyp* mit den Unterarten Natrolith $Na_2Al_2Si_3O_{10} + 2H_2O$ und Skolezit $CaAl_2Si_3O_{10} + 3H_2O$, b) der *Analcim* $Na_2Al_2(SiO_3)_4 + 2H_2O$, c) der *Stilbit* $CaAl_2Si_6O_{16} + 5H_2O$.

13. *Die Gruppe der Tonmineralien.* So wichtig die Tonmineralien für die Bodenbildung sind, so große Schwierigkeiten stellen sich ihrer Erforschung in den Weg. Sie sind durchweg Verwitterungsprodukte von aluminiumhaltigen Mineralien, namentlich von Feldspaten, in den verschiedensten Stadien der Umwandlung. Von Metallen überwiegt stets das Aluminium, jedoch findet sich häufig auch ein größerer oder geringerer Gehalt an Eisen, Calcium, Magnesium. Am besten bekannt ist der *Kaolin* („Porzellanerde“) $H_2Al_2(SiO_4)_2 + H_2O$. Er enthält außer dem Kristallwasser noch Konstitutionswasser (§ 13), das erst bei sehr hoher Temperatur sich verflüchtigt.

§ 15. Einen *Überblick über den prozentischen Gehalt* der oben besprochenen Mineralien an den wichtigeren bodenbildenden Bestandteilen gewährt die folgende Tabelle. Soweit sich aus den vorhandenen Analysen eine chemische Formel für die Zusammensetzung der Silikate herleiten läßt, ist diese mit aufgeführt, und es sind dann allermeist die hieraus berechneten prozentischen Zahlen (die „theoretische“ oder „schematische“ Zusammensetzung) angegeben worden. Bei der so außerordentlich schwankenden Zusammensetzung der Silikate können diese Zahlen natürlich nur einen ungefähren Anhalt bieten. In einigen Fällen und überall da, wo die Aufstellung eines chemischen Ausdrucks noch nicht gelungen ist, wurden nur die aus den vorliegenden chemischen Analysen entnommenen Grenzwerte¹⁾ eingestellt. Bei einem jeden der in die Tabelle aufgenommenen Silikate sind in Kleindruck dann noch die Bestandteile angefügt, welche stets, gewöhnlich oder selten, in größeren oder geringeren Mengen an seiner Zusammensetzung teilnehmen.

(Siehe die Tabelle auf Seite 34 und 35.)

Ordnet man die in der umstehenden Tabelle aufgeführten Mineralien in absteigender Reihe nach dem prozentischen Gehalt an bodenbildenden Bestandteilen, wie er sich aus der chemischen Formel sowie aus den Analysen ergibt, so erhält man die folgenden Reihen.

a) *Nach dem Gehalt an Kali* (K_2O) (Kaligehalt sinkt von ca. 21,5 bis auf ca. 3 $\frac{0}{0}$): Leucit — Orthoklas (Sanidin, Mikroklin) — Muscovit (Kaliglimmer) — Biotit (Magnesiaglimmer) — Nephelin — Glauconit.

b) *Nach dem Gehalt an Natron* (Na_2O) (Natrongehalt sinkt von ca. 19 bis auf ca. 4 $\frac{0}{0}$): Sodalith — Natrolith — Nephelin — Analcim — Albit — Oligoklas — Labrador.

c) *Nach dem Gehalt an Kalk* (CaO) (Kalkgehalt sinkt von ca. 37 bis auf ca. 2 $\frac{0}{0}$): Granat — Epidot (Pistazit) — Augit — Anorthit — Skolezit — Labrador — Hornblende — Stilbit — Oligoklas.

d) *Nach dem Gehalt an Magnesia* (MgO) (Magnesiagehalt sinkt von ca. 57 bis auf ca. 10 $\frac{0}{0}$): Olivin (Peridot) — Serpentin — Talk (Speckstein) — Biotit (Magnesiaglimmer) — Chlorit — Hornblende (Amphibol) — Augit (Pyroxen) — Cordierit (Dichroit) — Turmalin.

e) *Nach dem Gehalt an Eisenoxydul* (FeO) (Eisenoxydulgehalt sinkt von ca. 30 bis auf ca. 2 $\frac{0}{0}$): Olivin — Talk — Augit — Hornblende.

f) *Nach dem Gehalt an Eisenoxyd* (Fe_2O_3) (Eisenoxydgehalt sinkt von ca. 16 bis auf ca. 0,5 $\frac{0}{0}$): Epidot — Hornblende — Cordierit — Augit.

g) *Nach dem Gehalt an Tonerde* (Al_2O_3) (Aluminiumoxydgehalt sinkt von ca. 40 bis auf ca. 4 $\frac{0}{0}$): Kaolin — Turmalin — Anorthit — Muscovit

¹⁾ Allermeist der „Allgemeinen und Chemischen Geologie“ von J. Roth Bd. 1 — Berlin 1879, entnommen.

Bezeichnung des Silikates	Einfacher chemischer Ausdruck	Prozentischer Gehalt an					Mag- nesia MgO
		Wasser H ₂ O	Kieselerde SiO ₂	Tonerde Al ₂ O ₃	Kali K ₂ O	Natron Na ₂ O	
1. Feldspate: Orthoklas (Kalifeldspat), Sanidin, Mikroklin	$K_2Al_2(Si_3O_8)_2$	—	64,6 Kleine Mengen CaO, MgO, Fe ₂ O ₃ und 2–3% Na ₂ O	18,59	16,9	—	—
Albit Anorthit Oligoklas ¹⁾ Labrador ²⁾ Plagioklasse:	$Na_3Al_2(Si_3O_8)_2$	—	68,6 Außerdem CaO, Fe ₂ O ₃	19,6	11,8	—	—
	$CaAl_2(SiO_4)_2$	—	43,0 Außerdem Fe ₂ O ₃ , K ₂ O und Na ₂ O	36,9	—	20,1	—
		—	66,5–61,9 Außerdem MgO, Fe ₂ O ₃ , K ₂ O	21,0–24,1	10,9–8,7	1,6–5,3	—
2. Nephelin- u. Leucitgruppe: Leucit	$K_2Al_2(SiO_3)_4$	—	54,9 Außerdem stets Na ₂ O, bisweilen CaO und FeO	23,6	21,5	—	—
Nephelin	$(NaK)_2Al_2(SiO_4)_2$	—	45,0–45,3 Außerdem bisweilen CaO	33,1–34,5	4,4–5,1	15,6–17,2	—
Sodalith	$3Na_3Al_2(SiO_4)_2 + 2NaCl$	—	37,0 Außerdem 47% Na an 7,3% Cl geb. Oft kleine Mengen K ₂ O, auch CaO, Na ₂ O, Fe ₂ O ₃	31,8	19,2	—	—
3. Angit und Hornblende: Angit (Pyroxen)	$CaMg(SiO_3)_2$	—	47–52 Enthält fast stets FeO, keine Alkalien	4–9	—	20–23	13–16
Hornblende (Amphibol)	Ehenso	—	38–52 Enthält meist FeO, Fe ₂ O ₃ und Alkalien (bis 11%)	4–15	—	10–12	12–23

4. Glimmergruppe: Kaliglimmer (Muscovit)	$K_2Al_2(SiO_4)_2$	—	46–50 Daneb. mst. Fe ₂ O ₃ (–88%) häufig etwas Na ₂ O (–4,1%) bisweil. etwas CaO, MgO	25–35	8–12	—	—
Magnesiaglimmer (Biotit)	$MgAl_2(SiO_4)_2$	—	39–44 Außerdem mst. H ₂ O, FeO (–23,4%), Fe ₂ O ₃ (37,4%), häufig K ₂ O (–10,6%), Na ₂ O (–5,4%)	6–34	—	10–30	—
5. Cordierit (Dichroit)	$Mg_3Al_6(Si_3O_7)_4$	—	52,8 Enthält stets etwas Eisenoxyl (–9%) und kleine Mengen CaO	34,0	—	13,2	—
6. Gemeiner Granat	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	—	40,0 Daneben fast immer Fe ₂ O ₃ (–31,5%) und MgO	22,8	—	37,2	—
7. Olivin (Peridot)	Mg_2SiO_4	—	42,9 Ein großer Teil der MgO fast stets durch FeO ersetzt (8–30% FeO)	—	—	—	57,1
8. Epidot (Pistazit)		ca. 2	36–40 Außerdem 7–17% Fe ₂ O ₃	18–29	—	21–25	—
9. Turmalin		—	ca. 38 Daneben meist grös. Mengen (10–13%) MgO, wenig K ₂ O, Na ₂ O, CaO, FeO u. H ₂ O	30–40	—	—	—
10. Chlorit		9–12	25–28 Außerdem 15–29% FeO und MgO	19–23	—	—	13–25
11. Talk und Serpentine: Talk (Speckstein)	$H_2Mg_5(SiO_3)_4$	4,8	63,5 Außerdem bisweilen wenig Al ₂ O ₃ und FeO	—	—	—	31,7
Serpentin	$H_2Mg_3(SiO_4)_2 + H_2O$	13,0	43,5 Daneben meist FeO (bis 10%), wenig CaO, Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃	—	—	—	43,5
Glaukonit		5–15	47–58 Außerdem 3–22% FeO, oft Al ₂ O ₃ (–10%), Fe ₂ O ₃ (–22%) u. wenig CaO (–2,4%)	3–9	—	—	—
12. Zeolithe: Mesotyp, a) Natrolith	$Na_3Al_3Si_3O_{10} + 2H_2O$	9,4	47,3 Außerdem etwas K ₂ O und CaO	27,0	—	16,3	—
b) Skolezit	$CaAl_3Si_3O_{10} + 3H_2O$	13,8	45,8 Daneben etwas K ₂ O und Na ₂ O	26,1	—	—	14,3
Analcim	$Na_2Al_3(SiO_3)_4 + 2H_2O$	8,2	54,4 Daneben etwas K ₂ O und CaO	23,3	—	14,1	—
Stilbit	$CaAl_2Si_6O_{16} + 5H_2O$	14,8	59,1 Außerdem etwas K ₂ O und Na ₂ O	16,9	—	9,2	—
13. Kaolin	$H_2Al_2(SiO_4)_2 + H_2O$	13,9	46,4 Außerdem meist K ₂ O, Na ₂ O, CaO, MgO, FeO, Fe ₂ O ₃ und oft CO ₂	39,7	—	—	—

¹⁾ 6–3 Moleküle Albit verbunden mit 1–2 Molekülen Anorthit.²⁾ 1 Molekül Albit verbunden mit 2–6 Molekülen Anorthit.

— Cordierit — Nephelin — Biotit — Sodalith — Labrador — Natrolith — Skolezit — Leucit — Analcim — Granat — Oligoklas — Epidot — Chlorit — Albit — Orthoklas — Stilbit — Augit — Hornblende.

h) *Nach dem Gehalt an Kieselerde* (SiO_2) (Siliciumdioxyd Gehalt sinkt von ca. 68 bis auf ca. 25 %): Albit — Orthoklas — Oligoklas — Talk — Stilbit — Leucit — Labrador — Analcim — Glauconit — Cordierit — Augit — Muscovit — Hornblende — Skolezit — Kaolin — Nephelin — Anorthit — Olivin — Biotit — Granat — Epidot — Turmalin — Chlorit.

§ 16.

Das chemische Verhalten der Silikate. In reinem Wasser leicht löslich sind nur gewisse Silikate, deren Vorkommen in der Natur noch nicht mit Sicherheit nachgewiesen (wenn auch wahrscheinlich) ist, die sich aber auf künstlichem Wege leicht herstellen lassen: das *Kaliumsilikat* („Kaliwasserglas“) und das *Natriumsilikat* („Natronwasserglas“). Durch heißes Wasser wird aus den meisten *natürlichen Silikaten* etwas gelöst und dadurch dem ersteren eine alkalische Reaktion mitgeteilt. Erfolgt das Erhitzen mit Wasser unter Druck, so lösen sich die meisten Kristallwasser enthaltenden Silikate (Zeolithe, s. o.) auf, um beim Erkalten wieder auszukristallisieren; andere Silikate werden dadurch in einen in Wasser löslichen, alkalisch reagierenden, und in einen unlöslichen Teil zerspalten.

Auch gegen Säuren verhalten sich die verschiedenen Silikate sehr verschieden. Die in Wasser löslichen werden schon durch schwache Säuren, z. B. Kohlensäure, Weinsäure, Zitronensäure, mit Leichtigkeit zersetzt. Bei den übrigen erfolgt eine schnellere Zersetzung unter Abscheidung von Kieselsäure nur unter dem Einfluß stärkerer Säuren, z. B. von Salzsäure. Durch diese (im verdünnten Zustande) werden die Zeolithe schon bei gewöhnlicher Temperatur vollständig in Kieselsäure und Chlorverbindungen gespalten; auf Anorthit, Leucit u. a. wirkt erst konzentrierte Säure ein, während bei wieder anderen, z. B. bei Cordierit, Augit, Chlorit, Oligoklas, unter gewöhnlichem Druck die Zerlegung nur unvollständig erfolgt.

Trotz der Widerstandsfähigkeit der natürlichen Silikate gegen schwache Säuren bringt die *Kohlensäure* im Verein mit Wasser und Sauerstoff doch allmählich große Veränderungen in ihnen hervor. In den eisenoxydulhaltigen wird unter dem Einfluß des Luftsauerstoffs das Eisenoxydul in Eisenoxyd umgewandelt ($2\text{FeO} + \text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3$) und dadurch der Zusammenhalt der Bestandteile gelockert. Kohlensäurehaltiges Wasser führt allmählich das Kalium und Natrium, das Calcium, Magnesium und Eisen der Silikate in lösliche Kohlensäure-Salze über, die dann durch das Wasser ausgewaschen und entfernt werden, während wasserhaltige Silikate (Zeolithe) zurückbleiben. Durch Berührung mit anderen Salzen werden ferner

Wechselersetzungen herbeigeführt, die die Entstehung andersartiger Silikate zur Folge haben.

Diesen Vorgängen, deren Chemismus im folgenden noch eingehender besprochen werden wird, ist es zuzuschreiben, daß ein Teil der oben aufgeführten Silikate als Abkömmlinge eines anderen Teils derselben angesehen werden muß. So gehen z. B. der *Cordierit*, der *Turmalin* in *Glimmer* über. Von den Glimmern ist der *Kaliglimmer*, obwohl er bei seiner großen Spaltbarkeit durch mechanische Einflüsse in äußerst feine Blättchen zerteilt wird, äußerst widerstandsfähig, dagegen erleidet der *Magnesiaglimmer* eine Umwandlung in reine Magnesiumsilikate oder in Glieder der *Chloritgruppe*. Auch der *Chlorit* wird trotz seiner großen Spaltbarkeit nur schwer von den natürlichen Agenzien angegriffen, wandelt sich jedoch allmählich unter Abscheidung von Kieselerde in Form von Quarz und Chalcedon in Magnesiumkarbonat um. Im *Olivin* geht das Eisenoxydul durch Aufnahme von Sauerstoff in Eisenoxyd, der Rest in Serpentin, und dieser häufig in Magnesiumkarbonat oder in Magnesiumoxyd (MgO , „Brucit“) über.

Von den Gliedern der *Augitgruppe* zerfällt der gemeine *Augit* unter Abgabe von Calcium und Magnesium (in Form von Karbonaten, s. u.) und unter Aufnahme von Aluminium, Eisen und Kalium verhältnismäßig schnell in eine zerreibliche, meist Kaliumkarbonat und Calciumkarbonat enthaltende Masse, genannt „Grünerde“, die sich gewöhnlich in einen eisenreichen Ton umsetzt. Letzterer ist auch das schließliche Umwandlungsprodukt der an sich schwerer zersetzlichen *Hornblende*, aus der jedoch anfangs andere Silikate entstehen, als aus dem Augit (*Epidot*, *Asbest*, *Glimmer*, *Chlorit*).

Von den Feldspaten verhält sich der *Orthoklas* am widerstandsfähigsten, obwohl auch er unter dem Einfluß der natürlichen Agenzien allmählich in Kaolin umgewandelt wird. Weit leichter verändern sich die *Plagioklase*, und zwar meist um so leichter, je mehr Calcium, um so schwieriger, je mehr Natrium sie enthalten. Besonders gern gehen sie in die wasserhaltigen *Zeolithe* über. Von allen natürlich vorkommenden Silikaten sind die Glieder der *Nephelingruppe* und die *Zeolithe* die unbeständigsten. Schon in trockener Luft geben sie einen Teil ihres Wassers ab, um ihn in feuchter Luft wieder aufzunehmen. Wasser und Kohlensäure entziehen ihnen leicht die Metalle der Alkalien und alkalischen Erden und lassen einfache Aluminiumsilikate (Tone) zurück. Unter dem Einfluß von Salzlösungen tauschen sie außerordentlich schnell ihre Metalle gegen die der Lösungen aus, ein Verhalten, das für die „Bodenabsorption“ von größter Bedeutung und bei deren Besprechung eingehender zu erörtern ist.

Die *Tonmineralien* entwickeln beim Anfeuchten einen eigentümlichen Geruch (Tongeruch). Im trockenen Zustande saugen sie sehr begierig Wasser auf. Mit Wasser angerührt bilden sie eine formbare (plastische) Masse, die beim Austrocknen hart und rissig wird. Der festen Zusammenlagerung der kleinen Tonteilchen wirkt die Anwesenheit gewisser Stoffe, namentlich von Pflanzenresten und von Calciumverbindungen entgegen. Auch lösliche Salze, z. B. Chlorverbindungen, können die dichte Lagerung zeitweilig, aber nicht auf die Dauer verhindern, weil sie der Auswaschung unterliegen, worauf dann ein um so festerer Zusammenschluß der Tonpartikel zu erfolgen pflegt. In reinem Wasser verteilt, bleiben die kleinen Tonteile außerordentlich lange schwebend. Ein Zusatz leicht löslicher Salze, z. B. von Sulfaten und Chloriden des Magnesiums, Calciums, Kaliums, Natriums, zu der trüben Flüssigkeit bewirkt das Zusammentreten (Koagulieren) der Teilchen zu Flocken, die unter Klärung des Gemisches sich dann schnell absetzen.

§ 17.

Die **kohlensauren Salze** oder **Karbonate** beteiligen sich gleichfalls in großem Umfang an der Bodenbildung, sowie auch an dem Aufbau tierischer Organismen. Die Knochen bestehen zu einem kleineren Teil, die Muschel- und Schneckengehäuse sowie die Eierschalen zum größeren Teil aus Calciumkarbonat.

Kohlendioxyd, Kohlensäure, Karbonate. Chemischer Charakter. Chemisch betrachtete man früher die *Karbonate* als Verbindungen von Metalloxyden mit Kohlendioxyd, die man als „Kohlensäure“ bezeichnete (§ 9). Das Kohlendioxyd, eine gasförmige Verbindung von 1 Atom Kohlenstoff mit 2 Atomen Sauerstoff: CO_2 , wird bei der Verbrennung kohlenstoffhaltiger Körper, sowie bei deren Verwesung, Fäulnis und Gärung gebildet und ferner durch den tierischen Atmungsprozeß der atmosphärischen Luft zugeführt. Auf 1 Raumteil Sauerstoff + Stickstoff enthält die letztere 0,0003—0,0004 Raumteile Kohlendioxyd, oder es beträgt der Gehalt der atmosphärischen Luft an Kohlendioxyd 0,029 Volumprozent (0,044 Gewichtsprozent). Fast alle natürlichen Wässer enthalten Kohlendioxyd gelöst. Da die Bodenluft reicher an diesem Gase zu sein pflegt als die atmosphärische Luft, so ist auch der Kohlendioxydgehalt des unterirdischen Wassers größer als der des oberflächlich fließenden. Besonders reich an Kohlendioxyd sind gewisse Mineralquellen, die man als „Säuerlinge“ bezeichnet.

Da Wasser, worin Kohlendioxyd gelöst ist, einen säuerlichen Geschmack besitzt und blaue Pflanzenfarben in rote überführt, so ist man zu der Annahme berechtigt, daß es die wirkliche *Kohlensäure* H_2CO_3 enthält, eine Verbindung von so geringer Beständigkeit, daß sie bereits

beim Abdunsten des Wassers wieder in Kohlendioxyd und Wasser zerfällt: $\text{H}_2\text{CO}_3 = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$. Als Salze dieser Säure sieht man die natürlich vorkommenden normalen und sauren (§ 9) Karbonate an.

Von den normalen Karbonaten lösen sich nur die der Alkalimetalle in reinem Wasser, die sauren sind sämtlich löslich.

1. *Karbonate der Alkalimetalle.* *Kaliumkarbonat* findet sich in der Natur als Bestandteil des Boden- und Flusswassers, *Natriumkarbonat* als Gemenge von normalem und saurem Salz, außerdem als Belag („Aus-schwitzung“, „Efflorescenz“) auf natriumhaltigen Gesteinen und Böden und als („Trona“ genannter) Rückstand bei der Austrocknung der sogenannten „Natronseen“. *Ammoniumkarbonat*¹⁾ findet sich in manchen Guanos; es entsteht bei der Zersetzung des im tierischen Harn enthaltenen Harnstoffs (daher Bestandteil des Stalldüngers), wie auch bei der Fäulnis anderer stickstoffhaltiger Stoffe. Die atmosphärische Luft enthält Spuren dieses flüchtigen Körpers, die mit den atmosphärischen Niederschlägen dem Boden zugeführt werden. Das für die Bodenbildung weitaus bedeutsamste kohlen-saure Salz ist:

2. Das *normale Calciumkarbonat* CaCO_3 . In völlig reinem Zu-stand liefert es bei seiner Zersetzung (§ 4) 56% Calciumoxyd (CaO) und 44% Kohlendioxyd (CO_2). In der Natur kommt es hauptsächlich in folgenden Mineralien vor: *Kalkspat* (kristallisiert), Marmor und Kalkstein (kristallinisch oder dicht), ferner Tropfstein, Kalktuff und Kreide. *Tropfstein* findet sich in Kalksteinhöhlen und hat sich hier aus wässriger Lösung in eigentümlichen Formen („Stalaktiten“ und „Stalagmiten“) ausgeschieden. Der *Kalktuff* ist als ein Absatz von Calciumkarbonat aus Wasser unter der Mitwirkung von Kohlensäure entziehenden Pflanzen anzusehen, und die *Kreide* verdankt zum großen Teil mikroskopischen tierischen Wesen ihren Ursprung. (Weiteres über die Kalkgesteine s. u.)

3. Des weiteren beteiligen sich an der Bodenbildung der *Magnesit* (Talkspat), ein normales *Magnesiumkarbonat* MgCO_3 , im reinen Zustande 47,6% Magnesia (MgO) und 52,4% Kohlendioxyd (CO_2), meistens aber noch etwas Eisen und andere Metalle enthaltend. Größere Bedeutung besitzt ein Mineral, das als ein Doppelkarbonat von Magnesium und Calcium angesehen werden kann: der *Dolomit* („Bitterkalk“), gewöhnlich zusammen-

¹⁾ Das namentlich bei der Zersetzung stickstoffhaltiger pflanzlicher und tierischer Stoffe sich bildende Ammoniak vereinigt sich mit Säuren zu Salzen, in denen man das Vorhandensein einer festgefügteten Atomgruppe (eines „Radikals“, § 8) genannt Ammonium (NH_4), annimmt, z. B.: $\text{NH}_3 + \text{HCl} = \text{NH}_4\text{Cl}$ (Chlor-
Ammoniak Chlor-
wasserstoffsäure
ammonium) oder $\text{NH}_3 + \text{HNO}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$ (Salpetersaures Ammonium). Die
Salpetersäure
Ammoniumverbindungen zeigen ein sehr ähnliches chemisches Verhalten wie die Kalium- und Natriumverbindungen.

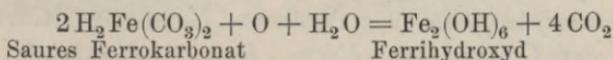
gesetzt nach der Formel CaCO_3 , MgCO_3 , sehr oft aber auch mehr Calciumkarbonat enthaltend und dann als *dolomitischer Kalk* bezeichnet. Vielfach verbreitet ist endlich ein *Ferrokarbonat* (§ 9), der *Spateisenstein* oder *Eisenspat* FeCO_3 (bei feinkörniger bis dichter Struktur *Sphärosiderit* genannt). In gewissen, durch Mangel an *Luftsauerstoff ausgezeichneten* Böden, so in manchen Moorböden, finden sich nicht selten weisse nester- oder schichtenförmige Ablagerungen von reinem Eisenkarbonat.

§ 18.

Das chemische Verhalten der Karbonate. In reinem Wasser sind die normalen Karbonate so gut wie unlöslich. Kohlensäurehaltiges Wasser löst dagegen auch den härtesten Kalkstein allmählich auf, indem dadurch das normale kohlensaure Salz in ein lösliches saures Karbonat übergeführt wird: $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 = \text{H}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2$. Ein gleichzeitiger Gehalt des Wassers an gewissen Salzen, z. B. an Natrium- oder Magnesiumsulfat oder Magnesiumchlorid, kann die Löslichkeit noch dadurch erhöhen, dafs diese zum Teil mit dem Karbonat eine chemische Umsetzung erleiden, wobei das auch in reinem Wasser weit leichter lösliche Calciumsulfat oder das sehr leicht lösliche Calciumchlorid entsteht: $\text{MgSO}_4 + \text{CaCO}_3 = \text{CaSO}_4 + \text{MgCO}_3$. (Umgekehrt aber kann aus Magnesiumkarbonat und Calciumsulfat durch Wechselsersetzung¹) auch Calcium-

¹ *Wechselsersetzung.* Wenn Salze verschiedener Säuren und Metalle miteinander in Berührung kommen, so gehen sie entweder vollständig oder teilweise in neue Salze über; *vollständig*, wenn eines der neu entstehenden Salze aus dem Bereich der chemischen Einwirkung entfernt wird, z. B. ein sich verflüchtiger oder ein von den vorhandenen Agenzien nicht mehr angreifbarer, unlöslicher Körper ist, — *unvollständig*, wenn auch die neu entstandenen Salze in Lösung bleiben und daher fähig sind, sich gegenseitig und mit den ursprünglichen Salzen chemisch zu beeinflussen. Bringt man Lösungen von Natriumchlorid und Silbernitrat zusammen, so vollzieht sich eine vollständige Umsetzung nach der Gleichung: $\text{NaCl} + \text{AgNO}_3 = \text{AgCl} + \text{NaNO}_3$, weil das Silberchlorid AgCl ein unlöslicher Körper und daher der chemischen Einwirkung der vorhandenen Stoffe entzogen ist. Sind dagegen die neu entstehenden Salze löslich und daher chemischer Einwirkung unterworfen, so bleibt ein gewisser Teil der ursprünglichen Salze, dessen Gröfse sich nach dem Grade der chemischen Verwandtschaft und nach der vorhandenen Masse der verschiedenen Salzbestandteile richtet, unverändert. Tritt z. B. zu einer Lösung von Natriumchlorid eine solche von Calciumsulfat, so enthält die Flüssigkeit folgende vier Salze: Natriumchlorid, Natriumsulfat, Calciumchlorid, Calciumsulfat, die sich, wie man zu sagen pflegt, „im chemischen Gleichgewicht halten“. Wird durch Entfernung oder durch Unlöslichwerden eines Salzes dieses Gleichgewicht gestört, so schreitet die Umsetzung so lange weiter, bis wieder Gleichgewicht herrscht. Dieses Verfahren ist, wie wir später erkennen werden, für die Bildung, die Eigenschaften und namentlich für das „Absorptionsvermögen“ des Bodens von grofser Bedeutung.

karbonat und Magnesiumsulfat entstehen, wenn Calciumsulfat gegenüber dem Magnesiumkarbonat im Überschuss vorhanden ist.) Infolge der Löslichkeit der Karbonate in kohlensäurehaltigem Wasser enthalten alle mit Kalkgesteinen in Berührung kommenden natürlichen Wässer Karbonate; da aber das saure Calciumkarbonat schon beim Stehen seiner Lösung an der Luft unter Abscheiden von Kohlendioxyd und Wasser sich zersetzt, so bilden sich aus solchen Wässern leicht Absätze von normalem Calcium- (oder Magnesium-) Karbonat: $\text{H}_2\text{Ca}(\text{CO}_3)_2 = \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 + \text{CaCO}_3$. Ferrokarbonat verhält sich gegen kohlensäurehaltiges Wasser ebenso wie Calcium- und Magnesiumkarbonat und findet sich daher gleichfalls als saures Salz sehr häufig in den natürlichen Wässern („Eisenquellen“), gelöst aber nur so lange, als diese unterirdisch fließen. Sobald sie mit dem Luftsauerstoff in Berührung kommen, tritt, wahrscheinlich unter Mitwirkung von Bakterien (s. u. § 50), eine Oxydation des Eisens und eine Spaltung des Salzes unter Abscheidung von Kohlendioxyd ein, die nach der Gleichung:



verläuft und sich durch die Bildung eines schillernden Häutchens auf der Oberfläche und durch einen rotgefärbten Absatz von Eisenschlamm („Eisenocker“) auf dem Grunde des Wassers bemerklich macht. Durch *starkes Erhitzen* werden die Karbonate zerlegt, indem Kohlendioxyd entweicht und Metalloxyd („gebrannter Kalk“, „gebrannte Magnesia“) zurückbleibt. Ferrokarbonat setzt sich schon bei gewöhnlicher Temperatur an der Luft unter Verlust von Kohlendioxyd in Eisenoxyd oder Eisenhydroxyd um: $2\text{FeCO}_3 + \text{O} = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{CO}_2$; $2\text{FeCO}_3 + \text{O} + 3\text{H}_2\text{O} = \text{Fe}_2(\text{OH})_6 + 2\text{CO}_2$.

Selbst schwache Säuren, wie Essigsäure, Zitronensäure, Humussäuren, sind imstande, die Karbonate unter Abscheidung von Kohlendioxyd und Bildung eines Salzes der einwirkenden Säure zu zerlegen. Dabei erweist sich das Magnesiumkarbonat schwerer zersetzbar als die Calciumkarbonate.¹⁾

Die Wirkung, die die Karbonate, namentlich das Calciumkarbonat, auf organische Stoffe ausüben, wird später erörtert werden.

§ 19.

Die phosphorsauren Salze oder Phosphate. Die Phosphorsäure H_3PO_4 oder $\text{PO}(\text{OH})_3$, nach früherer Anschauung $\text{P}_2\text{O}_5, 3\text{H}_2\text{O}$ (§ 9), bildet drei Reihen von Salzen (Phosphaten).

¹⁾ Die Dolomite werden selbst von stärkeren Säuren, z. B. von Salzsäure, erst nach feinem Zerreiben oder bei höherer Temperatur unter Aufbrausen (Entweichen von Kohlendioxyd) zersetzt, was für die Erkennung der sogenannten dolomitischen Mergel wichtig ist.

Die in der Natur vorkommenden Phosphate sind fast ausnahmslos normale Salze.

1. Am verbreitetsten ist das *Calciumphosphat* $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, im reinen Zustande 45,8% Kalk (CaO) und 54,2% Phosphorsäureanhydrid (P_2O_5) enthaltend. Ein Doppelsalz von Calciumphosphat und Calciumchlorid (oder auch Calciumfluorid) ist der *Apatit*: $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + \text{CaCl}_2$ mit einem durchschnittlichen Gehalt von 41—42% Phosphorsäureanhydrid (P_2O_5). Der Apatit ist als Nebenbestandteil zahlreicher Mineralien in mikroskopischer Verteilung außerordentlich verbreitet und kommt auch in selbständigen Ablagerungen von beträchtlicher Ausdehnung vor. Calciumphosphat, vielleicht stets aus dem Apatit als „Urphosphat“ mittelbar oder unmittelbar hervorgegangen, bildet ferner den Hauptbestandteil zahlreicher, den verschiedensten Schichten der Erdrinde angehöriger Mineralien, so der *Phosphorite von Estremadura*, von der *Lahn*, der sogenannten *Koprolithe*, der *Delme-* und *Lot-Phosphate*, der *Pseudokoprolithe*, der *Karolina-* und *Floridaphosphate*, der *Algierphosphate*, der *belgischen Phosphatkreide*, der *Sommephosphate*, der *Navassa-*, *Sombrero-*, *Curaçaophosphate*, endlich der *Guanoarten: Peru-, Baker-, Howland-, Malden-, Jarvis-Guano* u. a. m.

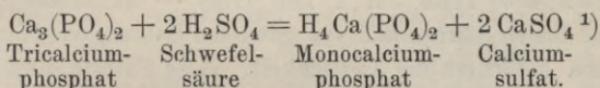
Der mineralische Teil der *Knochen*, *Gräten* und *Zähne* besteht fast ausschließlich aus Calciumphosphat, außerdem ist dieses Salz in anderen tierischen Körperteilen, sowie in den festen Ausscheidungen des Tierleibes in verhältnismäßig großen Mengen vertreten, und zweifellos ist ein Teil der soeben genannten Phosphatmineralien, namentlich die als „Guano“ und als „Koprolithe“ bezeichneten, unmittelbar aus der Verwesung von tierischen Stoffen hervorgegangen. Diesen verdanken auch die im *Korallenkalk*, im *Posidonienschiefer*, der unteren Abteilung der Juraformation, in der *Kreide* und in manchen *Mergeln* sich findenden Phosphate ihr Dasein. Als Nebenbestandteile finden sich meist Eisen, Aluminium, Magnesium als Oxyde, Karbonate oder Phosphate.

2. Ein Aluminiumphosphat ist das Mineral *Wawellit*. Sehr große Verbreitung besitzen weiterhin die Eisenphosphate, und zwar als *Vivianit* (Blaueisenerde), ein wasserhaltiges Ferrophosphat von der Zusammensetzung: $\text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 8\text{H}_2\text{O}$, welches namentlich in Niedermoorböden und in humosen Tonböden gefunden wird, ursprünglich eine weiße Farbe hat, aber beim Liegen an der Luft infolge teilweiser Oxydation sich bläut und ferner als Eisenoxydphosphat (Ferriphosphat) $\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_2 + 4\text{H}_2\text{O}$ (auch die einfachere Formel $\text{FePO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ wird verwendet) oder „basisches“¹⁾ Ferriphosphat, z. B.: $\text{Fe}_2(\text{PO}_4)_2$, $\text{Fe}_2(\text{OH})_6$ (oder auch FePO_4 ,

¹⁾ Die „basischen Salze“ (der neueren chemischen Ausdrucksweise) kann man als Verbindungen eines normalen Salzes mit einem Hydroxyd ansehen.

$\text{Fe}(\text{OH})_3$), namentlich als Bestandteil des Sphärosiderits (Eisenspats), des Raseneisensteins u. a. (s. u.).

§ 20. *Chemisches Verhalten der natürlichen Phosphate.* In reinem Wasser lösen sich die natürlich vorkommenden Phosphate nur sehr schwierig. Ein Gehalt des Wassers an gewissen Salzen, z. B. an Natriumchlorid, Natriumnitrat, erhöht die Löslichkeit, noch mehr ein Gehalt des Wassers an Kohlensäure. Übrigens verhalten sich die verschiedenen Phosphate gegenüber diesen Lösungsmitteln sehr verschieden. Stärkere Mineralsäuren, wie Salzsäure und Schwefelsäure, lösen alle Phosphate leicht auf unter Bildung von saurem Phosphat und einem Salz der verwendeten Säure, z. B.:



In gleicher Weise wirken freie Humussäuren auf die normalen Phosphate ein, wenn sie in großer Menge vorhanden sind, wie das z. B. bei den sogenannten Hochmoorböden (s. u.) der Fall ist.

§ 21.

Die schwefelsauren Salze oder Sulfate. *Chemischer Charakter und Vorkommen.* Die Schwefelsäure H_2SO_4 oder $\text{SO}_2(\text{OH})_2$ bildet, da sie 2 durch Metalle vertretbare Wasserstoffatome enthält, normale und saure Salze. Nur die normalen Salze spielen in der Natur eine Rolle. An der Bodenbildung beteiligt sich nur das Calciumsulfat, während schwefelsaure Salze des Kaliums, Natriums und Magnesiums in natürlichen Wässern gelöst und in manchen Salzablagerungen angehäuft vorkommen. So finden sich über dem gewaltigen Steinsalzlager des Magdeburg-Harzer Beckens (Stassfurt) abgesehen von reinem Calciumsulfat die folgenden, zweifellos aus verdunstendem Meerwasser abgeschiedenen und durch chemische Einwirkung aufeinander allermeist in Doppelsalze und noch kompliziertere Verbindungen umgewandelten Sulfate: *Kieserit*, wasserhaltiges Magnesiumsulfat: $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; *Schönit*, ein wasserhaltiges Doppelsalz von Magnesiumsulfat und Kaliumsulfat: $\text{MgSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$; *Krugit*, eine chemische Verbindung von Magnesiumsulfat, Calciumsulfat, Kaliumsulfat und Wasser: $\text{MgSO}_4 \cdot 4\text{CaSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$; *Polyhalit*, eine Verbindung derselben Sulfate in etwas anderen Mengenverhältnissen: $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{CaSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$; *Kainit*, eine chemische Verbindung von Magnesiumsulfat, Kaliumsulfat, Magnesiumchlorid und Wasser: $\text{MgSO}_4 \cdot$

¹⁾ Man nennt diesen Prozeß das „Aufschließen“ der Phosphate und benutzt ihn, um leicht lösliche Phosphorsäuredüngemittel zu gewinnen. Das Gemenge von Monocalciumphosphat und Calciumsulfat bezeichnet man in der Düngertechnik als „Superphosphat“.

K_2SO_4 , $MgCl_2 + 6H_2O$; *Glauberit*, ein wasserfreies Doppelsalz von Natriumsulfat und Calciumsulfat: Na_2SO_4 , $CaSO_4$ u. a.¹⁾ Das verbreitetste Sulfat ist das *Calciumsulfat*: $CaSO_4$, im wasserfreien Zustande als *Anhydrit*, im wasserhaltigen ($CaSO_4 + 2H_2O$) als *Gips* (öfters im Gemenge mit Calciumkarbonat als „Gipsmergel“) auftretend. Im reinen Zustande enthält der Anhydrit 41,2% Kalk (CaO) und 58,8% Schwefelsäure (SO_3), der Gips 32,6% Kalk und 46,5% Schwefelsäure neben 20,9% Wasser.

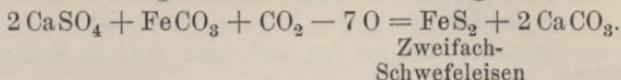
§ 22. Chemisches Verhalten der Sulfate. — Reduktionsprozesse.

Während die Sulfate des Kaliums, Natriums und Magnesiums durchweg leicht löslich sind, braucht das Calciumsulfat ziemlich große Mengen von Wasser — etwa 400 Teile auf 1 Teil Gips — zu seiner Lösung; die Gegenwart von freien Säuren und von gewissen Salzen, wie Natriumchlorid, Ammoniumsalze, befördert die Löslichkeit. Alle Sulfate sind schwer zersetzlich, die Kristallwasser enthaltenden verlieren dieses beim Glühen („Calcinieren“), der gelinde gebrannte und pulverisierte Gips nimmt es bei Zusatz von Wasser wieder auf und erhärtet damit steinartig; auch erleiden unter gewissen Verhältnissen die Sulfate unter dem Einfluß kohlenstoffhaltiger, pflanzlicher oder tierischer Stoffe eine eigentümliche Umwandlung, die man als *Reduktion* bezeichnet. Unter diesem Ausdruck faßt man eine große Anzahl von chemischen Vorgängen zusammen, die sämtlich auf dem Austritt von Sauerstoff aus seinen Verbindungen beruhen. In Zersetzung begriffene organische, d. i. kohlenstoff- und allermeist auch wasserstoffhaltige Körper, haben das Bestreben, ihren Kohlenstoff in Kohlendioxyd, ihren Wasserstoff in Wasser umzusetzen. Geht die Zersetzung unter Abschluß oder auch nur unter mangelhaftem Zutritt der atmosphärischen Luft vor sich, so entnehmen sie den zu jener Umwandlung nötigen Sauerstoff sauerstoffhaltigen Verbindungen ihrer Umgebung und führen dadurch eine „Reduktion“ der letzteren herbei. Befindet sich z. B. Calciumsulfat unter den erwähnten Bedingungen in Berührung mit verwesenden Pflanzenresten, so wird es durch Entziehung eines Sauerstoffgehaltes zu *Schwefelcalcium* oder *Calciumsulfid* reduziert: $CaSO_4 - 4O = CaS$. Die Sulfide erleiden schon in Berührung mit schwachen Säuren, z. B. mit Kohlensäure, eine weitere Umwandlung, deren Endprodukte Schwefelwasserstoff, jenes bekannte giftige, den Geruch faulender Eier besitzende Gas, und ein Carbonat sind, z. B.: $CaS + H_2O + CO_2 = CaCO_3 + H_2S$. Da bei der Zer-

Calcium- Schwefel-
karbonat wasserstoff

¹⁾ Von diesen Sulfaten bildet besonders der Kainit ein sehr geschätztes Kalidüngemittel. Der in den Handel gebrachte Kainit ist jedoch nicht das reine Salz, sondern ein Gemenge von diesem und anderen Verbindungen, namentlich von Natriumchlorid. Er enthält daher durchschnittlich nur 12,5% Kali (K_2O) (entsprechend ungefähr 23% Kaliumsulfat), während sich aus der Zusammensetzung des reinen Kainits ein Gehalt von ca. 23% Kali berechnet.

setzung pflanzlicher oder tierischer Stoffe regelmäfsig Kohlendioxyd bezw. Kohlensäure entsteht, so ist die Reduktion der Sulfate in der Natur fast stets mit dem Auftreten von Schwefelwasserstoff verbunden. Sind neben den verwesenden Stoffen und Sulfaten noch Eisenverbindungen zugegen, so kann sich anstatt des Schwefelwasserstoffs Schwefeleisen bilden, ein Vorgang, der sich durch folgende chemische Gleichung ausdrücken läfst:



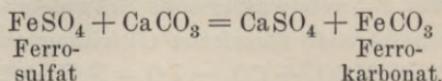
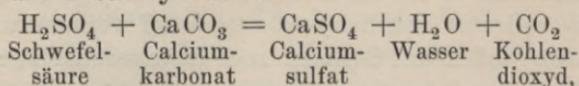
Von dieser Verbindung, die man auch *Schwefelkies* oder *Eisenkies* nennt, wird gleich noch die Rede sein. In Berührung mit anderen Salzen führen die Sulfate chemische Umsetzungen herbei, die für die Pflanzenernährung von hohem Wert sein können. Z. B. kann durch Einwirkung von Calciumsulfat auf das leicht flüchtige Ammoniumkarbonat das nicht flüchtige Ammoniumsulfat neben Calciumkarbonat entstehen: $\text{CaSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 = (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3$. (Andere Umwandlungen s. § 18.) Auf schwer lösliche Kaliumsilikate kann Calciumsulfat in der Weise einwirken, daß leicht lösliches Kaliumsulfat entsteht und das Calcium an die Stelle des Kaliums im Silikat tritt.

§ 23.

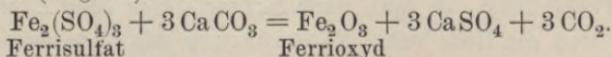
Die Schwefelverbindungen oder Sulfide. *Chemischer Charakter und Verhalten.* Der Schwefel verbindet sich in verschiedenen Mengenverhältnissen mit Wasserstoff und mit zahlreichen Metallen. Eine der bekanntesten Verbindungen ist das Wasserstoffsulfid H_2S , auch Schwefelwasserstoff genannt, ein brennbares, in Wasser ziemlich leicht lösliches, unangenehm (nach faulenden Eiern) riechendes, sehr giftiges Gas, das namentlich bei der Fäulnis schwefelhaltiger organischer Stoffe sich entwickelt (s. auch § 22). Unter dem Einfluß gewisser Bakterien (s. u.) kann sich daraus freier Schwefel abscheiden. Von den Metall-Schwefel-Verbindungen besitzt für den Boden eine gröfsere Bedeutung nur das *Eisenbisulfid* FeS_2 , auch „Zweifachschwefeleisen“ genannt. Es findet sich in der Natur als das Mineral *Pyrit* oder „Eisenkies“ (auch „Schwefelkies“) oder in anderer Kristallform als *Markasit* oder „Strahlkies“. Über seine Entstehung ist unmittelbar vorher gesprochen worden (§ 22). In Berührung mit feuchter Luft geht das Eisenbisulfid unter Aufnahme von Sauerstoff und Wasser in Ferrosulfat und freie Schwefelsäure über: $\text{FeS}_2 + \text{H}_2\text{O} + 7 \text{O} = \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4$. Das Ferrosulfat, in Verbindung mit 7 Molekulen Eisen-Schwefel-oxydulsulfat säure

Kristallwasser auch „Eisenvitriol“ genannt, geht durch weitere Aufnahme von Sauerstoff bei Anwesenheit von freier Schwefelsäure in Ferrisulfat über: $2 \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 + \text{O} = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O}$. Kommen diese Oxydationsprodukte des Schwefeleisens mit Kalk (CaO) oder Calciumkarbonat

(CaCO_3) zusammen, so finden weitere Umsetzungen statt, deren Endprodukte Calciumsulfat und Eisenoxyd sind:



Das Ferrokarbonat setzt sich an der Luft sehr bald in Kohlendioxyd und Ferrioxyd um (s. § 18):



Da sowohl die freie Schwefelsäure wie die Eisensulfate heftige Pflanzengifte sind, so ist das soeben beschriebene Verhalten für die landwirtschaftliche Benutzung eisensulfidhaltigen Bodens von großer Bedeutung.

§ 24.

Oxyde und Hydroxyde. In Betracht kommen hier nur die entsprechenden Verbindungen des Eisens. (Über ihre chemische Konstitution s. § 8, Anmerkung.) Als eine chemische Verbindung von Eisenoxydul (FeO) und Eisenoxyd (Fe_2O_3) läßt sich ein weit verbreitetes Mineral, das *Magneteisen*: $\text{Fe}_3\text{O}_4 (= \text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ ansehen (S. 20). Durch Aufnahme von Sauerstoff geht es in Eisenoxyd, bei gleichzeitiger Gegenwart von Wasser auch in Eisenhydroxyd über.

Bereits früher (s. § 18) ist die Abscheidung von Eisenhydroxyd („Eisenoxydhydrat“) aus Wässern besprochen worden, die kohlen-saures Eisenoxydul enthalten. Derartige gewöhnlich nesterartig auftretende Absätze, die meist noch Calciumkarbonat, Tonmineralien und andere Silikate, außerdem etwas Eisenoxyd enthalten, bezeichnet man als *Ocker-* oder *Eisenocker*. Ähnlichen Ursachen und vielleicht auch der Lebenstätigkeit von Bakterien (s. u.) verdankten zahlreiche Eisenhydroxyd-Ablagerungen ihre Entstehung, die man unter dem Namen *Limonit*, „Raseneisenstein“, „Wiesenerz“, „Sumpferz“ zusammenfaßt. Sie kommen als vereinzelt oder zu Knollen verwachsene, etwa erbsengroße Körner im Boden dicht unter der Oberfläche verteilt vor, bilden bisweilen aber auch feste Bänke von großer Ausdehnung. Neben ihrem Hauptbestandteil enthalten sie nicht selten recht beträchtliche Mengen von Eisenphosphat (s. auch § 19, 2), Eisensilikat, Sand, Tonmineralien und organischen Stoffen pflanzlichen Ursprungs.

Im Anschluß an die bisher besprochenen Mineralien, die man mit wenigen Ausnahmen zu den bodenbildenden rechnen darf, soll noch einiger Mineralgruppen Erwähnung geschehen, die zwar nicht zu den eigentlichen Bodenbildnern zu rechnen sind, denen aber bei den innerhalb des Bodens sich abspielenden Vorgängen eine große Bedeutung zukommt, das sind die Chloride und Nitrate.

§ 25.

Die Chlorverbindungen oder Chloride. Das Element Chlor (Cl) vereinigt sich direkt mit Metallen zu Verbindungen, die man auch als Salze der Chlorwasserstoffsäure HCl (gewöhnlich „Salzsäure“ genannt) ansehen kann (§ 10). Die größte Verbreitung hat von den Chlorverbindungen das Chlornatrium oder Natriumchlorid NaCl mit 39,3% Natrium und 60,7% Chlor, unter dem Namen *Steinsalz* oder Kochsalz teils in mächtigen Lagern, teils in feiner Verteilung in allen Böden, teils aufgelöst in großen Mengen im Meereswasser, in geringeren wohl in allen natürlichen Gewässern vorkommend. Außer Chlornatrium enthalten die letzteren noch andere Chloride, so namentlich *Kaliumchlorid*, *Magnesiumchlorid*, *Calciumchlorid*. Über dem Stafsfurter Steinsalzlager finden sich neben Sulfaten (§ 21) auch Chloride, wie jene oftmals zu Doppelsalzen verbunden. Die wichtigsten sind die folgenden:

Sylvin, reines Kaliumchlorid: KCl mit 52,5% Kalium (entsprechend 63,2% Kali: K_2O) und 47,5% Chlor. Ein Gemenge von Sylvin und Kochsalz, worin letzteres überwiegt, heißt *Sylvinit*, ein Gemenge von Sylvin, Kochsalz und Kieserit (§ 21) wegen der großen Härte des Kieserits „Hartsalz“. Ferner

Carnallit, ein wasserhaltiges Doppelsalz von Kaliumchlorid und Magnesiumchlorid: $KCl, MgCl_2 + 6H_2O$ mit 26,9% Kaliumchlorid,¹⁾ 34,2% Magnesiumchlorid und 38,9% Wasser.

§ 26. Das chemische Verhalten der Chloride. Sämtliche Chloride sind in Wasser leicht löslich. Einige von ihnen, wie das Calciumchlorid, Magnesiumchlorid, sind sehr *hygroskopisch* (d. h. Wasser in flüssigem und dampfförmigem Zustande wird von ihnen mit großer Begier angezogen und festgehalten).²⁾ In Berührung mit anderen Salzen erleiden sie zahlreiche Wechselersetzungen, und hierauf ist es jedenfalls zurückzuführen, wenn manche Chlorverbindungen lösend auf schwerlösliche Stoffe einwirken. Unter der Einwirkung von Kochsalz auf Kaliumsilikat tritt Natrium aus

¹⁾ Dieser Gehalt des *reinen* Salzes entspricht einem Gehalt an Kali (K_2O) von 17,0%. Der Chlorkaliumgehalt des zu Düngungszwecken in den Handel kommenden, mit allerlei Nebensalzen (Magnesiumsulfat, Calciumsulfat, Natriumchlorid) verunreinigten Carnallits entspricht nur etwa 9% Kali (K_2O).

²⁾ Selbst ein geringer Gehalt der als Düngemittel verwendeten Kalisalze (Carnallit, Kainit) an diesen hygroskopischen Chloriden führt ein Feuchtwerden derselben bei längerem Lagern herbei. Das aus der Luft aufgenommene Wasser geht dann unter steinartiger Erhärtung der gemahlene Düngesalze mit anderen Bestandteilen derselben chemische Verbindungen ein. Diesem unliebsamen Verhalten wird nach einem von M. Fleischer angegebenen Verfahren durch Beimengung geringer Mengen von trockenem Torfmull (2,5 auf 100 Teile) wirksam entgegengewirkt („Torfkainit“, „Torfcarnallit“).

dem Kochsalz an Stelle eines Teils des Silikatkaliums, während dieses als Kaliumchlorid in Lösung geht; Calciumphosphat wird durch Kaliumchlorid oder Natriumchlorid zum Teil in der Weise zerlegt, daß neben Calciumchlorid leicht lösliches Kalium- oder Natriumphosphat entsteht. Nicht anders ist die Wirkung dieser Chloride auf Calciumcarbonat: $\text{CaCO}_3 + 2 \text{NaCl} = \text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$ usw. Es ist aber hervorzuheben, daß alle diese Vorgänge nur sehr langsam und nie bis zur vollen Umsetzung zu erfolgen pflegen (S. 40, Anmerkung). Die mechanische Wirkung, die die Chloride auf Tonminerale ausüben, ist früher (§ 16) besprochen worden.

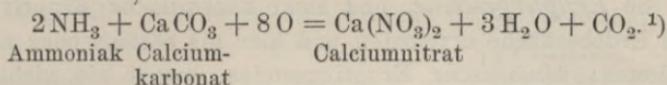
§ 27.

Die salpetersauren Salze oder Nitrate. Die Salpetersäure HNO_3 oder $\text{NO}_2 \cdot \text{OH}$ bildet nur eine Reihe von Salzen (Nitrate). Von den bekannten Nitraten findet sich das *Natriumnitrat* NaNO_3 („Natronsalpeter“) in einer in den regenlosen Landstrichen von Chile und Peru zwischen dem 18. und 27.° südl. Breite in großen Lagern vorkommenden, aus einem wechselnden Gemenge von Natriumnitrat, Natriumsulfat, Chlornatrium, Magnesiumsulfat, Calciumsulfat, sehr kleinen Mengen von Jodnatrium und dem pflanzenschädlichen Kalium- oder Natriumperchlorat mit kalk- und eisenoxydhaltigem Sande bestehenden Bodenart, der „Caliche“, die wahrscheinlich aus der Verwesung gewaltiger Tangmassen unter Mitwirkung der Meersalze hervorgegangen ist. Neben ihrem Hauptbestandteil enthält die in Schichten von 0,2—5 m Mächtigkeit auftretende Caliche alle Meersalze und organische Substanzen. Das von diesen Beimengungen möglichst befreite Material kommt unter dem Namen *Chilisalpeter* in den Handel. Auch *Kaliumnitrat* (Kalisalpeter), ferner *Calciumnitrat* und *Magnesiumnitrat* finden sich stellenweise als Gesteinsausschwitzungen in Ostindien. Außerdem sind kleine Mengen von Nitraten in der Luft und in den allermeisten Böden und natürlichen Wässern enthalten.

§ 28. Entstehung der Nitrate. In der atmosphärischen Luft bilden sich bei jedem Blitzschlag durch direkte Vereinigung von Stickstoff, Sauerstoff und den Elementen des Wassers kleine Mengen von Salpetersäure,¹⁾ die mit dem gleichfalls in der Luft vorhandenen (aus der Zersetzung tierischer und pflanzlicher Stoffe stammenden) Ammoniak zu Ammoniumnitrat sich vereinigen: $\text{HNO}_3 + \text{NH}_3 = \text{NH}_4\text{NO}_3$. Durch die atmosphärischen Niederschläge wird das Salz dem Boden und den Gewässern zugeführt. Eine weit stärker fließende natürliche Quelle der für die Pflanzen-

¹⁾ In neuerer Zeit wird dieser Vorgang in Norwegen zur Gewinnung eines wertvollen Stickstoffdüngers künstlich hervorgerufen. Prof. Birkelund ist es gelungen, mit Hilfe des sogenannten elektromagnetischen Gebläses Salpetersäure aus dem Luft-Sauerstoff und Stickstoff in so großen Mengen zu erzeugen, daß sie zur Herstellung eines dem Chilisalpeter gleichwertigen Düngemittels, des Calciumnitrates, Verwendung finden kann.

ernährung besonders wichtigen Nitrate bietet die Zersetzung stickstoffhaltiger pflanzlicher und tierischer Stoffe. Diese enthalten Stickstoff in organischer Verbindung, d. h. an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff gebunden. Bei dem Zerfall, dem der pflanzliche und tierische Körper nach seinem Absterben unterliegt, wird der Stickstoff zum Teil als freier Stickstoff ausgeschieden, zum Teil in Ammoniak (NH_3) oder in Salpetersäure (HNO_3) umgewandelt. Nach dem jetzigen Stand unseres Wissens muß man annehmen, daß jene Zersetzungs Vorgänge, die man auch als *Fäulnis* und *Verwesung* bezeichnet, durch kleinste Lebewesen (Mikroorganismen), und zwar durch Bakterien oder Spaltpilze hervorgerufen werden. Je nachdem die natürlichen Bedingungen der Entwicklung dieser oder jener Bakterienart besonders günstig sind, tritt höchstwahrscheinlich der Stickstoff vorwiegend oder ganz in dieser oder jener Form aus. Das Vorhandensein von Luft-sauerstoff und von Karbonaten des Kaliums, Natriums, Calciums oder Magnesiums befördert die Entstehung von Nitraten, auch das bei Luftabschluß oder mangelhaftem Luftzutritt vornehmlich sich bildende Ammoniak kann unter diesen Bedingungen oxydiert und schließlich in salpetersaures Salz übergeführt werden, z. B.:



§ 29. *Das chemische Verhalten der Nitrate.* Sämtliche Nitrate sind in Wasser leicht löslich. Auf andere Salze üben sie ähnliche Wirkungen aus wie die Chloride (s. o.) und sind daher wie diese imstande, schwer lösliche Stoffe, wenn auch immer nur in geringem Maße, in Lösung zu bringen. Unter dem Einfluß gewisser Bakterien, die auf die Nitrate sauerstoffentziehend („reduzierend“) wirken, kann die Salpetersäure der Nitrate unter Abscheidung freien Stickstoffs zersetzt werden: $2\text{HNO}_3 - 5\text{O} = \text{H}_2\text{O} + 2\text{N}. ^2)$

B. Die bodenbildenden Gesteine.

§ 30.

Einteilung. Die im vorstehenden besprochenen Mineralien bilden zum größeren Teil die Gesteine oder Gemengteile der Gesteine, aus deren Umwandlung schließlich der Boden hervorgeht. Je nachdem an der Zusammensetzung eines Gesteins nur ein Mineral oder mehrere Mineralien

¹⁾ In den sogenannten *Salpeterplantagen* wird dieser Vorgang zur Salpetererzeugung benutzt, indem man stickstoffhaltige Abfälle tierischer und pflanzlicher Natur mit den oben genannten kohlen-sauren Salzen vermischt und durch häufiges Umstechen der Haufen dem Luftsauerstoff Zutritt verschafft.

²⁾ Über die Mitwirkung von kleinsten Lebewesen bei der Entstehung und Zersetzung der Nitrate s. u. § 50 (Bodenbakteriologie).

sich beteiligen, nennt man es *einfach* (z. B. Kalkstein) oder *gemengt* (z. B. Granit).

Eine andere Einteilung stützt sich auf die Entstehungsweise der verschiedenen Gesteine („Gebirgsarten“, „Felsarten“). Hiernach unterscheidet man zwischen

<i>Plutonischen</i>	Bildungen	(Urgesteine)	} (Abkömmlinge der Urgesteine).
<i>Neptunischen</i>	„		
<i>Glazialen</i>	„		
<i>Äolischen</i>	„		

Wie in der Einleitung kurz dargelegt wurde, bildete in einer gewissen Periode der Entwicklung unseres Planeten eine aus dem feurigflüssigen Zustande hervorgegangene Gesteinsmasse die feste Erdrinde. Die an ihrer Zusammensetzung beteiligten Gesteine bezeichnet man entsprechend ihrer Herkunft als *plutonische*. Zu den plutonischen Gebilden gehören natürlich auch die aus dem Erdkern stammenden Gesteinsmassen, welche durch die Erstarrungskruste und die sie überlagernden Gesteinsmassen (s. die Einleitung) in glutflüssigem Zustande hindurchbrachen. Man nennt sie *Eruptivgesteine*, und zwar *vulkanische* Eruptivgesteine, falls sie die Erdoberfläche erreichten und hier als Ströme oder als Decke sich ausbreiteten; *plutonische* Eruptivgesteine, soweit sie nicht bis an die Oberfläche gelangten, sondern bereits in Spalten, Kanälen und anderen Hohlräumen der Erdrinde zu festen Massen erstarrten.¹⁾

Die nicht eruptiv gewordenen Gesteine der Erstarrungskruste bestehen zwar aus den gleichen gesteinsbildenden Mineralien wie die Eruptivgesteine, sie nahmen aber — im Gegensatz zu dem allermeist massigen Gefüge der letzteren — infolge von Druckwirkungen und Faltenbildung während des Erstarrungsvorganges eine mehr schiefrige Struktur an. Im folgenden werden alle aus dem glutflüssigen in den festen Zustand übergegangenen Gesteine, also sowohl die Gesteine der ersten Erstarrungskruste wie die plutonischen und die vulkanischen Eruptivgesteine, unter der Bezeichnung „plutonische Bildungen“ zusammengefasst.

Die *neptunischen*, Flöz- oder Sedimentärbildungen, sowie die *glazialen* und die *äolischen* Gesteine sind als Abkömmlinge der plutonischen anzusehen. Die *Sedimentärgesteine* schieden sich als Absätze („Sedimente“) aus dem die Erdoberfläche bedeckenden Wasser ab, welches Bestandteile zerstörter älterer Gesteine teils chemisch gelöst, teils mechanisch schwebend mitführte.

¹⁾ Auch die plutonischen Eruptivgesteine liegen jetzt überall zutage, wo die ursprünglich sie bedeckenden Gesteinsschichten durch später zu schildernde Naturvorgänge „abgetragen“ worden sind.

Glaziale Gesteine sind Bruchstücke älterer Gebirgsarten, die durch die Bewegung von Gletschern und Gletscherschmelzwässern von ihrem Ursprungsort fortgetrieben und nach vielfachen chemischen und mechanischen Umwandlungen zum Absatz gekommen sind.

Äolische Gebilde sind Ablagerungen sand- und staubartiger Gesteinsreste, die durch die Tätigkeit des Windes transportiert worden sind.

§ 31.

Die plutonischen Gesteine, häufig auch als *Urgesteine* bezeichnet, bestehen stets aus verschiedenen kristallinen, untereinander verwachsenen Mineralien, unter denen die Kieselerdmineralien und Silikate die erste Stelle einnehmen. Je nachdem die Gemengteile staubfein oder in größeren Körnern oder Kristallen oder in parallel übereinander gelagerten Blättchen oder Schuppen auftreten, bezeichnet man das Gefüge (die „Struktur“) des Gesteins als „dicht“, „körnig“ oder „schiefrig“. Vom chemischen Standpunkt aus hat man die Eruptivgesteine nach ihrem größeren oder geringeren Gehalt an Kieselsäure in *saure*, *neutrale* und *basische* eingeteilt, von denen die „sauren“ 65 % Kieselsäure und mehr, die neutralen 55—64 %, die basischen 40—54 % enthalten. Wenn auch diese Scheidung der Kritik im einzelnen nicht völlig Stand hält, indem besonders die „neutralen“ Gesteine nach den sauren wie nach den basischen hin bezüglich ihres Kieselsäuregehaltes sich nicht scharf genug abgrenzen lassen, so soll sie zur Erleichterung der Übersicht hier noch festgehalten werden.

1. Zu den *sauren Gesteinen* rechnet man die folgenden: *Granit*, *Gneis*, *Glimmerschiefer*, *Felsitporphyr*.

Granit und *Gneis* enthalten als Hauptbestandteile die Mineralien Quarz, Glimmer (Kali- oder Magnesiaglimmer) und Kalifeldspat (Orthoklas). Der Granit pflegt etwas reicher an Kalifeldspat zu sein als der Gneis (60—80 % gegen 50—70 %), auch ist im Gneis der Orthoklas bisweilen durch Plagioklas ersetzt. Als Nebenbestandteile finden sich in beiden Gesteinen Zeolithe, Turmalin, Granat, Hornblende, Apatit u. a. Das Gefüge des Granits ist körnig, das des Gneises schiefrig (s. o.).

Glimmerschiefer ist ein ausgeprägt schiefriges Gemenge von Quarz und Glimmer (Kali- oder Magnesiaglimmer). Feldspat enthält er höchstens in sehr geringen Mengen. Andere Nebenbestandteile sind: Hornblende, Granat, Turmalin, Schwefelkies, Apatit u. a.

Felsitporphyr. In eine dichte, aus Orthoklas und Quarz bestehende Grundmasse („Felsit“) sind Körner oder Kristalle von Quarz und Orthoklas (als Nebenbestandteile bisweilen Plagioklase, Glimmer, Hornblende, Augit, Apatit u. a.) eingesprenkt.

2. Die neutralen Gesteine: Syenit, Trachyt, Phonolith, Quarzdiorit u. a.

Syenit ist ein Gemenge von Hornblende und Orthoklas. Letzterer ist bisweilen durch Plagioklas ersetzt. An Nebenbestandteilen finden sich bisweilen Magnesiaglimmer, Olivin, Granat, Schwefelkies und fast immer Apatit.

Trachyt besteht aus einer feinkörnigen, etwas porösen Grundmasse von Sanidin und Plagioklas, in der Kristalle von Sanidin, als Nebenbestandteile außerdem Leucit, Granat, Cordierit, Augit, Hornblende und fast immer Apatit verteilt sind. Viele Trachyte („Quarztrachyte“) enthalten außerdem als regelmässigen Bestandteil noch Quarz.

Phonolith (Klingstein). In einer aus Sanidin, Nephelin, Augit und anderen Mineralien bestehenden Grundmasse sind zahlreiche Sanidin-, Nephelin-, Augit-, Hornblendekristalle und Magneteisensteinkörner eingebettet.

Quarz-diorit besteht aus Hornblende, Quarz und Plagioklas (Oligoklas, Labrador, Anorthit) und enthält als Nebenbestandteile nicht selten Augit, Orthoklas, Magnesiaglimmer, Eisen, Granat, Cordierit, Apatit.

3. Die basischen Gesteine.

Während die sauren und zum Teil auch die neutralen Gesteine im wesentlichen als verschieden zusammengesetzte Gemenge von Quarz, Glimmer und Feldspat anzusehen sind, von denen allerdings Feldspat oder Quarz bei einigen Felsarten sehr zurückbleibt, fehlt bei den basischen Gesteinen der Quarz als Hauptbestandteil. Sie enthalten durchweg Hornblende oder Augit und Feldspate (meist Plagioklasse). In diese Gruppe gehören folgende Gesteine: *Diorit, Gabbro, Diabas, Melaphyr, Basalt, Dolerit*.

Diorit unterscheidet sich vom Quarzdiorit (s. o.) durch das Fehlen von Quarz.

Gabbro, ein granitisch körniges Aggregat von Plagioklas (meist Labrador oder Anorthit) und Diabas, häufig gemengt mit Olivin. Andere zufällige Bestandteile sind Biotit, Hornblende, Granat, Serpentin, Talk, Apatit, Pyrit, Magnetkies, Magneteisen.

Die folgenden Gesteine enthalten stets Augit.

Diabas enthält als Hauptbestandteil Hornblende und Plagioklas, dabei stets Apatit, als Nebenbestandteile nicht selten Orthoklas, Eisenkies, Olivin, Magnesiaglimmer. (In Hohlräumen finden sich bisweilen Kalkspat, Zeolithe und Quarz eingeschlossen.)

Melaphyr, ein Gemenge von Augit, Plagioklas (namentlich Labrador), Olivin, Magneteisen; außerdem enthält das Gestein stets Apatit und bisweilen Magnesiaglimmer, Orthoklas und Quarz.

Basalt bildet ein inniges, dicht erscheinendes Gemenge von Augit mit Plagioklas (meist Oligoklas) oder Nephelin oder Leucit. Als Neben-

bestandteile finden sich Magneteisen, Olivin, meist unbedeutliche Mengen Apatit u. a.

Dolerit enthält dieselben Bestandteile wie der Basalt, aber in deutlich kristallinisch-körnigem Gefüge.

§ 32. *Der verschiedene mineralogische Charakter der sauren und basischen Gesteine* muß natürlich auch in ihrer chemischen Zusammensetzung zum Ausdruck kommen. Die folgende Tabelle enthält den durchschnittlichen prozentischen Gehalt der hierher gehörigen Felsarten, wie er sich aus einer großen Anzahl von Gesteinsanalysen ergibt.

I. Saure Gesteine („Kiesel-ton-alkalische“ Gesteine).

	Granit	Gneis	Glimmer- schiefer	Porphyr
	%	%	%	%
Kieselerde (SiO_2)	72	70—80	69,5—82	74
Tonerde (Al_2O_3)	16	14	12—14	12—14
Kali (K_2O)	6,5	3,0	0,8—4,7	3—4
Natron (Na_2O)	2,5	2,0	0,4—4,0	4—5
Kalk (CaO)	1,5	2,6	0,7—2,7	1,5
Magnesia (MgO)	0,5	1,5	1,0	0,5
Eisenoxyde (FeO u. Fe_2O_3)	1,5	6	3,9	2—3
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,4—0,7	0,8	—	0,4

II. Basische Gesteine („Kiesel-ton-eisen-kalkige“ Gesteine).

	Diorit	Gabbro	Diabas	Melaphyr	Basalt	Dolerit
	%	%	%	%	%	%
Kieselerde (SiO_2)	51	35,7	47,5	56,8	43,0	50,6
Tonerde (Al_2O_3)	18,5	20,8	16,3	17,8	14,0	14,1
Kali (K_2O)	2,5	1,6	0,9	2,1	1,3	1,1
Natron (Na_2O)	3,0	3,3	3,1	2,6	3,8	2,2
Kalk (CaO)	7,5	9,2	11,0	7,0	12,1	9,2
Magnesia (MgO)	6,0	1,6	6,5	3,0	9,1	5,1
Eisenoxyde (FeO und Fe_2O_3)	11,0	8,6	12,5	6,6	15,3	16,0
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,04—1,24	?	1,3	0,16—0,3	0,5—1,1	0,03

Die Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung der sauren und basischen Gesteine, die die vorstehende Tabelle aufweist, treten besonders deutlich in der folgenden Zusammenstellung hervor. Es schwankt nach zahlreichen Analysen der prozentische Gehalt:

	bei den <i>sauren</i> Gesteinen	bei den <i>basischen</i> Gesteinen
	zwischen	zwischen
an Kieselerde	54 und 79 ‰	35 und 63 ‰
„ Tonerde	10 „ 23 „	10 „ 21 „
„ Kali	1,3 „ 8,0 „	0,1 „ 8,0 „
„ Natron	0,4 „ 9,0 „	0,2 „ 8,0 „
„ Kalk	0,1 „ 4,0 „	1,8 „ 15 „
„ Magnesia	0,1 „ 1,5 „	1,1 „ 11 „
„ Eisenoxyden	0,8 „ 7,0 „	4 „ 17 „

Die Anwesenheit von Quarz in den sauren Gesteinen spricht sich in deren höherem Kieselerdegehalt, die von Orthoklas und Glimmer in dem fast immer höheren Reichtum an *Kali* aus. Dagegen machen sich bei den basischen Gesteinen deren wesentliche Bestandteile, Augit und Hornblende, durch ihren größeren *Kalk*- und *Magnesiagehalt* bemerklich. Auch die Plagioklase, die von den Feldspaten vornehmlich an der Zusammensetzung dieser Gesteinsgruppe sich beteiligen, enthalten allermeist größere Mengen von Kalk und Magnesia, die den Gehalt der basischen Gesteine an diesen Stoffen noch vermehren.

§ 33.

Die Sedimentär-, Glazial- und äolischen Gesteine. Unter dem Einfluß gewisser Kräfte, die wir bei den Erörterungen über die Vorgänge der Bodenbildung eingehender zu besprechen haben werden, und unter denen die Wirkungen des fließenden Wassers und des schiebenden Eises eine besonders wichtige Rolle spielen, erleiden die Urgesteine eingreifende Umwandlungen, teils mechanischer, teils chemischer Natur. Sie werden in größere und kleinere Bruchstücke zertrümmert, diese werden vom Wasser fortgeführt, durch Aneinanderreiben zu immer feineren Teilen zermahlen und je nach ihrer Größe und ihrem spezifischen Gewicht bald früher, bald später abgelagert. Gleichzeitig hiermit gehen die chemischen Umwandlungen der Gesteinsgemengteile vor sich, die bereits früher bei der Besprechung des chemischen Verhaltens der Mineralien (§§ 16—29) angedeutet wurden. Auch die im Wasser gelösten Gesteinsbestandteile der Urgesteine (die leicht löslichen Chloride, Sulfate, Nitrate — s. o.) können unter Umständen aus ihrer wässrigen Lösung sich ausscheiden und zum Absatz gelangen. Die mannigfaltigen Produkte aller dieser Vorgänge bezeichnen wir als „Sedimentär-“ oder „Flözgesteine“. Charakteristisch für dieselben ist namentlich ihr Aufbau aus einzelnen, bisweilen ganz ver-

schiedenartigen, durch parallele Absonderungsflächen begrenzten *Schichten* oder *Bänken*, ferner das Vorkommen von Geröllen, die schon durch ihre Gestalt auf die Beteiligung des Wassers oder Eises an der Gesteinsbildung hindeuten, und das Auftreten von tierischen und pflanzlichen Resten. Je nachdem bei ihrer Entstehung hauptsächlich nur mechanische Kräfte in höherem oder geringerem Maße, oder außerdem noch chemische Umwandlungen wesentlich mitgewirkt haben, lassen sich die Flözgesteine in die folgenden Untergruppen einteilen.

1. Schutt, Geröll und Kiesmassen. Man versteht darunter Anhäufungen loser Gesteinstrümmen, die entweder als „Schutt“ noch in unmittelbarer Nähe ihres Muttergesteins lagern und in diesem Fall aus noch wenig veränderten, scharfkantigen Bruchstücken („Schutt“, „Schotter“) bestehen, oder, durch fließendes Wasser oder durch vorrückendes Eis (Gletscher, Moränen) von dem Ort ihrer Entstehung fortgeführt, noch weitere Zerkleinerung und eine äußere Abschleifung und Abrundung erfahren haben, ohne dadurch im Innern verändert zu sein (Geröll, Kies).

Soweit die Glieder dieser Gruppe der Tertiärformation angehören, bestehen sie nur aus wenigen Mineralien, unter denen Quarz, Glimmer, plastischer Ton vorwiegen. Eine außerordentliche Mannigfaltigkeit weisen dagegen, entsprechend ihrer Herkunft (s. u.), die zugehörigen Diluvialbildungen sowohl hinsichtlich der Gesteins- als der Mineralarten auf.

Werden die Gesteinstrümmen durch ein Bindemittel fest miteinander verkittet, so entstehen daraus *Konglomerate* (mehr aus Geröllen) oder *Breccien* (mehr aus Schutt).¹⁾

2. Sande, Grande, Sandstein. Die Sande können ebenso wie die soeben besprochenen Gesteine aus Mineralien der verschiedensten Art bestehen und unterscheiden sich von jenen hauptsächlich nur dadurch, daß sie die Gesteins- und Mineralbruchstücke in weit kleineren Individuen enthalten und daher nach dem äußeren Ansehen gleichförmigere Massen bilden. Da über ihre Entstehung längere Zeit vergangen ist, so sind dem Muttergestein schon viele leichter angreifbare Bestandteile entzogen worden. Der widerstandsfähigste Gemengteil hat sich in dem Rückstand besonders stark angehäuft, und es sind daher die meisten Sande besonders reich an Kieselerde („Quarzsand“). Neben dem Quarzsand enthalten aber fast alle

¹⁾ Wenn auch auf andere Weise entstanden, so schliessen sich diesen Gesteinen, ihrer äußeren Beschaffenheit nach, die Lava-Schlacken an, gröbere vulkanische Ausbruchprodukte („Lapilli“), deren Muttergestein meist Basalt oder Trachyt ist. Gleichzeitig werden häufig von Vulkanen feinkörnigere Produkte ausgeworfen, deren gröbere man als *vulkanische Sande*, deren staubförmige Teile man als *vulkanische Aschen*, oder, wenn sie für sich oder durch ein Bindemittel verkittet sich zu festen Massen aneinander gelagert haben, als *Tuffe* bezeichnet.

Sande und besonders, im Gegensatz zu den Tertiärsanden, die der Quartärformation (Alluvium und Diluvium, § 3) noch mehr oder weniger unzersetzte Gesteinstrümmer (Grande), nicht selten auch nachträglich eingeschlämte mineralische Bestandteile (Aluminium-, Eisen-, Calciumverbindungen) oder auch Rückstände pflanzlicher oder tierischer Natur.

Die Diluvialgrande pflegen um so reicher an Kalk und Feldspatmineralien zu sein, je gröber ihr Korn ist. Dementsprechend enthalten auch die Sande des Diluviums bis zu einer gewissen Grenze um so mehr Quarz, aber um so weniger Feldspat und Kalk, je feinkörniger sie sind. Dagegen steigt der Kalkgehalt in den allerfeinsten Teilchen wieder bis zu beträchtlicher Höhe („Mergelsand“).

Als *Spatsand* bezeichnet man einen an Feldspatkörnchen reichen, meist etwas kalkhaltigen, groben bis sehr feinkörnigen, als *Mergelsand* einen aus feinstem Quarz und anderem Gesteinsstaub bestehenden, oft bis 15 und mehr Prozent Calciumkarbonat enthaltenden Sand, der in feuchtem Zustande große Ähnlichkeit mit Ton besitzt, beim Austrocknen zwar etwas erhärtet, aber schon bei leichtem Druck zu Staub zerfällt. Durch Auswaschung des Kalks geht er in den durch Eisen oder andere Beimengungen meist rötlich gefärbten „Schlepp“ oder „Schluffsand“ über. Aufnahme von Ton wandelt ihn in „Fayencemergel“ um. Beide Sande gehören dem *Diluvium* an.

Die Sande des *Alluviums*, sowohl die vom Winde („Äolische“ Bildungen), als die durch die Tätigkeit des Wassers abgelagerten, unterscheiden sich von denen des Diluviums hauptsächlich durch das Fehlen von Kalk und durch gleichmäßigeren Körnung.

Die vom Winde verwehten besonders feinkörnigen, ton- und kalkarmen¹⁾ Sande, allermeist diluvialer Herkunft, werden *Flugsand* oder *Dünensand* genannt.

Vielfach gehen die Sande wieder in feste Gesteine über, indem ihre Körner durch ein Bindemittel verkittet werden. Das Produkt nennt man *Sandstein*. Derartige Rückbildungen der zertrümmerten Felsarten in feste Gesteine haben in den verschiedensten geologischen Perioden stattgefunden, und man findet daher Sandstein in zahlreichen Formationen vertreten (§ 3). Ihrem Vorkommen in den verschiedenen Formationen entsprechen z. B. die Benennungen: Silur-, Steinkohlensandstein, Buntsandstein, Keuper-, Lias-, Molassesandstein, während man den Sandstein der Kreideformation wegen seiner eigentümlichen Schichtung als „Quader-

¹⁾ In Flugsandhügeln vorkommende kalkreiche Bildungen sind von außen her eingeweht oder eingeschwemmt. (Reste von Schnecken- und Muschelgehäusen, ferner die sogenannten „Beinbruchsteine“, Überreste von Baumwurzeln, die das eingeschwemmte Calciumkarbonat in sich angehäuft und bei ihrer Vermoderung als eigentümliche röhrenförmige Gebilde zurückgelassen haben.)

sandstein“ bezeichnet. Neben dem Gehalt des Sandes an unzersetzten Gesteinstrümmern und nachträglich hinzugetretenen Stoffen (s. o.) ist die Art des Bindemittels, welches die Sandkörner zu Sandstein zusammenskittete, entscheidend für die Zusammensetzung des letzteren. Es kann aus Silicium-, Aluminium-, Eisen-, Calciumverbindungen und auch aus humosen Stoffen bestehen, und je nach seiner Natur unterscheidet man *kieseligen, tonigen, eisenschüssigen, kalkigen, Humus-Sandstein*. Eine Abart des Humus-Sandsteins bildet der *Ortstein* („Ur“, „Ahl“, in Frankreich: „Alios“, „Fuchserde“), eine meist wenig mächtige Sandsteinschicht von gröfserer oder geringerer Festigkeit, deren Entstehung darauf zurückzuführen ist, dafs organische, aus abgestorbenen Gewächsen, namentlich aus heidekrautartigen Pflanzen ausgelaugte Stoffe in den darunter liegenden Sand eingedrungen sind und dessen Körner verkittet haben.¹⁾

Die verschiedene Zusammensetzung der Sandsteine möge durch die folgenden Analysen belegt werden:

	Kieseliger Sandstein	Toniger Sandstein	Eisen-schüssiger Sandstein	Kalkiger u. toniger Sandstein	Ortstein
	%	%	%	%	%
Kieselerde (SiO ₂)	98,5	80,6	70,3	61,2	84,9
Tonerde (Al ₂ O ₃)	0,8	9,2	8,1	} 13,7	10,3
Eisenoxyde(FeO.u.Fe ₂ O ₃)	0,5	2,4	9,5		0,5
Kalk (CaO)	Spur	1,3	1,1	10,5	0—0,5
Magnesia (MgO)	0,24	1,3	0,3	0,6	0,2
Humose Stoffe	?	?	?	?	2,1—10
Kali (K ₂ O)	Spur	1,7	1,7	0,9	0,8
Natron (Na ₂ O)	Spur	1,4	1,9	0,8	1,0
Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	?	0,1	?	0,1	0,1
Kohlensäure (CO ₂)	—	—	—	7,3	—

3. Die Tone und Tongesteine unterscheiden sich von den bisher besprochenen Untergruppen namentlich dadurch, dafs sie im wesentlichen aus den staubfein verteilten Produkten tief eingreifender chemischer Zer-

¹⁾ Die Bezeichnung „Ortstein“ wird in verschiedenen Gegenden und auch von mineralogischen Schriftstellern für Naturerzeugnisse von offenbar verschiedener Herkunft und Art gebraucht. Manche Mineralogen (Senft, Credner, Klockmann) rechnen den Ortstein schlechtweg den Raseneisensteinen oder Limoniten (§ 24) zu, deren charakteristische Bestandteile *Eisenverbindungen* sind. Dagegen sind die hauptsächlich in Holland, Hannover, Schleswig-Holstein, Mecklenburg auftretenden, nach neueren Untersuchungen aber auch im Buntsandsteinboden und im Granitboden des Schwarzwaldes vorkommenden Ortsteinbildungen nicht selten ganz eisenfrei, so dafs sie beim Glühen zu feinem weifsen Sande zerfallen.

setzungen der ursprünglichen Gesteine bestehen. Ihr Hauptbestandteil ist stets Aluminiumsilikat, das aber fast immer von größeren oder geringeren Mengen unverbundener Kieselerde (Quarzsand) und anderen mehr oder weniger veränderten Bestandteilen des Muttergesteins begleitet ist. Je mehr die Nebenbestandteile, z. B. feiner Quarzsand, Glimmerblättchen, Eisenhydroxyd vorwiegen, um so mehr verliert der Ton die den Kaolin auszeichnende Eigenschaft der Plastizität (§ 16). Betragen die Nebenbestandteile 70—80 % der Gesteinsmasse, so bezeichnet man sie als *Lehm*. „Geschiebe“- oder „Block“-lehm nennt man einen durch Auswaschung des Kalks aus dem Geschiebemergel (s. u. No. 5 a) hervorgegangenen, fast stets ungeschichteten, bisweilen mehr tonigen, meist aber stark sandigen, kleinere und größere Steine und Blöcke einschließenden, „Löfsléhm“ einen ebenso aus ursprünglich kalkreichem Löfs (s. u. No. 5 b) entstandenen, sehr feinkörnigen Lehm. Tonablagerungen gehen sehr häufig, wahrscheinlich unter dem Druck darüber befindlicher Wasser- oder Gesteinsmassen, in feste Gebirgsarten (*Tongestein*) über, die man, wenn sie zwar ausgesprochen schiefrig, dabei aber noch nicht sehr fest sind, „Schiefer-ton“, wenn sie bei deutlich schiefrigem Gefüge grobe Härte besitzen, „Tonschiefer“ nennt. Als „Bänderton“ bezeichnet man schiefrige Tonabsätze aus Gletscherschmelzwässern (s. u.), die bisweilen durch die verschiedene Körnigkeit und Färbung der „Bänder“ („Jahresringe“) die Jahreszeit ihrer Entstehung erkennen lassen. Nur schwache Schieferung zeigt der *Letten*, ein zäher, dabei häufig an sehr feinem Sande reicher, beim Austrocknen steinartig erhärtender, im Wasser allmählich zerfließender Ton. Tongestein findet sich in allen Formationen, namentlich vom Jura an; die Tone kommen hauptsächlich in der Tertiärformation, aber auch im Diluvium und Alluvium vor.

Unter den Tonen des Alluviums unterscheidet man zwischen dem aus *stehendem* Wasser abgeschiedenen, gröberen Sand kaum enthaltenden, an Calciumkarbonat oft reichen *Wiesenton* (im Untergrunde mancher Moore) und dem aus *langsam fließendem* Wasser abgesetzten *Flufston* oder *Schlick* in den Niederungen und Deltabildungen der norddeutschen Ströme. Mit der Flufsgeschwindigkeit der Gewässer, woraus der Absatz erfolgte, nimmt der Gehalt des Schlicks an gröberen Teilen zu. Grobsandige Schlicke bezeichnet man als *Flufsléhm*. Die Flufstone und Lehme sind im Gegensatz zu dem Seeschlick (s. unter No. 5 c) Nordwestdeutschlands frei von Calciumkarbonat, falls solches nicht aus den Talrändern nachträglich eingeschwemmt worden ist.

Je nach dem Gehalt an Nebenbestandteilen schwankt die Zusammensetzung der Tone und Tongesteine in ziemlich weiten Grenzen, wie die folgenden, einer größeren Anzahl von Analysen entnommenen Grenzzahlen dartun.

	Ton- schiefer %	Schiefer- ton %	Ton %
Kieselerde (SiO_2)	46—75	59—73	49—77
Tonerde (Al_2O_3)	24—10	26—16	30—11
Kali (K_2O)	1,6—3,5	1,4—3,2	Spur—4,7
Natron (Na_2O)	0,5—3,4	0,3—0,8	Spur—2,7
Kalk (CaO)	0,2—5,2	0,1—1,2	0,4—4,4
Magnesia (MgO)	0,6—3,6	0,3—0,9	0,2—5,9
Eisenoxyde (FeO und Fe_2O_3)	19—1,7	1,0—5,6	7,2—1,0
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,1—0,8	0,5	Spur—2,1

Je nach der geringeren oder größeren Beimengung von Nebenbestandteilen bezeichnet man den Ton als „fett“ oder „mager“.

4. *Die Kalkgesteine.* Auch diese Gesteine sind das Produkt einer weitgehenden Zersetzung der plutonischen Gesteine. Wie früher (§ 31) dargelegt wurde, enthält eine Gruppe der Eruptivgesteine, die wir als „basische“ Gesteine bezeichneten, gröfsere Mengen von Calciumsilikat. Bei ihrer Verwitterung wandelt sich ein Teil des kieselsauren Calciums in kohlsaures Salz um, das sich in kohlsäurehaltigem Wasser als saures Karbonat löst und so in die natürlichen Gewässer gelangt. Sobald aus diesen Kohlendioxyd abdunstet oder von Wasserpflanzen aufgenommen wird, scheidet sich ein entsprechender Teil des Calciumsalzes als normales Karbonat ab (§ 18). Mannigfache tierische Wesen ferner, die kohlsaures Calcium zum Aufbau ihres Knochengerüsts, ihrer Gehäuse usw. gebrauchen, nehmen es aus seiner Lösung auf und hinterlassen es nach dem Absterben vermischt mit ihren sonstigen Resten. Da in dem Muttergestein der Kalksteine allermeist auch gröfsere Mengen von *Magnesium* vorkommen, so findet neben der Abscheidung von Calciumkarbonat nicht selten auch eine solche von kohlsaurem Magnesium statt, und es entsteht ein Absatz von *Dolomit* oder *dolomitischem Kalk* (§ 17, 3). Unter dem Druck dartüberlagernder Wasser- oder Gebirgsmassen haben sich die zuerst breiigen Absätze zu *Kalkstein* verdichtet. Die wahrscheinlich ohne Mitwirkung lebender Organismen gebildeten Kalksteine gehören meist den ältesten Gebirgsformationen an und besitzen ein kristallinisch-körniges Gefüge (Marmor). An der Bildung der den jüngeren Formationen angehörigen Kalkablagerungen haben wohl allermeist pflanzliche oder tierische Lebewesen mittelbar oder unmittelbar mitgewirkt, indem sie dem calciumkarbonathaltigen Wasser Kohlendioxyd und damit das lösende Agens entzogen (§ 18) und so das normale Salz zum Absatz brachten oder das

letztere in ihren Organen aufspeicherten.¹⁾ Sie pflegen sehr feinkörnig oder feinerdig zu sein und zahlreiche Reste der Lebewesen zu enthalten, die an ihrer Bildung tätig gewesen sind. Die Namen *Muschelkalk*, ferner „Terebratel-“, „Enkriniten-“, „Korallen-“, „Nummulitenkalk“ (das Baumaterial der Pyramiden) u. a. sind den Organismen entnommen, deren Überbleibsel man am häufigsten in ihnen findet, und die einst zur Anhäufung des Karbonates beigetragen haben. Auch die *Kreide*, ein erdiger, weicher Kalkstein, ist so reich an Schalen kleiner Tiere (Foraminiferen, Polythalamien), daß man sie vielfach als ein Produkt tierischer Tätigkeit ansieht. Der die tieferen Schichten des Muschelkalks bildende *Wellenkalk* tritt in dünnen gefalteten Schiefern auf und besteht ebenso wie der im oberen Muschelkalk vorkommende *Schaumkalk* nicht selten aus fast reinem Calciumkarbonat. Der *Kalktuff* (in Italien als Travertin bezeichnet), ein Glied des Alluviums oder des Diluviums, bildet poröse, feste, oft in mächtigen und umfangreichen Lagern auftretende, nicht selten Pflanzen- und Tierreste einschließende und von Eisen- oder Manganbeimengungen mehr oder weniger intensiv gefärbte Massen von hohem, 90 % erreichenden Calciumkarbonat-Gehalt, die auch als Baustein benutzt werden.

Zahlreiche an ihrer Entstehung beteiligte Organismen pflanzlicher und tierischer Natur pflegen die Süßwasserablagerungen von *kreidigen Wiesenkalk* (in Süddeutschland „Alm“ genannt) zu enthalten. Sie häufen sich vielerwärts auf dem Grunde von Landseen an und bilden nach deren Vertorfen den Untergrund der entstehenden Moore. Nicht selten ist der Wiesenkalk mit größeren Mengen von eingeschwemmtem Ton durchsetzt („Wiesenmergel“); auch kann die Beimengung von pflanzlichen Resten so stark sein, daß er dadurch eine dunkle Färbung erhält („Kalkmoor“, „Moormergel“).

Zusammensetzung der Kalkgesteine. Charakteristisch für die Beteiligung tierischer und pflanzlicher Lebewesen an der Bildung aller dieser Kalke ist auch deren größerer oder geringerer Gehalt an *Phosphorsäure*. Je nach dem Vorkommen in den verschiedenen Gebirgsformationen spricht man von „Urkalk“, „Silur-“, „Devonkalk“, von Muschelkalk, Jurakalk, Kreide, Süßwasserkalk usw. Über die prozentische Zusammensetzung verschiedener Kalkgesteine mögen die folgenden Zahlen Auskunft geben:

(Siehe die Tabelle auf S. 61.)

Finden die Kalkausscheidungen aus natürlichen Wässern gleichzeitig mit der Ablagerung von Ton und Sand statt, oder setzt sich das Calciumkarbonat aus Wasser ab, welches tonige und sandige Massen durchströmt,

¹⁾ In hervorragendem Grade besitzen z. B. diese Fähigkeit die in stehenden Gewässern lebenden Characeen („Armleuchtergewächse“ oder „Wassersterne“), die in ihrer Trockenmasse bis zu 50 % aus Calciumkarbonat bestehen können.

	Dolomit und dolomitischer Kalk %	Kalkstein aus verschiedenen Formationen %	Kreide (weifse) %	Wiesenkalk und Wiesen- mergel des Alluviums %
Calciumkarbonat	54—63	83—98	80—99	50—88
Magnesiumkarbonat	45—19	4—0,3	2,2—0,1	1,0—Spur
Ton	0,1—2,9	0,3—3,5	wenig	1—30
Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	—	0,1—0,8	0,1—0,2	Spur—0,3
Organische Stoffe	—	wenig	wenig	bis 9,5

so entstehen innige Gemische von kohlensaurem Calcium, Ton und Sand, die sogenannten

5. *Mergel*,¹⁾ die man, je nachdem dieser oder jener Bestandteil besonders stark vertreten ist, als *Kalkmergel*, *Tonmergel*, *Lehmmergel* oder *Sandmergel* bezeichnet. Bei den üblichen Benennungen ist die Abgrenzung der verschiedenen Mergelarten meist eine sehr willkürliche. Einen über 60 % Calciumkarbonat enthaltenden Mergel pflegt man als „Kalkmergel“ zu bezeichnen. Bei „Tonmergel“ setzt man einen Tongehalt von mindestens 40 %, bei „Lehmmergeln“ einen solchen von etwa 20 bis 40 % und einen hohen Sandgehalt voraus, während bei den „Sandmergeln“ der Tongehalt sehr zurück- und dafür der Sand in den Vordergrund tritt. Dabei kann bei den letztgenannten Mergeln der Gehalt an Calciumkarbonat auf 10 % und noch tiefer sinken.

5a. Unter den Mergeln nimmt, weniger durch seine chemische Zusammensetzung, als durch die besondere Art seiner Entstehung, der *Geschiebemergel*, auch „Diluvial-“ oder „Moränenmergel“, eine besondere Stellung ein. Er ist, wie unten (§ 37) näher dargelegt werden wird, die durch Verschwemmungs-, Verwehungs- und Verwitterungsvorgänge mehr oder weniger veränderte, aber noch nicht ihres ursprünglichen Kalkgehaltes beraubte²⁾ Grundmoräne des Inlandeseis der Diluvialzeit (s. außerdem § 3), gehört also den glazialen Gebilden an. Er besteht aus großen,

¹⁾ Auch die Mergel finden sich in vielen, namentlich aber in den mittleren und jüngeren Gesteinsformationen der Erdrinde (s. § 3). So der „bunte Mergel“ oder „Rüt“ im Buntsandstein, der oft steinartig erhärtete, aber allmählich zerfallende „Keupermergel“, der „Mergelschiefer“ des Jura, die „Plänermergel“ der Kreide, die „Septarienmergel“ der Tertiärformation (das Muttergestein der wertvollen Weinbergsböden von Hattenheim, Eltville, Hochheim), die Geschiebemergel des Diluviums (s. u.) usf.

²⁾ Der durch Auswaschung entkalkte, noch tonhaltige Rückstand des Geschiebemergels wird als *Geschiebelehm* (S. 58), der an Ton und meist auch an Kalk arme Rest des Geschiebemergels als *Geschiebesand* bezeichnet.

kleineren und kleinsten Bruchstücken sämtlicher die Oberfläche Schwedens und Finnlands bildenden Gesteine, im Gemenge mit dem beim Vorrücken des Eises vom Küstengebiet der Ostsee mitgeschleppten Steingeröll aus den ältesten und aus den der Diluvialzeit unmittelbar vorhergehenden geologischen Perioden. Im Gegensatz zu den darunter anstehenden höchst einförmigen Bestandteilen des Tertiärs besteht also der Geschiebemergel aus Gebilden von größter Mannigfaltigkeit, nicht nur nach Korngröße, sondern auch nach mineralogischem Charakter. Abweichend von den meisten Ablagerungen aus fließendem Wasser zeigt er keine geschichtete Lagerung.

So verschiedenartig seine Bestandteile (im wesentlichen Feldspat, Quarz, Kalk, Ton) unter sich sind, so weisen doch die Geschiebemergel der verschiedenen Örtlichkeiten, wenigstens in Norddeutschland, allermeist eine auffällige Gleichmäßigkeit in ihrem Gehalt an grandigen, sandigen und tonigen Teilen auf.

An ihrer Zusammensetzung beteiligen sich

	die grandigen Teile	die sandigen Teile	die tonigen Teile
mit etwa	1—5	60—70	30—40 0/0.

Die Hauptmasse bildet hiernach der Sand, der aber immer mit größeren oder geringeren Mengen von Ton durchsetzt ist.

Der Gehalt der Geschiebemergel an *Calciumkarbonat* schwankt gewöhnlich zwischen 6—12 0/0, kann aber bis auf 3 0/0 heruntergehen und bis auf 20 0/0 ansteigen. Er ist am größten in den weniger verwitterten grobgrandigen Gemengteilen, am kleinsten im Sand, und steigt dann wieder in den tonigen Teilen.

Der Gehalt an *Kieselerde* (Quarz) überwiegt in den sandigen Bildungen um so mehr, je feinkörniger sie sind.

Der *Feldspat* und die — stets in weit geringeren Mengen vorhandenen — sonstigen Silikate herrschen ebenso wie das kohlen saure Calcium in den grobgrandigen Teilen vor und sinken in den Sanden, aber nicht unter 2—3 0/0.

Diese Verhältnisse sind für die Beurteilung der aus dem Geschiebemergel hervorgegangenen Böden von größter Bedeutung (s. u.).

Auf den geologischen Karten des norddeutschen Flachlandes unterscheidet man zwischen *unterem* und *oberem* Geschiebemergel. Der untere Geschiebemergel ist durch beigemengte organische Bestandteile meist dunkelgrau und braun gefärbt, der obere erscheint gewöhnlich gelblich und ist infolge seiner geringeren Mächtigkeit durch stärkere Auswaschung kalkärmer geworden. Unter der abschwemmenden Wirkung des Wassers ist aus dem nicht geschichteten Diluvialmergel bisweilen ein von Geschieben freier, an Kalk weit reicherer und Schichtung aufweisender Ton- oder Kalkmergel hervorgegangen (z. B. Mergel von Westerwehe im Lüneburgschen).

5b. Derselben geologischen Periode entstammt endlich noch ein hierher gehöriges Gestein, das seine Entstehung höchstwahrscheinlich zum Teil wäsrigen Absätzen, zum Teil den durch die Gewalt des Windes aufgewirbelten Gesteinsstaubmassen verdankt, das ist der *Löfs*. Er bedeckt besonders in regenarmen Gegenden ebene und geneigte Bodenflächen, füllt nicht selten in mächtigen bis 100 und mehr Meter betragenden Schichten tiefe Täler und Bodensenkungen aus. Er stellt auch das feinste Zerreibungsprodukt der norddeutschen Diluvialgletscher, ein hauptsächlich aus Calciumkarbonat, Quarzsand und Tonteilchen meist von sehr feiner und gleichmäßiger Verteilung¹⁾ bestehendes, nicht selten sehr humusreiches und mehlig abfärbendes Gemenge dar, worin der Ton aber so weit zurücktritt, daß es dessen charakteristische Eigenschaft der Formbarkeit nicht besitzt. Durch Auslaugung des Kalkgehaltes geht er in *Löfs-lehm* über.

Die folgende Tabelle gibt die *prozentische Zusammensetzung* einiger Mergelarten und Löss wieder:

	Kalk- mergel	Ton- mergel (Westfalen Kreis Ahaus)	Lehm- mergel (Westfalen Kreis Herford)	Sand- mergel (Westfalen Kreis Borken)	Unterer Ge- schiebe- mergel ²⁾ (Mark)	Löfs
	%	%	%	%	%	%
Calciumkarbonat	84,1	27,6	25,0	24,2	} 19,1	10—29
Magnesiumkarbonat	1,1	1,2	1,6	1,2		9—2
Ton	—	45,7	23,7	4,8	9,6	} 75—44
Sand	0,1	14,2	24,7	66,0	71,1	
Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	0,04	?	?	0,8	?	0,1—0,5

5c. Als einen Lehmmergel kann man den dem Alluvium angehörigen, noch fortwährend sich bildenden *Seeschlick* oder „Seeklei“, das Bildungsmaterial des „Marschbodens“ (s. u. „Verschwemmung“ sowie „Kuhlerde“) und eines der vortrefflichsten Verbesserungsmittel für Sand- und Moor-

¹⁾ In den tieferen Lössschichten bisweilen vorkommende eigentümliche Kalkgebilde tragen den Namen „Löfsmännchen“, „Löfskindl“ oder „Mergelnieren“.

²⁾ Im Geschiebe-(Lehm-)mergel findet sich der Kalk zum Teil in Form von dichtem Kalkstein oder Kreide, zu einem sehr großen Teil aber in sehr feiner Verteilung. Diesem Umstand und dem hohen Gehalt des „Sandes“ an feinem kalireichen Gesteinsstaub ist vielleicht die besonders günstige Wirkung dieser Mergel als Meliorationsmittel zum Teil zuzuschreiben.

boden ansehen. Nach Untersuchungen der *Moor-Versuchs-Station* wurden gefunden in trockenem¹⁾ Seeschlick von der

	Emsmündung %	Wesermündung %	Elbmündung %
Calciumkarbonat (CaCO ₃)	10,45	8,25	7,72
Kali (K ₂ O)	2,60	1,97	2,22
Magnesia (MgO)	2,22	1,61	1,57
Eisenoxyd und Tonerde (Fe ₂ O ₃ , Al ₂ O ₃)	19,72	?	16,74
Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	0,20	0,20	0,13
Kieselerde (SiO ₂)	54,53	65,18	61,04
Stickstoff	0,28	0,32	?

Der nicht unbedeutende Stickstoffgehalt ist fast ausschließlich in organischen Verbindungen (Pflanzen- und Tierresten) vorhanden. Außerdem enthält der frisch abgesetzte Schlick Chloride und Sulfate des Meerwassers, Eisenoxydul und Einfachschwefeleisen (FeS). Abgesehen von der größeren oder geringeren Beimengung von Sand (Kieselerde) sind die an der Mündung der drei Flüsse abgesetzten Schlickmassen fast gleich zusammengesetzt. Bei längerem Lagern erleidet der Seeschlick durch chemische Umsetzungen und durch Auswaschung mannigfache Veränderungen. Er wird ärmer an den leicht löslichen Seesalzen und an kohlensauren Verbindungen. Das Einfachschwefeleisen setzt sich zu freiem Schwefel und Eisenoxyd um und dieses sowie das aus Eisenoxydul hervorgehende Eisenoxyd gibt dem Material eine rötliche Färbung. Ist damit eine erhebliche Abnahme an Pflanzennährstoffen verbunden, so wird er in manchen Gegenden als „Knick“ bezeichnet. Über die verhängnisvolle Bildung von Eisenkies im Seeschlick s. u.

Von zwei weiteren gleichfalls dem Alluvium zugehörigen Mergelarten, dem *Wiesenmergel* und dem *Moormergel*, ist bereits im Anschluss an den Wiesenkalk unter 4. die Rede gewesen. Desgleichen ist der in verschiedenen Formationen vorkommenden Sedimente von Steinsalz und anderen Salzen des Meerwassers schon gelegentlich der Erörterungen über Sulfate und Chloride (§ 21—26) gedacht worden. Weiteres darüber s. u. unter Salzablagerung.

Eine andere, von vielen Geologen gleichfalls den Sedimentärgesteinen zugerechnete Bildung, der Torf, soll erst in einem späteren Kapitel abgehandelt werden.

¹⁾ Der frisch abgelagerte Schlick enthält sehr große Wassermengen (bis 70 %). Nach oberflächlichem Abtrocknen bildet er eine „speckige“ Masse. Bei stärkerem Austrocknen und namentlich unter der Einwirkung des Frostes zerfällt er zu kleinen Krümeln. Erst in diesem Zustand findet er als Meliorationsmittel Verwendung.

Kapitel II.

Die Vorgänge bei der Bodenbildung.

Schon bei der Besprechung der gesteinbildenden Mineralien und mehr noch der sedimentären oder Flözgesteine wurden einige der mächtigsten Faktoren angedeutet, die unablässig an der Umwandlung der harten Erdrinde in eine lose, lockere, für die Hervorbringung von Pflanzen geeignete Erdmasse, mit einem Wort, in „Boden“ tätig sind. Ihre Natur und ihr Walten eingehender zu erörtern ist die Aufgabe dieses Kapitels.

Die bei der Bodenbildung beteiligten Kräfte sind teils mechanisch, teils chemisch, teils biologisch wirkende.

A. Mechanische Vorgänge bei der Bodenbildung.

§ 34.

Temperaturänderungen. Bei steigender Temperatur vergrößern, bei sinkender vermindern mit wenigen Ausnahmen alle Körper ihr Volum, und zwar sowohl je nach dem stärkeren oder schwächeren Ansteigen und Sinken der Wärme, als auch nach ihrer verschiedenen Beschaffenheit in verschiedenem Maße. Bei gleichartigen Körpern dehnt sich die stärker erwärmte Oberfläche mehr aus, als das schwächer erwärmte Innere, in Körpern, deren Masse verschiedenartige Bestandteile enthält, auch bei gleichmäßiger Durchwärmung der eine Gemengteil mehr als der andere. Hierdurch werden bei Gesteinen, die sehr starken Temperaturschwankungen ausgesetzt sind, im Innern Zerrungen und Pressungen hervorgerufen, die eine um so stärkere Lockerung des Zusammenhanges zur Folge haben, je ungleichmäßiger die Erwärmung derselben und je verschiedenartiger ihre Bestandteile sind. Es entstehen in dem festen Gestein Risse und Spalten, die anderen Agenzien Zugang und Gelegenheit verschaffen, ihre zerstörende Tätigkeit auf das Innere des Gesteins auszudehnen.

§ 35. Die Ausdehnung des Eises. Haben sich erst durch irgendwelche Einwirkungen in einem Gestein Spalten gebildet, in denen Wasser sich ansammeln und zum Gefrieren kommen kann, so ist ein weiteres höchst wirksames Moment zur Zerstörung des festesten Gesteins gegeben. Beim Gefrieren dehnen sich 100 Raumteile Wasser auf 109 Raumteile Eis aus, und dadurch wird eine immer stärkere Erweiterung der Gesteinsspalten,

und schliesslich eine Loslösung gröfserer und kleinerer Bruchstücke vom Muttergestein herbeigeführt.

§ 36.

Die mechanischen Wirkungen des bewegten Wassers und Eises, sowie des Windes. Dieselben sind einerseits auf die *Zertrümmerung der festen Gesteinsrinde*, andererseits auf die Fortführung der Gesteinsbruchstücke nach anderen Stellen gerichtet. Die letzteren Vorgänge bezeichnet man als *Verschwemmung, Transport* und *Verwehung*. Wir betrachten zunächst die *zerstörende* Tätigkeit der drei Faktoren.

Zertrümmerung. Dafs dem unablässig fallenden Tropfen auch das härteste Gestein nicht widersteht, ist eine viel beobachtete und schon in alten Zeiten sprichwörtlich verwertete Erscheinung. Die dadurch hervorgerufenen napfartigen Aushöhlungen können sich unter dem Stofs gröfserer fallender Wassermassen zu tiefen Löchern und Höhlen erweitern, desgleichen nagt sich das fliefsende Wasser allmählich in den unterlagernden Fels hinein, Löcher, Rinnen und schliesslich Täler hervorbringend, die um so tiefer werden, je gröfser die Wassermasse, je stärker ihr Gefälle, je weicher das angegriffene Gesteinsmaterial ist. Die Rinnenbildung gibt dem hindurchströmenden Wasser Gelegenheit, seine erodierenden Wirkungen auf die Ufer des Rinnsals auszudehnen, das anstofsende Gestein zu unterwühlen, sein Nachstürzen und seine Zertrümmerung zu veranlassen.

Eine ähnliche Wirkung übt das durch Ebbe und Flut und durch Wind bewegte *Meereswasser* auf die küstenbildenden Gebirgsarten aus. Sie wird um so eingreifender sein, je höher der Wellenschlag (man hat Wellen von 18 m Höhe beobachtet), je steiler das Ufer, je weicher und zerklüfteter das Küstengestein ist. Während man an manchen, aus besonders widerstandsfähigem Gestein bestehenden Meeresküsten in absehbarer Zeit kaum eine Veränderung wahrnimmt, ist z. B. für die Küste von Norfolk und Suffolk (England) ein jährliches Abnagen von 1 m und mehr landeinwärts festgestellt worden. Ungleichmäfsige Beschaffenheit des Gesteins, namentlich Wechsel zwischen leichter und schwerer angreifbaren Gesteinsteilen begünstigt die Zerstörung. Durch Erosion der weicheren Partien werden die widerstandsfähigeren in Form von Platten, Säulen, Nadeln blofsgelegt und unterliegen dann leichter dem nagenden Einfluss des Wassers (Küste von Helgoland).¹⁾

Wesentlich verstärkt wird die zerstörende Wirkung des bewegten Wassers durch die losgelösten Gesteinsbruchstücke, Schutt, Geröll, Kies und Sand, die, vom Wasser fortgerissen, mit kräftigem Stofs auf das an-

¹⁾ Helgoland, dessen Gröfse jetzt etwa $\frac{1}{100}$ Quadratmeile beträgt, soll vor etwa 1000 Jahren noch $1\frac{1}{2}$ Quadratmeilen groß gewesen sein.

stehende Gestein aufprallen oder dieses durch Reibung allmählich zerschleifen.¹⁾ Steinen, die durch fließendes Wasser in wirbelnder Bewegung gehalten werden, ist auch die Entstehung jener eigentümlichen, oft in das härteste Gestein eingebohrten Höhlungen zuzuschreiben, die man als „Riesentöpfe“ („Gletschertöpfe“, „Gletschermühlen“) zu bezeichnen pflegt.

Als ein nicht minder gewaltiges Werkzeug zur Zerstörung der Gesteinsmassen ist das Wasser im festen Zustande, das *Eis*, anzusehen. Die vom Wasser gegen den Felsen getragene Eisscholle höhlt diesen in gleicher Weise wie das vom Wasser getriebene Felsstück durch Stofs und Reibung. Weit mächtiger aber ist die Wirkung der großen Eisströme, die von den Kuppen unserer höchsten Gebirge unter dem Druck des sich immer erneuernden Firnschnees und Firneises²⁾ unablässig den Tälern der Tiefe zu sich fortschieben und in ihrem Laufe Unterlage wie Ufer ritzen, zerschleifen und zerbröckeln. Diese Eisströme sind die *Gletscher*.

Endlich ist auch dem *Winde* ein bisweilen nicht unerheblicher Einfluss auf die Zernagung festen Gesteins zuzuerkennen. Wie es der neueren Technik gelingt, mittels feinen Sandes, der durch einen kräftigen Luftstrom gegen Glasplatten getrieben wird („Sandgebläse“), in diese die mannigfaltigsten Figuren hinein zu „nagen“, so wirken die vom heftigen Winde — er kann bis 28 m in der Sekunde zurücklegen — bewegten Sand- und Staubteilchen zerreibend zunächst auf die weicheren Teile eines Gesteins ein, zerstören so seinen Zusammenhang und führen Zerklüftungen und Abstürze herbei.

Bisher war nur die Rede von der *zerstörenden* Wirkung, die bewegtes Wasser, Eis und Wind auf das anstehende, d. h. noch einen integrierenden Teil der festen Erdrinde bildende Gestein ausüben. Weit eingreifendere Veränderungen erleiden aber die vom Wasser und Eis mitgeführten Gesteinstrümmen. Je stärker das Gefälle des Wasserlaufes, um so mehr zerreiben sich die fortgerissenen Bruchstücke gegenseitig und an

¹⁾ Auffällige Beispiele für die aushöhlende Gewalt des mit Steinschutt beladenen Wassers bieten die steilen, engen Täler der sächsischen Schweiz, die „Klammern“ der Bayrischen und Österreichischen Alpen, ferner die Schluchten des Koloradoflusses in den nordamerikanischen Staaten Utah und Arizona. Hier hat der Fluß durch die Sedimentärformationen hindurch in den darunter lagernden Gneis sich eine 1000—1800 m tiefe Furche („Cañon“ oder „Coulée“) mit zahlreichen Nebenschluchten eingeschnitten.

²⁾ *Firn* oder *Firnschnee* nennt man die aus den Flocken des Hochschnees durch Verschmelzung und nachfolgendes Zusammenfrieren entstandene, von zahlreichen Luftbläschen durchsetzte körnige Masse. Durch den Druck der oberen Firnmassen auf die darunter liegenden verdichten sich diese zu *Firneis* und schließlich zu *Gletschereis*.

den Wänden des Flußbettes zu immer kleinerem Geröll und schließlich zu feinem Schlamm.

Auch die Gletscher nehmen bei ihrem Vorrücken zahlreiche Gesteinstrümmer, nicht selten mächtige Blöcke mit sich, die entweder durch den Druck des Eises von der unebenen Gletschersohle losgelöst werden, oder, von den den Gletscher seitlich begrenzenden Felsmassen durch Spaltenfrost (s. o.) abgetrennt, auf den Gletscherrand stürzen und die *Seitenmoränen*¹⁾ des Gletschers bilden. Geraten diese, zunächst scharfkantigen Schuttgesteine durch die bei verschiedenen Veranlassungen sich bildenden Gletscherspalten auf die Sohle des Gletschers oder zwischen diesen und seine felsigen Ufer, so werden sie allmählich zermalmt, in abgerundetes Geröll und in einen feinen Schlamm umgewandelt und von den aus dem Gletscher austretenden Schmelzwässern weiter fortgeführt. (Weiteres darüber s. u.)

§ 37. Verschwemmung, Transport, Verwehung. Die aus dem Gebirge in die Ebene eintretenden *Wasserrläufe* verlieren allmählich immer mehr an Stromgeschwindigkeit und damit an Stofs- und Tragkraft für die mitgeführten Gesteinstrümmer. Je größer die letzteren sind, um so früher lagern sie sich ab, die Talsohle erhöhend, so lange, bis der Wasserlauf im alten Bette nicht mehr Platz findet, zudem aufgestaut durch selbstgeschaffene Gesteinsbarren, über seine natürlichen Ufer tritt und die angrenzenden Flächen mit Geröll, Kies und Sand überschüttet. Je *feiner* die im Wasser schwebenden Gesteinsreste sind, und je geringer ihr *spezifisches Gewicht*, um so länger werden sie im Wasser „schwebend“ („suspendiert“) erhalten, um so weiter können sie von ihrer Ursprungsstätte fortgetragen werden, bis auch sie infolge der sich mehr und mehr verlangsamenden Stromgeschwindigkeit im Flußgebiete selbst oder in den den Fluß aufnehmenden Seen und Meeren zum Absatz gelangen. Den bei der Verschwemmung hauptsächlich in Betracht kommenden Gesteinselementen kommt etwa folgendes *spezifisches Gewicht* zu:

Eisenkies	Augit	Apatit	Glimmer	Feldspate	Zeolithe
	Olivin		Chlorit	Nephelein	Kaolin
	Epidot		Magnesit	Serpentin	
	Hornblende		Dolomit	Quarz	
				Kalkspat	
5—5,25	2,9—3,5	3—3,25	2,8—3,1	2,5—2,75	2—2,25.

¹⁾ Als „End-“ oder „Stirnmoräne“ pflegt man die Schutt- und Geröllmassen zu bezeichnen, die beim Abschmelzen des Gletschers an seiner tiefsten Grenzlinie auf das darunter liegende Gestein stürzen und oft mächtige Wälle bilden. „Mittelmoräne“ nennt man die bei der Vereinigung zweier Gletscherströme aus den beiden einander zugewandten Seitenmoränen sich zusammensetzende Schuttinsel; „Grundmoräne“, die unter dem Gletscherstrom befindliche lose Gesteinsmasse.

Wenn hiernach die spezifischen Gewichte der Mineralien, abgesehen von dem Eisenkies, auch nicht in weiten Grenzen schwanken, so lassen obige Zahlen doch darauf schliessen, dass die *tonigen* Gesteinsreste sich länger im Wasser schwebend erhalten können, als die aus den übrigen Mineralien und namentlich aus Quarz bestehenden *Sande*.¹⁾ Ganz besonders aber wird die Ablagerung der ersteren erschwert durch die äusserst feine Verteilung und die Kolloid-Eigenschaften der Tonteilchen. (Näheres darüber unten.) Dennoch kommen auch diese allmählich zum Absatz, wenn die Stromgeschwindigkeit durch irgend welche Umstände, z. B. durch Gegenströmungen oder durch gehinderten Rückfluss des Wassers nach Überschwemmungen, gemindert wird. Innerhalb des Flussgebietes bilden sich dann durch die stattfindenden Ablagerungen die *Flufsmarsch*- oder *Aueböden*. An der Mündung der Flüsse in das Meer tritt zu der den Flusslauf zur Ruhe bringenden Wirkung der *Flut* noch der Einfluss, den die Salze des Meereswassers auf die Flockung und das Niederfallen der suspendierten Tonteilchen ausüben (§ 16). Die an der Mündung der Flüsse in die See sich ablagernden Sinkstoffe (Seeschlick § 33, 5 c) bilden dort „Barren“, „Watten“, *Seemarschboden*²⁾ und geben unter gewissen Umständen, deren Erörterung uns hier zu weit führen würde, Veranlassung zur Entstehung von „Flusddeltas“. Alle diese noch fortdauernd unter Mitwirkung der Flüsse (und des Windes, s. u.) sich bildenden Ablagerungen rechnet man zum *Alluvium* (§ 3).³⁾

Ebenso wie das fließende Wasser „transportiert“ das Gletschereis große Steinmassen verschiedenster Art von der Höhe der Berge in die Täler hinab, teils wenig verändert als scharfkantige Bruchstücke, teils zu feinem Staub und Schlamm zermahlen (s. o.), der dann von dem Schmelzwasser aufgenommen und weiter verschwemmt wird. Noch zu unserer Zeit ist diese abtragende Tätigkeit der Gletscher eine sehr be-

¹⁾ Eine Folge der durch das fließende Wasser bewirkten „Entmischung“ der Gemengteile eines Gesteins ist z. B. die Entstehung des Geschiebesandes aus dem Geschiebelehm (s. § 33, 5 a).

²⁾ Die Schlammabsätze, die den fruchtbaren Marschboden bilden, sucht man an der Nordseeküste künstlich dadurch zu befördern, dass man durch Anlage von Fangdämmen („Schlengen“), Zäunen, Gräben dem bei der Ebbe zurückweichenden Wasser Hindernisse bereitet, seine Ablaufgeschwindigkeit und damit seine Tragfähigkeit vermindert („Polder“anlage).

³⁾ Als „Marsch“ im Gegensatz zur „Geest“ bezeichnet man im nordwestlichen Deutschland die äusserst fruchtbaren, völlig horizontalen Schlammablagerungen der Flüsse, die sich in größerer oder geringerer Breite am Meeresufer entlang ziehen und die Talniederungen der Flüsse ausfüllen. Die daran stossende, meist weit über dem Spiegel der höchsten Fluten belegene, mehr oder minder wellige „Geest“ besteht im wesentlichen aus Bildungen des Diluviums (s. u.), aus denen nur an einigen Stellen Gesteine älterer Formationen hervorragen.

deutende,¹⁾ weit gewaltiger war sie natürlich in jener als *Diluvialzeit* oder *Eiszeit* bezeichneten Bildungsperiode, da Nordeuropa und Nordamerika infolge erheblicher Temperaturerniedrigung — ob durch kosmische oder tellurische Verhältnisse herbeigeführt, ist fraglich — und demgemäß vermehrter Niederschlagsmengen zum größeren Teil von Eis bedeckt waren, das von gewissen Zentralpunkten im hohen Norden her dem tiefer liegenden Süden zudrängte und in gleicher Weise, aber in größerem Maße die gebirgzerstörenden und felsversetzenden Wirkungen ausübte, wie wir sie bei den noch heute vorhandenen Gletschern beobachten.

Die über den Gebirgen des nördlichen Skandinaviens und Finnlands angehäuften, vielleicht tausend Meter und mehr mächtigen Eismassen kamen auf ihrer geneigten Unterlage ins Gleiten und schoben sich, die vorhandenen Meerbecken ausfüllend und unter dem Druck des nachdrängenden Eises selbst beträchtliche Bodenerhebungen mit Leichtigkeit übersteigend, nach Süden fächerförmig bis in die Gegend der deutschen Mittelgebirge, im Westen bis nach Holland und England, im Südosten bis in die Flussgebiete des Schwarzen und des Kaspischen Meeres so lange vor, bis das zunehmende Abschmelzen in den wärmeren Landstrichen dem Vorrücken ein Ziel setzte. Soweit das vom vordringenden Eise berührte Gestein bereits durch den zerstörenden Einfluss der einwirkenden Naturkräfte zermürbt war, schlossen sich seine Bruchstücke als Grundmoräne (S. 68, Anmerkung) der Bewegung des Eises an. Sie gruben in die noch weiche und lockere Unterlage tiefe Furchen ein, halfen die feste Gesteinsunterlage zu flachen Buckeln abzurunden und vermochten, das bereits feste Liegende auf seiner Oberfläche abzuschleifen und in eigentümlichen, vielfach noch jetzt deutlich erkennbaren parallelen Schrammen zu ritzen („Gletscherschliffe“).

Unter dem ungeheuren Druck des vorrückenden Eises wurden die großen mitgeschleppten Gesteinsblöcke allmählich zertrümmert, die kleineren Bruchstücke zu Geröll, Kies und endlich zu feinem und feinstem Sand und Schlamm zermahlen. Am Abschmelzrande des Eises lagerte sich parallel dem Gletscherrande der gröbere Gesteinsschutt als Endmoräne oft in langgestreckten Wällen, „Steinpackungen“, Blockhügeln über das Tertiär, während die kleineren Teile, die Grande und Sande, durch die Schmelzwässer weiter geführt wurden. Sie bildeten im Verein mit losgerissenen Teilen der tertiären Unterlage die sogenannten „Kames“-Landschaften, bestehend aus „fluvioglazialen“ Ablagerungen: geschichteten Hügeln, kurzen Landrücken und wannenförmigen Einsenkungen. Wich infolge stärkerer

¹⁾ An einem Augusttag führt der aus den Firmulden des Finsterahorns in das Haslital herabstürzende Aargletscher mehr als 280 000 kg fester Stoffe allein den Gletscherbächen zu.

Abschmelzung die Randlinie des Eises nach Norden zurück, so blieb das gesamte, seiner Zeit mitgeführte Steinmaterial in Schichten bis zu 150 m und mehr Mächtigkeit und in einem Umfang von hunderten von Quadratmeilen als „Grundmoräne“ zutage liegen. Es bildet den „Geschiebemergel“ (s. o.), der mit seinen Abkömmlingen den größten Teil Norddeutschlands bedeckt.¹⁾

Das Vorkommen tierischer und pflanzlicher Reste, stellenweise von Moorbildungen in verschiedenen Bodentiefen des Diluviums läßt erkennen, daß es in Nordeuropa mehrere, und zwar mindestens drei Vereisungsperioden gegeben hat. Sie waren durch „Interglazialzeiten“ getrennt, während deren die vom Eise befreite Oberfläche einer auf größere Wärme angewiesenen Flora und Fauna geeignete Lebensbedingungen bot. (Vergl. die Einleitung, § 3, Anmerkung S. 7).

Auch im südlichen Deutschland sowie in der lombardischen Ebene beobachtet man die Spuren einer ein- oder mehrmaligen, von den Alpen ausgehenden Vergletscherung der nördlich und südlich angrenzenden Landstriche.²⁾

Endlich ist noch der *transportierenden Tätigkeit des Windes* zu gedenken. Ist ein Gestein erst zu Staub oder Sand zerfallen, so unterliegen die feinen Körner, falls sie nicht durch natürliche oder künstliche Mittel festgelegt werden, in erheblichem Maße der Wirkung des Windes. Der Sand der Sahara wird durch heftige Südwinde über das Meer hinweg bis in das südliche Frankreich getragen, der *Löfs* (s. o.) scheint in manchen Gegenden hauptsächlich der Tätigkeit des Windes seine Ablagerung zu verdanken, und mit Sicherheit wissen wir dies von einer noch fortwährend unter unseren Augen entstehenden Bildung, den *Dünen*. Wo der Meeresstrand aus feinem Sand besteht, oder der sandige Meeresgrund durch die Ebbe trocken gelegt wird, führt der Seewind das leichtbewegliche Material landeinwärts und türmt es zu Hügeln und langgestreckten Wällen von oft sehr bedeutender Höhe (bis 200 m und darüber) auf, deren äußere, dem Meere zugewandte Böschung flach ist, deren Landseite meist ziemlich starkes Einfallen und nicht selten Schichtung zeigt. Stellen sich nicht natürliche Hindernisse entgegen, oder wird nicht die Düne durch künst-

¹⁾ Die in den obigen Ausführungen kurz dargelegte Anschauung von der Bildung des Diluviums, die sogenannte „Glazial“-Theorie, ist zuerst von dem schwedischen Geologen Torell begründet worden und jetzt allgemein anerkannt. Sie trat an die Stelle der vorher herrschenden „Trift“- oder Drift-Theorie, die einen Transport der nordischen Gesteine auf schwimmendem Eise (durch „Trift“) annahm.

²⁾ Gleiche Vorgänge wie in Nordeuropa haben sich in noch weit größerem Umfang ausgehend von Kanada im nördlichen Amerika vollzogen. Das Amerikanische Vereisungsgebiet dürfte 3mal so groß sein, als das Europäische. Übrigens scheinen auch ältere geologische Epochen ihre Eiszeiten gehabt zu haben.

liche Maßnahmen, namentlich durch Bepflanzen mit anspruchslosen und widerstandsfähigen Gewächsen (z. B. Strandhafer, *Elymus avenarius*) und nachfolgende Aufforstung¹⁾ befestigt, so wandert sie unter dem Druck des Windes, der den Sand an der Windseite in die Höhe treibt, ihn an der Landseite herabfallen läßt, meilenweit in das Land hinein, Kulturland und Häuser verschüttend und Flüsse aus ihrem Lauf verdrängend.

Auch im Binnenlande, häufig Flusläufe begleitend, finden sich nicht selten *Sandwehen* und ganze Dünenzüge, deren Material entweder den Ablagerungen des Flusses oder auch diluvialen Sanden entstammt.

B. Chemische Vorgänge bei der Bodenbildung.

Den Wirkungen der zuletzt in ihrem Walten geschilderten mechanischen Kräfte auf die Umwandlung der starren Erdrinde wird vielfach durch gewisse Vorgänge vorgearbeitet, die chemischen Kräften entspringen.

§ 38.

Verwitterung. Keines der die Erdkruste bildenden Gesteine widersteht auf die Dauer dem chemischen Angriff gewisser Stoffe, die in unerschöpflichen Mengen in der den Erdkörper umspülenden Atmosphäre vorhanden sind, dem *Sauerstoff*, der *Kohlensäure*²⁾ und dem *Wasser*. Langsam, solange die Gesteinsoberfläche noch glatt und unverletzt ist, schneller, sobald erst feine und sich immer mehr erweiternde Risse und Spalten den Zugang zum Innern verstatten, bewirken diese Agenzien eine chemische Umsetzung der Mineralbestandteile und führen dadurch die Zerstörung der ursprünglichen Gesteinsmasse herbei.³⁾ Diese Vorgänge, an denen sich alle drei Faktoren fast immer gleichzeitig oder in schneller Aufeinanderfolge beteiligen, nennt man „Verwitterung im engeren Sinne“ oder: *Einfache Verwitterung*.

§ 39. Der *Sauerstoff* hat, ganz im Gegensatz zu dem anderen Hauptbestandteile der Atmosphäre, dem Stickstoff, ein hervorragendes Bestreben, mit anderen Elementen sich zu vereinigen, sie zu *oxydieren*. Seine Verwandtschaftsäußerungen sind besonders energisch, wenn er sich

¹⁾ Große derartige „Dämpfungs“-Arbeiten werden u. a. seitens der Preussischen Staatsforstverwaltung auf der Kurischen Nehrung ausgeführt.

²⁾ Unter „Kohlensäure“ wird hier und im folgenden entweder das Kohlendioxyd (CO_2) oder die wirkliche Kohlensäure (H_2CO_3) verstanden (§ 17).

³⁾ Auf die Verwitterung ist auch das Klima insofern von Einfluß, als höhere Temperaturen, starke Niederschläge, üppiger Pflanzenwuchs (s. u.) die chemischen Zersetzungs Vorgänge befördern. So pflegen die „*Lateritböden*“ der *Tropenländer*, stark eisenhaltige, aus Granit, Gneis, Syenit und anderen Gesteinen hervorgegangene, poröse Lehmböden, infolge der energischen Verwitterung jener harten Gesteine sehr tiefgründig zu sein.

in dem „erregten“ Zustand befindet, in dem man ihn als „aktiven Sauerstoff“ oder als *Ozon* bezeichnet. In diesen Zustand geht er unter der Einwirkung des elektrischen Funkens und ferner in Berührung mit Stoffen über, die in langsamer Oxydation oder Verbrennung begriffen sind. Infolgedessen enthält die atmosphärische Luft fast immer gröfsere oder kleinere Mengen von Ozon. Bei Gesteinen, die *Eisen* in niedrigen Oxydationsstufen, als Eisenoxydul oder Eisenoxydoxydul (Magneisen, § 24) enthalten, äufsert sich die Wirksamkeit des Sauerstoffs in der Weise, dafs jene Verbindungen zu Oxyden oxydiert werden. Äufserlich macht sich dieser Vorgang meist durch Übergang der schwarzen, blauen oder grünen Farbe in rot oder gelb bemerklich.¹⁾ Zugleich aber wird dadurch der innere Zusammenhang zwischen den Mineralelementen zerstört und ein Zerfall der Mineralien und der Gesteine *herbeigeführt*. Eine Oxydation erleidet auch der in manchen Gesteinen vorhandene Eisenkies (FeS_2 , § 23). Die dabei entstehende freie *Schwefelsäure*, eine der stärksten bekannten Säuren, wirkt auf die mit ihr in Berührung kommenden Karbonate und Silikate sehr energisch zersetzend ein, indem sie die kieselsauren Salze unter Abscheidung von Kieselsäure, die kohlen-sauren unter Austreibung von Kohlendioxyd in Sulfate (z. B. in Gips) umwandelt, die vom Wasser meist leichter gelöst werden, als die ursprünglichen Verbindungen. Enthält ein Gestein Beimengungen organischer Natur, wie z. B. der Ortstein (§ 33, 2), so werden diese durch den Sauerstoff unter Überführung ihres Kohlenstoffs in Kohlendioxyd, ihres Wasserstoffs in Wasser zerstört und dadurch der Gesteinszusammenhang gelockert. Ortstein zerfällt bei längerem Liegen an der Luft zu einzelnen Sandpartikeln.²⁾ Weiteres über die zersetzenden Wirkungen, die der Sauerstoff auf organische Stoffe und deren Abkömmlinge ausübt, werden die Erörterungen über die „vegetativen Vorgänge“ bei der Bodenbildung bringen (s. u.).

§ 40. Das *Wasser* wirkt schon im reinen Zustande lösend und meist auch zersetzend auf die bodenbildenden Gesteine ein, in weit höherem Grade aber in Gemeinschaft mit Sauerstoff und *Kohlensäure*, die das natürliche Wasser in nicht unbeträchtlichen Mengen gelöst enthält. Bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Druck können 100 Mafsteile Wasser ungefähr 3 Mafsteile Sauerstoff und 100 Mafsteile Kohlendioxyd aufnehmen.

¹⁾ Eine derartige Oxydation beobachtet man z. B. oft an frisch ausgegrabenem, blauem oder grauem Ziegelton, der schon bei längerem Liegen an der Luft und mehr noch beim Brennen eine gelbe oder rote Farbe annimmt.

²⁾ Nach Emeis kann ein Zerfall dieser eigentümlichen Gesteinsbildung, falls es sich um wirklichen Ortstein, d. h. durch humose Stoffe und nicht durch Eisenverbindungen verkitteten Sand handelt, schon durch eine gründliche Entwässerung der ortsteinführenden Bodenschichten herbeigeführt werden.

§ 41. Sehr einfach verläuft unter der Einwirkung kohlenensäurehaltigen Wassers die *Verwitterung der Karbonate* (§§ 17 und 33, 4). 10 000 Teile mit Kohlensäure gesättigten Wassers können in Lösung bringen:

Calciumkarbonat	Magnesiumkarbonat	Dolomit	Eisenoxydulkarbonat
(Ca CO ₃)	(Mg CO ₃)	(Ca CO ₃ , Mg CO ₃)	(Fe CO ₃)
10	13	3	7 Teile.

Wirkt mithin kohlenensäurehaltiges Wasser auf Gesteine ein, welche ganz oder zum Teil aus Karbonaten bestehen, so können diese allmählich gelöst und von ihrer ursprünglichen Lagerstätte ganz fortgeführt werden, während etwaige Nebenbestandteile, wie Quarz, Sand, Silikate, Ton, Eisenoxyd, meist in gelockertem Zusammenhange und gewöhnlich dunkler gefärbt zurtückbleiben. Die Auslaugung des Calciumkarbonates aus kalkhaltigen Böden durch das Tagwasser erfolgt schichtenweise in der Art, daß die untere Schicht erst dann an die Reihe kommt, wenn die obere völlig von Kalk befreit ist. Daher findet sich häufig z. B. eine ganz kalkarme Geschiebelehmschicht unmittelbar auf kalkhaltigem, ja bisweilen durch den Oberflächenkalk noch über den ursprünglichen Gehalt hinaus angereicherten Geschiebemergel aufgelagert. Auf *Dolomit* (§ 33, 4) wirkt das kohlenensäurehaltige Wasser in der Weise zersetzend ein, daß es zunächst vornehmlich Calciumkarbonat entführt, also eine Masse zurüchläuft, die an Magnesiumkarbonat reicher ist. Die vom Wasser aufgelösten und fortgeschwemmten Karbonate gelangen unter geeigneten Verhältnissen an anderen Stellen wieder zum Absatz, wobei das Ferrokarbonat allermeist in Eisenoxyd und Eisenhydroxyd umgewandelt wird (§ 18).

§ 42. *Verwitterung der Sulfate.* Das an der Bodenbildung vornehmlich beteiligte *Sulfat*, das Calciumsulfat (Gips, Anhydrid), wird gleichfalls durch Wasser in Lösung gebracht (ein Gehalt des Wassers an Kohlensäure scheint die Löslichkeit nicht zu erhöhen), und zwar können 10 000 Teile Wasser ungefähr 25 Teile Calciumsulfat aufnehmen. Unter dem Einfluß organischer Stoffe erleiden die Sulfate eine Reduktion und gehen schließlic in Karbonate über (§ 22).

§ 43. *Verwitterung der Phosphate und der Kieselerdemineralien.* Auch die in vielen Gesteinen vorkommenden *Phosphate* werden durch kohlenensäurehaltiges Wasser gelöst. Die Löslichkeit ist bei den verschiedenen Phosphaten sehr verschieden, jedoch stets sehr gering. Noch schwerer löslich scheinen der *Quarz* und die übrigen *Kieselerdemineralien* zu sein; in weit größeren Mengen löst sich Kieselerde in kohlen-saurem Wasser in dem Augenblick, wo sie aus sich zersetzenden Silikaten abgeschieden wird.

§ 44. *Die Verwitterung der kieselsauren Salze* unter dem Einfluß von Kohlensäure und Wasser verläuft sehr verschieden, je nach der physikalischen Beschaffenheit (Struktur) und chemischen Zusammensetzung

des Minerals und je nach dem vorhandenen Vorrat an den genannten Lösungsmitteln. Je weniger Hindernisse die Struktur eines Minerals dem Eindringen der lösenden Agenzien in den Weg stellt, je mehr Angriffspunkte die letzteren finden, um so energischer werden sie im allgemeinen ihr Zerstörungswerk vollbringen. Ihm wird wesentlich vorgearbeitet, wenn das Mineral Eisenoxydul enthält, das unter dem Einfluß des Sauerstoffs höher oxydiert wird und dadurch den Zusammenhang der Mineralelemente lockert.

Von den in den Silikaten enthaltenen *Metallen* unterliegt im allgemeinen am leichtesten das Calcium und das Eisen der Oxydulverbindungen dem Angriff der Kohlensäure, es folgt das Natrium, dann erst das Kalium und das Magnesium (letzteres ist meist noch schwerer angreifbar als das Kalium). Sie werden durch die Kohlensäure in Karbonate übergeführt und, in Wasser gelöst, dem Mineral entzogen. An ihre Stelle tritt häufig etwas Wasser in das Silikat ein. Die entstandenen Karbonate können ferner lösend auf die Kieselsäure einwirken und einen Teil davon mitführen. Aluminium und das Eisen der Ferriverbindungen werden von der Kohlensäure gar nicht angegriffen und bleiben als wasserhaltiges Eisen- und Aluminiumsilikat zurück. Auf diese Weise kann z. B. der *Orthoklas* (Kalifeldspat) sich allmählich in *Kaolin* umwandeln, ein Vorgang, der sich durch folgende schematische Darstellung veranschaulichen läßt:

	Kali	Tonerde	Kieselerde	Wasser
In 100 Orthoklas $[K_2Al_2(Si_6O_{18})_2]$ sind enthalten	= K_2O 16,9	+ Al_2O_3 18,5	+ $6SiO_2$ 64,6	0
Es treten aus (—), ein (+)	— 16,9	0	— 43,1	+ 6,5
Es bleiben		18,5	+ 21,5	+ 6,5
= 46,5 Kaolin $[H_2Al_2(SiO_4)_2 + H_2O]$ =		Al_2O_3	+ $2SiO_2$	+ $2H_2O$

Der in der Natur vorkommende Kaolin enthält immer noch Alkalien. Es geht also in Wirklichkeit die Zersetzung nie so vollständig vor sich, wie es nach obiger Darstellung scheinen möchte, und dasselbe gilt für die Verwitterung der übrigen Silikate und namentlich der an Magnesium reichen. So verwittert der *Olivin*¹⁾ infolge der meist vorhandenen feinen Sprünge und Spalten zuerst leicht, indem das stets darin enthaltene Eisenoxydul in Eisenoxyd übergeführt wird. Der an Magnesium reiche Rest aber wandelt sich unter Wasseraufnahme in ein schwer verwitterbares Magnesiumsilikat, meist in *Serpentin* um. Aus *Augit* und *Hornblende* treten leicht Calcium, Eisenoxydul und die etwa vorhandenen Alkalien als Karbonate aus, zurück aber bleiben an Magnesium reiche, schwer zersetzliche Silikate: *Serpentin*, *Talk*, *Chlorit* oder, wenn die Mutterminerale

¹⁾ Vergl. die Übersicht über die Zusammensetzung der wichtigsten Silikate (§ 15).

Aluminium enthielten, Magnesiaglimmer. Erst bei weiterem Fortschreiten der Verwitterung wird auch das Magnesium in Karbonat übergeführt, und es bleiben dann von den aluminiumhaltigen Mineralien *eisenhaltige Tone* als Endprodukt zurück. Wenn nach dem oben Gesagten im allgemeinen die an Calcium und Eisenoxydul reichen Silikate schneller als die an Natrium reichen, und diese schneller als die an Kalium und namentlich an Magnesium reichen der Verwitterung unterliegen, so wirken hierauf doch noch andere Umstände fördernd ein, unter deren Einfluß jene Gesetzmäßigkeiten modifiziert werden. Im Einklang mit den letzteren steht es, wenn die an Natrium und Calcium reichen *Plagioklase* schneller zu verwittern pflegen als der *Kalifeldspat*, daß die *Augite* sich schneller zersetzen als die an Aluminium und Magnesium reicheren, an Calcium ärmeren *Hornblenden*. Dagegen ist der an Kali reiche *Muscovit* (Kaliglimmer) fast unverwitterbar, während die Zersetzung des *Magnesiaglimmers* trotz seines hohen Magnesiumgehaltes verhältnismäßig leicht erfolgt. Diese und andere Tatsachen lassen vermuten, daß auch das Verhältnis zwischen Kieselsäure und Metall innerhalb der Silikate von Einfluß auf deren Zersetzlichkeit ist. Diese scheint sich mit Zunahme des Kieselsäuregehaltes zu verringern. (Vergl. auch die früheren Mitteilungen über das chemische Verhalten der Silikate, § 16.)

§ 45.

Die komplizierte Verwitterung. Bei den vorhin betrachteten Vorgängen der einfachen Verwitterung entstehen Lösungen von verschiedenen Salzen des Kaliums, Natriums, Calciums, Magnesiums, Eisenoxyduls, sowie von Kieselsäure, die aufeinander sowie auf die ursprünglichen oder bereits mehr oder weniger zersetzten Gesteinsbestandteile chemisch einwirken und die mannigfaltigsten Umwandlungen hervorbringen können. Diese Vorgänge faßt man unter dem Namen „komplizierte Verwitterung“ zusammen.

Wie bereits früher auseinandergesetzt ist (§ 18, Anm.), findet bei der Berührung zweier chemisch aufeinander einwirkenden Körper folgendes statt: Falls durch Vereinigung des einen mit dem andern, oder eines Bestandteils des einen mit einem Bestandteil des anderen Körpers eine Verbindung entstehen kann, die von den vorhandenen Agenzien nicht mehr chemisch beeinflusst wird, so wird diese in einer Menge gebildet, die den vorhandenen aufeinander wirkenden Mengen der Bestandteile entspricht (die Umsetzung ist eine vollständige). Bleiben jedoch die möglichen Umsetzungsprodukte der chemischen Einwirkung der anwesenden Agenzien zugänglich, so ist die Umsetzung nur eine beschränkte und in ihrer Größe abhängig von der Größe der chemischen Anziehungskraft, die die einzelnen Bestandteile aufeinander ausüben, und von den Mengen, in denen

sie vorhanden sind. Dieses Gesetz gilt nicht nur für gelöste Stoffe, sondern auch dann, wenn ein gelöster mit einem festen Stoff in Berührung kommt, der seiner chemischen Einwirkung zugänglich ist. Da also die chemische Wirkung eines Stoffes nicht bloß von der chemischen Anziehung, die er auf einen anderen ausübt, sondern zugleich auch von der Masse abhängig ist, mit der er in die Reaktion eintritt, so kann unter Umständen ein mit schwächerer chemischer Verwandtschaft ausgestatteter Stoff einen mit stärkerer Anziehungskraft begabten aus seinen Verbindungen verdrängen, wenn er nur in genügender Menge vorhanden ist.

§ 46. *Beispiele für die komplizierte Verwitterung.* Obwohl das Calcium eine weit schwächere Verwandtschaft zu den Säuren hat als das Kalium, kann es, in ausreichender Menge (als gelöstes saures Calciumkarbonat) zugeführt, in Kaliumsilikaten an die Stelle des Kaliums treten. So verwandelt sich unter Umständen der an Kalium reiche, Calcium nicht enthaltende *Orthoklas* in den an Calcium reichen, kaliumfreien *Epidot*, wobei zugleich Aluminium durch Eisen ersetzt wird. So kann ferner, je nach dem Mengenverhältnis der aufeinander chemisch einwirkenden Stoffe, die *Hornblende* $\text{CaMg}(\text{SiO}_3)_2$ in den an Calcium reichen *Epidot* oder in den an Magnesium reichen *Chlorit* übergehen. Im ersteren Fall tritt an die Stelle des Magnesiums Calcium, im anderen an die Stelle des Calciums in der Hornblende Magnesium. Es liegt auf der Hand, daß bei diesem Verhalten der chemisch aufeinander einwirkenden Mineralbestandteile die mannigfaltigsten Umwandlungen eintreten können. Durch die komplizierte Verwitterung werden auch diejenigen Bestandteile der Silikate, die der einfachen Verwitterung am längsten widerstehen (s. o.), die Tonerde Al_2O_3 und das Eisenoxyd Fe_2O_3 angegriffen und in Bewegung gebracht, indem sie sich in den Lösungen von Karbonaten, Sulfaten, Chloriden auflösen, wobei Kieselerde als Quarz oder Opal abgesetzt wird.

Ein wichtiges Produkt der komplizierten Verwitterung sind die *Zeolithe*. Sie können sich aus wasserfreien Silikaten durch Ersatz von Kalium durch Natrium und Aufnahme von Wasser bilden. So entsteht bei Einwirkung von Natriumkarbonat- oder Natriumchloridlösung auf *Leucit* $\text{K}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_4$ der zur Zeolithgruppe gehörige *Analcim* $\text{Na}_2\text{Al}_2(\text{SiO}_3)_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ unter gleichzeitiger Bildung von Kaliumchlorid KCl oder Kaliumkarbonat K_2CO_3 . Ferner entstehen Zeolithe durch Einwirkung der Lösung von Natrium- oder Calciumsalzen auf Ton oder auf Lösungen von Kieselsäure und Tonerde. Da sie neben Aluminium fast immer nur Natrium und Calcium, aber fast nie Kalium und Magnesium enthalten, so bilden sie sich fast nur in den aus Calcium-Natrium-Silikaten bestehenden, höchst selten in kalium- oder magnesiumreichen Gesteinen. Übrigens läßt sich, wie wir später sehen werden, durch Einwirkung von Kaliumsalzen das

Natrium und das Calcium der Zeolithe sehr leicht durch Kalium und andere Stoffe ersetzen, wobei sie eigentümlicherweise ihr Wasser verlieren.

C. Umwandlung der Gesteine in Boden unter dem Einfluß der mechanisch und chemisch wirkenden Kräfte.

Für die Schnelligkeit, mit der unter dem Einfluß der oben geschilderten Kräfte aus den Gesteinen der festen Erdrinde Boden gebildet wird, und für die Beschaffenheit des letzteren sind im wesentlichen als Faktoren maßgebend: a) die Beschaffenheit der gesteinbildenden Mineralien und b) die einwirkenden Wassermengen.

§ 47.

Einfluß der Beschaffenheit der gesteinbildenden Mineralien auf die Umwandlung. 1. *Die Oberflächengestaltung des verwitternden Gesteins.* Ist diese eben oder gar muldenförmig, so werden nur die durch den Verwitterungsprozeß löslich gewordenen Stoffe durch das Wasser fortgeführt; auf geneigten oder abschüssigen Flächen tritt dagegen zugleich auch die mechanische, auch ungelöste Stoffe verschwemmende Kraft des Wassers in Wirkung. *Granit* mit ebener oder muldenförmiger Oberfläche hinterläßt bei seiner Verwitterung einen an Ton und Glimmerteilchen reichen *Lehmboden*, auf stark abfallenden Flächen wird Ton und Glimmer fortgeschwemmt, und es bleibt tonarmer *Sandboden* zurück.

2. *Die Struktur des verwitternden Gesteins.* Je leichterem Zutritt ein Gestein den Verwitterungsagenzien Wasser, Sauerstoff, Kohlensäure gewährt, um so energischer können diese bodenbildend einwirken. *Geschichtete* und *schiefrige* Gesteine werden im allgemeinen schneller der Verwitterung unterliegen als *kompakte*: Gneis schneller als Granit, die Flöz- oder Sedimentärgesteine schneller als die kristallinen Massengesteine. Sind die geschichteten Gesteine durch irgend welche im Erdinnern wirkenden Kräfte *aufgerichtet* worden, so wird dadurch das Eindringen des Wassers mit seinen zerstörenden Agenzien, die sprengende Wirkung des Eises, und damit der Zerfall erheblich beschleunigt. In gleicher Richtung wirkt die eigentümliche regelmäßige *kugelige* oder *säulenförmige Absonderung*, die manche Gesteine, z. B. viele *Basalte*, aufweisen. Eine *dichte* Gesteinsstruktur, die mit einer feinen und gleichmäßigen Verteilung der Gemengteile verbunden ist (z. B. bei vielen *Porphy*-Arten), verlangsamt, eine mehr *grobkörnige* oder *grobkristallinische* Struktur beschleunigt im allgemeinen die Verwitterungsvorgänge. Denn die letztere ruft durch die verschiedenartige Ausdehnung der gesteinbildenden Mineralien die Bildung zahlreicher Risse und Abspaltungen hervor, die die Verwitterung in das Gesteinsinnere tragen. So zerfällt der grobkörnige, grobe Quarz- und Feldspatkristalle enthaltende *Granit* verhältnismäßig leicht zu

größeren und kleineren Trümmern, die bei weiterer Zersetzung einen tiefgründigen Boden liefern, während aus feinkörnigen Graniten und aus *Porphyren* mit sehr dichter Grundmasse („Hornsteinporphyr“), bei denen die Verwitterung nur von der Oberfläche des Gesteins ausgeht, meist flachgründige Böden entstehen.

3. Die chemische Beschaffenheit der gesteinsbildenden Mineralien.

Sind die Gemengteile eines Gesteins in verschiedenem Grade der Verwitterung zugänglich, so folgt sie dem durch die Lage der leichter zerstörbaren Mineralien vorgezeichneten Weg, löst dadurch den Zusammenhang der Gesteinsmasse und führt ihren Zerfall zu „Grus“ herbei. *Granite*, die neben dem schwer verwitternden Orthoklas leicht zerfallenden Oligoklas oder gar Labrador enthalten, unterliegen daher schneller der Umwandlung, als die von Plagioklasen freien Glieder dieser Gesteinsart. Da die Hornblende schwieriger verwittert als der Augit (§ 44), so liefert der aus Plagioklas und Hornblende bestehende *Diorit* (§ 31, 2) einen an feinerdiger Masse armen steinigen Boden, während der aus Plagioklas und Augit gebildete *Diabas* (§ 31, 2) ziemlich schnell zu fruchtbarem, tiefgründigem Boden zerfällt.

Von großer Bedeutung für die leichtere oder schwerere Verwitterung eines Gesteins ist der Gehalt an *niederen Oxydationsstufen des Eisens*, an Eisenoxydul (FeO) und Eisenoxydoxydul (Fe_3O_4). Sie werden entweder durch die im Wasser gelöste Kohlensäure in Eisenkarbonat übergeführt, das, in kohlensäurehaltigem Wasser sich lösend, aus dem Gestein austritt, oder unter dem Einfluss des zutretenden Sauerstoffs oxydiert. Beide Prozesse wirken lockernd auf den Gesteinsverband. Der Übergang der dunkel (grün) gefärbten Eisenoxydulverbindungen in gelbrotes Eisenoxyd oder in braunrotes Eisenhydroxyd macht sich äußerlich durch den Farbenwechsel bemerkbar, der beim Übergang des unverwitterten Gesteins in Boden sich vollzieht (§ 39). Von der Oberfläche nach unten hin geht die Farbe solcher Böden nicht selten von gelbrot in braunrot, in rot und grün gemengt und schließlich in das Grün des bodenbildenden Gesteins über, eine Aufeinanderfolge von Farben, die ein Urteil über die Tiefe zulässt, bis zu der die Verwitterung sich erstreckt. An Eisenoxydul reich sind von den plutonischen Gesteinen namentlich die „basischen“ (§ 31, 2), wie Basalt, Dolerit, Diabas, Melaphyr u. a. Die Sedimentärgesteine, die aus ihnen durch Verwitterung und Verschwemmung hervorgegangen sind, pflegen naturgemäß an niederen Oxydationsstufen des Eisens ärmer zu sein, falls solche nicht nachträglich durch Reduktionsprozesse innerhalb des neugebildeten Gesteins aus dessen Oxyden sich zurückgebildet haben (§ 22). Am häufigsten kommen sie hier in den *Tongesteinen* vor.

Ein hoher Gehalt der Gesteine an *Calciumverbindungen*, die durch Wasser und Kohlensäure in Karbonat umgewandelt und ausgewaschen

werden, wirkt gleichfalls auf ihre rasche Umbildung zu Boden hin. Auch aus diesem Grunde zerfallen die kalkreichen *basischen* Urgesteine schneller als die *sauren*, und erstere liefern daher im allgemeinen einen tiefgründigeren Boden als die letzteren. Der an Calcium- und Magnesiumsilikat reiche *Basalt* wird bei der Verwitterung infolge der Bildung und Fortführung von Calcium- und Magnesiumkarbonat¹⁾ an Calcium und Magnesium immer ärmer, während andere schwerer lösliche Bestandteile sich anhäufen.

So fand man in hundert Teilen:

	des ursprünglichen Gesteins	der ersten Verwitterungsstufe	der zweiten Verwitterungsstufe
Kalk (CaO)	14,6	10,6	3,7
Magnesia (MgO)	7,3	7,1	1,3
Tonerde (Al ₂ O ₃)	17,1	19,8	32,5
Eisenoxyd (Fe ₂ O ₃)	7,7	8,4	9,2

Schneller noch findet natürlich der Zerfall des Gesteins statt, wenn darin fertiggebildete *Karbonate* enthalten sind. Infolge der Auswaschung wird die Gesteinsmasse und der daraus entstehende Boden insbesondere an Calciumkarbonat immer ärmer, an anderen Bestandteilen reicher. Von der Entkalkung der Geschiebemergel-Böden war schon früher die Rede (§ 33, 5 a). Ein sehr lehrreiches Beispiel liefern auch die Untersuchungen E. v. Wolffs über die Bodenbildung aus dolomitischem Muschelkalkstein.

(Siehe die Tabelle auf S. 81.)

Die Verarmung der äußersten Verwitterungsrinde der bodenbildenden Gesteine an Karbonaten kann so weit gehen, daß im Interesse der landwirtschaftlichen Kultur eine künstliche Zufuhr von Kalk oder Mergel nötig wird. Nicht selten kann das hierzu nötige Material dem tieferen Untergrund entnommen werden. So bringt man z. B. auf den Marschböden (§ 37), deren äußerst fein verteilte Karbonate der Auswaschung besonders leicht unterliegen, zum Ersatz die an Calciumkarbonat noch reiche Erde der tieferen Schichten („Kuhlerde“ oder „Wühlerde“) zur Oberfläche („Kuhlen“, „Wühlen“, „Überkleien“). — Auch die stellenweise über Marschboden als Untergrund aufgewachsenen Moore („Marschmoore“, s. u.) sucht man vielerwärts durch Aufbringen von Marscherde aus dem Untergrund, die man mittels besonderer Hebevorrichtungen („Kuhlmaschinen“)

¹⁾ In einem gewissen Verwitterungsstadium weist der zu Boden zerfallende Basalt einen mehr oder weniger großen Gehalt an Karbonaten auf.

Es enthielt:

	das ursprüngliche Gestein	die erste Verwitterungsstufe	die zweite Verwitterungsstufe ¹⁾
	%	%	%
Calciumkarbonat (CaCO_3)	77,9	47,8	35,2
Magnesiumkarbonat (MgCO_3)	16,6	34,9	22,8 ²⁾
Tonerde (Al_2O_3)	0,8	2,6	7,7
Kieselerde (SiO_2)	3,1	9,8	24,7
Kali (K_2O)	0,27	1,12	2,82
Phosphorsäure (P_2O_5)	0,08	0,16	0,42
Eisenoxyd (Fe_2O_3)	0,65	1,69	2,15

bisweilen aus sehr beträchtlicher Tiefe gewinnt, zu verbessern und namentlich mit Kalk anzureichern. Unter dem Einfluss der vermodernden Moorpflanzen haben jedoch die unmittelbar unter dem Moor liegenden oder auch die tieferen, stark mit Pflanzenresten durchsetzten Marschbodenschichten Veränderungen erlitten, die sie für den beregten Zweck völlig untauglich machen können. Aus schwefelsauren Salzen und Eisenoxyd ist durch Reduktion (§ 22) Zweifachschwefeleisen entstanden. Wird dieser an sich unschädliche Stoff an die Oberfläche gebracht, so geht er unter der Einwirkung des Luftsauerstoffs in zwei starke Pflanzengifte, nämlich in freie Schwefelsäure und Ferrosulfat (in wasserhaltigem Zustande „Eisenvitriol“ genannt) über (§ 23). Solange genügende Mengen von Calciumkarbonat vorhanden sind, erfahren, wie früher (a. a. O.) erörtert wurde, jene Schädlinge eine heilsame Umwandlung, ist aber das Calciumkarbonat aus der betreffenden Bodenschicht ausgelaugt (was unter der Einwirkung der aus pflanzlichen Resten reichlich entwickelten Kohlensäure häufig der Fall ist), so lassen sie ein Pflanzenwachstum nicht mehr aufkommen. Die schwefel-eisenhaltige und dabei ihres Calciumkarbonates ganz oder fast ganz beraubte Marscherde bezeichnet man im nordwestlichen Deutschland als „Gifterde“;

¹⁾ Das ursprüngliche Gestein war sehr fest, die „erste Verwitterungsstufe“ bereits ziemlich mürbe geworden, die „zweite Verwitterungsstufe“ zum Teil zu leicht zerreiblichen Gesteinsbröckeln, zum Teil zu lockerem Pulver auseinander gefallen, ohne schon den Zustand eines „Kulturbodens“ erlangt zu haben.

²⁾ In diesen Zahlen macht sich zugleich die größere Widerstandsfähigkeit des Magnesiumkarbonates gegenüber dem Calciumkarbonat bemerklich. Erst wenn der größere Teil des Calciumkarbonates durch Auswaschung entfernt ist, unterliegt das Magnesiumkarbonat der Auflösung (§ 41).

„Pulvererde“, „Bettelerde“ oder „Maibolt“.¹⁾ Man schützt sich vor ihr dadurch, daß man den von den Kuhlmaschinen ausgehobenen Boden nur dann verwendet, wenn er beim Übergießen mit Salzsäure aufbraust. (Entweichen von Kohlendioxyd.)

Infolge der starken Auswaschung, der die Karbonatminerale unterliegen, kann es vorkommen, daß von einem ursprünglich fast ausschließlich aus Kalkstein, Magnesit, Dolomit bestehenden Gestein bloß die beigemengten schwerlöslichen Mineralien wie Ton, Sand, Eisenoxyd zurückbleiben, und der Charakter des entstehenden Bodens sich ausschließlich nach dem Vorwiegen dieses oder jenes *zufälligen* Bestandteils des ursprünglichen Gesteins richtet.

§ 48.

Einfluß der bei der Verwitterung mitwirkenden Mengen von Wasser und der Art und Menge der im Wasser gelösten Stoffe. Die Salzablagerung. Bei der verschiedenen Löslichkeit der einzelnen Gesteinsbestandteile in kohlenstoffhaltigem Wasser können die aus einem und demselben Gestein hervorgehenden Böden sehr verschiedenartig sein, je nachdem der Verwitterungsprozeß in Anwesenheit von viel oder wenig Wasser sich vollzieht. Im ersteren Falle wird mit den leichter löslichen Bestandteilen auch ein größerer Teil der Kieselsäure in Lösung gebracht und entfernt, im anderen werden fast nur die leichter löslichen Bestandteile fortgeführt, und es bleibt ein an Kieselerde reicherer Boden zurück. Ebenso bewirkt ein größerer Gehalt des Wassers an Kohlenstoff eine schnelle Verwitterung, bei der die in Karbonate umgewandelten Basen der Silikate rasch entführt werden und die schwer lösliche Kieselerde zurückbleibt, während bei geringerem Kohlenstoffgehalt die Verwitterung langsam vorschreitet, und die geringen Mengen ausgeschiedener Kieselerde zugleich mit den entstandenen Karbonaten fortgespült werden. Die Art der Salze, die das Wasser gelöst enthält, ist bestimmend für die Gesteinsumwandlungen, die man als „komplizierte“ Verwitterung bezeichnet (§ 45), also auch für die Art des sich bildenden Bodens. Aus reinem *Kalkstein* kann ein an

¹⁾ Der Unterschied zwischen brauchbarer und der durch Reduktion und Auslaugung ungünstig veränderten Marscherde geht deutlich aus folgenden Untersuchungsergebnissen der Moorversuchsstation hervor. Es enthielten in 100 Teilen der von Wasser und von organischen Beimengungen frei gedachten Masse:

	Gute Marscherde	Maibolt
Calcium- und Magnesiumkarbonat	8,58 Teile	2,43 Teile
Schwefeleisen	2,18 „	9,77 „
Ferrisulfat*)	0,00 „	1,50 „
Freie Schwefelsäure*)	0,00 „	0,45 „

*) Bei längerem Liegen der Probe an der Luft aus Schwefeleisen entstanden.

Magnesiumkarbonat reicher Boden entstehen, wenn Lösungen dieses Salzes auf jenen einwirken. Eine Lösung von Magnesiumkarbonat ist imstande, noch große Mengen von Calciumkarbonat aufzunehmen; beide Salze bilden schwerlöslichen *Dolomit*, der sich ausscheidet, während leichtlösliches saures Calciumkarbonat vom Wasser fortgeführt und an anderen Stellen abgelagert werden kann. Kommen *eisenreiche* Gesteine, z. B. Tone, mit den Lösungen von Calciumphosphat in kohlen säurehaltigem Wasser zusammen, so entsteht ein schwerlösliches Eisenphosphat, das im Boden zurückbleibt. *Kaliumreiche*, an Calciumverbindungen arme Gesteine können *calciumreiche* und kaliumarme Böden liefern, wenn sie mit großen Mengen calciumkarbonathaltigen Wassers in Berührung sind; denn Kaliumsilikat und saures Calciumkarbonat setzen sich zu leichtlöslichem Kaliumkarbonat um, während Kieselerde und normales Calciumkarbonat ausgeschieden werden. Unter Einwirkung von *kaliumkarbonathaltigem* Wasser kann in *natriumsilikathaltigen* Gesteinen das Natrium durch Kalium ersetzt, also die Bildung eines an Kalium reichen Bodens hervorgerufen werden, während das entstandene Natriumkarbonat fortgewaschen wird. Lösungen von Kalium- und Natriumsilikat können Tonerde in Lösung bringen und so die Bildung eines tonärmeren Bodens aus einem an Aluminiumsilikat reichen Gestein veranlassen. Dahin gehört ferner die Bildung von Schwefeleisen bei Einwirkung von eisenkarbonathaltigem Wasser auf Gips (§ 22). Weitere Umsetzungen s. § 46.

Zu den bedeutsamsten Vorgängen bei der Bodenbildung gehört die *Entstehung der Salzlager*, wie sie in verschiedenen geologischen Perioden stattgefunden hat. Nach der herrschenden Vorstellung von der Bildung der Erdrinde sind die im Wasser und vornehmlich im Meereswasser gelösten Stoffe im wesentlichen¹⁾ ursprünglich Bestandteile der plutonischen Urgesteine gewesen. Bei der Zerstörung des Gesteinszusammenhanges durch die oben eingehend erörterten Vorgänge wurden die im Wasser besonders leichtlöslichen Mineralien vom Wasser am weitesten fortgeführt; sie sammelten sich schliesslich im Meereswasser und verleihen diesem seinen salzigen Geschmack und sein hohes spezifisches Gewicht. Der Gehalt des Seewassers an festen Stoffen schwankt infolge der ungleichen Wasserverdunstung in den verschiedenen Gegenden und je nach der Grösse der in das Seewasser eintretenden Süßwasser- oder Eismengen. Der Salzgehalt des Atlantischen Ozeans beträgt etwa 3,6 ‰, der des Mittelmeeres

¹⁾ Ein Teil der bei sehr hoher Temperatur luftförmigen Chloride, Fluoride u. a. Verbindungen mag allerdings in der Zeit, da die Erstarrungskruste des glutflüssigen Erdballs sich bildete, neben dem damals ausschliesslich in Dampfform befindlichen Wasser in der den Erdkörper umgebenden Lufthülle vorhanden gewesen sein und bei weiterer Abkühlung, ohne Gesteinsbestandteil zu werden, in dem allmählich flüssig werdenden Wasser sich gelöst haben.

3,96—4,16 ‰, dagegen der der Ostsee nur etwa 1,0—2,0 ‰. Im Durchschnitt bestehen die im Meereswasser gelösten Salze aus 78 ‰ Chlornatrium, 9,6 ‰ Chlormagnesium, 6,5 ‰ Magnesiumsulfat, 3,7 ‰ Calciumsulfat, 1,8 ‰ Chlorkalium und 0,1 ‰ Saures Calciumkarbonat.¹⁾

In Binnenseen oder in abgeschürften Meeresbuchten, welche zwar dem Zufluss, nicht aber dem Wiederabströmen von Seewasser günstig sind, kann sich das Salzwasser infolge der Verdunstung des Wassers derartig konzentrieren, daß die gelösten Stoffe zur Ausscheidung gelangen. Solche Vorgänge finden noch jetzt z. B. im Toten Meer und im großen Salzsee von Utah in Nordamerika statt, und ihnen verdanken auch die gewaltigen, bis 1600 m mächtigen Salzablagerungen im nördlichen Deutschland während der Zechsteinperiode ihre Entstehung. Höchstwahrscheinlich haben sie sich in einem Becken gebildet, welches von der offenen See durch eine wohl das Zuströmen von Seewasser zulassende, aber das Abfließen hindernde Barre getrennt war. Aus der durch stetige Wasserverdunstung immer dichter werdenden Salzlauge schieden sich zunächst die am schwersten löslichen Bestandteile — insbesondere Calciumsulfat in Form von Anhydrit (§ 21) — aus, es folgte das Chlornatrium (Steinsalz), von dem sich infolge des stetigen Ersatzes des abdunstenden Wassers durch neues Salzwasser besonders große Massen absetzten. Die in Wasser leichter löslichen Salze kamen aus der darüberstehenden Flüssigkeit unter Bildung zahlreicher Doppelsalze (§§ 21, 25) erst dann zum Absatz, als die verdunstenden Wassermengen das hinzutretende Seewasser überwogen und der Zulauf des letzteren schließlichs ganz aufhörte.²⁾

Ein ähnlicher Prozeß hat zweifellos bei allen Salzablagerungen stattgefunden; wenn sich im Gegensatz zu den meisten übrigen Salzvorkommen bei den nordwestdeutschen Salzlagern die besonders wertvollen, das Steinsalz überdeckenden Kalisalze ganz oder zum großen Teil auf ihrer Bildungsstätte erhalten haben, so ist dafür der glückliche Umstand

¹⁾ Neben den obengenannten Salzen finden sich im Meereswasser noch in geringer Menge Verbindungen von Brom-, Jod-, Fluor- und anderen Elementen.

²⁾ Diese bei der bergmännischen Gewinnung des Steinsalzes erst abzuräumenden Salze pflegt man als „Abraumsalze“ zu bezeichnen. — Der obengeschilderte Vorgang ist durchaus mit den Erscheinungen zu vergleichen, die man beim Eindampfen einer Salzlösung („Salzsole“) in der Salzpfanne beobachtet: zuerst Absatz und Auskristallisieren der schwerer löslichen Stoffe, während die „Mutterlauge“ sich immer stärker konzentriert und ihre leichtlöslichen Bestandteile erst absetzt, wenn das Wasser ganz oder zum größten Teil verflüchtigt ist. — Übrigens finden sich in der Natur nicht selten über den „Abraumsalzen“ wieder Steinsalzbildungen mit oder ohne Überlagerung von Abraumsalzen, ein Zeichen dafür, daß in späteren Zeiten ein neuer Einbruch von Meereswasser und eine Ablagerung von „jüngerm Steinsalz“ erfolgt ist.

verantwortlich zu machen, daß sie zu rechter Zeit von einer durch die Winde herbeigeführten lössartigen Bodenschicht (§§ 33, 37) überlagert worden sind, die sie vor dem Zutritt des Wassers geschützt hat.

§ 49. Die Erörterungen über die Bodenbildung lassen klar erkennen, daß ein und dasselbe Gestein sehr verschiedenartige Böden liefern kann, je nach den Umständen, unter denen seine Verwitterung sich vollzieht. Der *Granit* kann ebensowohl zu einem unfruchtbaren Sand-, wie zu einem fruchtbaren Lehmboden sich zersetzen, aus *Tonschiefer* ein an Kali und Kalk reicher und in anderen Fällen ein Boden hervorgehen, der nur Spuren dieser Stoffe enthält. Aus *Basalt* kann unter Umständen ein Boden gebildet werden, der in seiner Zusammensetzung sich nur wenig von dem ursprünglichen Gestein unterscheidet, unter anderen Verhältnissen kann aus dem an Kalk, Kali, Phosphorsäure reichen Muttergestein ein von diesen Stoffen fast freier Boden entstehen. Bezeichnungen, die bloß die Herkunft eines Bodens erkennen lassen, wie *Granitboden*, *Gneisboden*, *Basaltboden*, *Porphyrboden* u. a., bieten mithin keinerlei Handhabe, um den landwirtschaftlichen Wert der fraglichen Bodenarten zu ermessen.

D. Die Umwandlung der festen Erdrinde unter dem Einfluß vegetativer Kräfte.

Die früheren Erörterungen haben dargetan, daß chemische und mechanische Vorgänge unablässig an der Zerstörung der festen Erdrinde arbeiten und dadurch zugleich das Material für die mannigfachsten Neugestaltungen schaffen. Ebenso führen die pflanzlichen und tierischen Organismen, welche die Erde bevölkern, sowohl durch ihre Lebenstätigkeit als durch ihre abgestorbenen und der Zersetzung anheimfallenden Leiber einerseits den Zerfall des Bestehenden und andererseits den Aufbau neuer Gebilde herbei. Der Beteiligung tierischer und pflanzlicher Wesen an der Entstehung des Kieselgurs, der Kreide, des Muschel- und Korallenkalkes, des Kalktuffs, Wiesenkalks und des Salpeters ist früher bereits gedacht worden (§§ 12; 17, 2; 33, 4, 5). Auch an der manchenorts vorkommenden Aufspeicherung von Phosphaten haben zweifellos vielfach Pflanzen und Tiere mitgewirkt. Den Resten von Seetieren verdanken höchstwahrscheinlich die *Petroleumansammlungen*,¹⁾ einer üppigen Pflanzenvegetation die *Steinkohlen-* und *Braunkohlenlager* ihre Entstehung. Aber die Mitwirkung tierischer und pflanzlicher Wesen an der Umgestaltung der Erd-

¹⁾ Dieser besonders von K. Engler vertretenen Ansicht gegenüber sieht G. Kraemer die Muttersubstanz des Erdöls in den wachsartigen Bestandteilen von Algen-Ansammlungen, wie sie sich in den tieferen Schichten zahlreicher Torfablagerungen finden.

rinde beschränkt sich nicht auf diese vereinzelt Vorkommnisse, sie spielt vielmehr bei der Entstehung aller Bodenarten eine wichtige Rolle.

§ 50.

Einfluss lebender und abgestorbener Pflanzen auf die Bodenbildung. Bodenbakterien. Alle Pflanzen haben zu ihrer Ernährung gewisse Mineralstoffe, die wir als Bestandteile der die Erdrinde bildenden Gesteine kennen gelernt haben, und ferner Wasser, Stickstoff und Kohlenstoff nötig. Wasser, Stickstoff und Kohlenstoff sind die vornehmsten Bildner des verbrennlichen („organischen“) Teils der Pflanzenmasse. In unerschöpflichen Mengen bietet die Atmosphäre für alle Pflanzen leicht aufnehmbares Wasser. Der in ihr gleichfalls reichlich vorhandene Kohlenstoff ist mit Sauerstoff zu Kohlendioxyd (CO_2) verbunden. Aber die höher organisierten, Blattgrün (Chlorophyll) enthaltenden Pflanzen besitzen die Fähigkeit, das Kohlendioxyd der Luft in ihren chlorophyllhaltigen Zellen mit Hilfe des Sonnenlichtes zu spalten und dessen Kohlenstoff zum Aufbau ihres Körpers zu benutzen. Einige von ihnen, die Schmetterlingsblütler (Papilionaceen), vermögen auch, wie dies zuerst Hellriegel nachgewiesen hat, mit Hilfe kleinster Lebewesen („Bacterium radicolica“, „Rhizobium“), die sich an ihren Wurzeln in eigentümlichen Anschwellungen (Wurzelknöllchen) ansiedeln, den freien Stickstoff der atmosphärischen bzw. der Bodenluft zur Bildung ihrer stickstoffhaltigen Bestandteile zu verwerten. (Weiteres darüber unter Bodenbakterien im zweiten Teil dieses Paragraphen.) Den übrigen höheren Pflanzen geht diese Fähigkeit ganz oder doch so weit ab, daß sie zu ihrer normalen Ernährung des Vorhandenseins von Stickstoffverbindungen bedürfen. Abgesehen von den verhältnismäßig geringen Mengen von Stickstoffverbindungen, die sich bei den früher erörterten Naturvorgängen (§ 28) bilden, stand aber zu der Zeit, in der auf der erkalteten Erdoberfläche das Wachstum von Pflanzen möglich wurde, den letzteren nur der ungebundene Stickstoff der Luft zur Verfügung. Dem Wachstum höherer Pflanzen, die wie die Schmetterlingsblütler den freien Luftstickstoff sich anzueignen vermögen, war der ihrer Wurzelentwicklung ungünstige Zustand der harten Steinmassen hinderlich. Es konnten darauf naturgemäß nur höchst anspruchslose pflanzliche Organismen gedeihen, die zugleich die Fähigkeit besitzen, den zum Aufbau ihres Körpers nötigen Stickstoff und Kohlenstoff der atmosphärischen Luft zu entnehmen. Daß es derartige Organismen gibt, hat die Forschung der Neuzeit zweifellos dargetan. Es sind Bakterien, denen das kaum verwitterte Gestein genügende mineralische Nahrung bietet, und die aus dem freien Stickstoff und dem Kohlendioxyd der Luft ihren Bedarf an Kohlenstoff und Stickstoff zu decken imstande sind. Mit ihren abgestorbenen Leibern ließen sie Stickstoffverbindungen zurück, die auch höheren, auf

die Aufnahme gebundenen Stickstoffs angewiesenen Pflanzen die Ansiedelung ermöglichten, und die durch ihre Lebenstätigkeit eine nicht unbeträchtliche gesteinzersetzende und dadurch bodenbildende Wirkung ausübten. Dieser Vorgang läßt sich noch heutzutage vielfach auf fast unverwittertem Fels beobachten. Zunächst sind es die anspruchslosesten Pflanzen, Algen, Flechten, die das Gestein beziehen, Feuchtigkeit zurückhalten und so, im Verein mit der immer vorhandenen Kohlensäure, den Verwitterungsprozess beschleunigen und den Boden für das Wachstum immer anspruchsvollerer Gewächse vorbereiten. Die Pflanzenwurzeln in ihrem Bestreben, Nahrung aus dem Boden zu saugen, verzweigen sich über das Gestein, dringen in jedes noch so feine Spältchen und umklammern die entstandenen Gesteinsbrocken. Durch die von ihnen ausgeschiedene Kohlensäure befördern sie die Verwitterung der Mineralien, mit denen sie in Berührung kommen, und durch eigentümliche Vorgänge, die man als *diosmotische* oder als *Diffusion* bezeichnet, wirkt in gleicher Richtung der in ihren Zellen eingeschlossene saure Wurzelsaft. Gerade die feinsten, besonders dicht an die Gesteinspartikel sich anlegenden Wurzeln pflegen reich an organischen Säuren: Oxalsäure, Weinsäure, Zitronensäure u. a. zu sein. Diese sind sowohl im Zelleninhalt, als auch in der die Zellhaut durchsetzenden Flüssigkeit gelöst und imstande, durch die Zellwandung hindurch auf die mit ihr in innige Berührung kommenden Gesteinselemente zersetzend und lösend einzuwirken. Die so entstandene Lösung mineralischer Stoffe „diffundiert“ durch die Zellhaut hindurch in die Wurzelzellen und dient zur Versorgung der Pflanzen mit mineralischen Nährstoffen.

Auch *mechanisch* können die in die Gesteinsspalten eindringenden, an Umfang immer mehr zunehmenden Pflanzenwurzeln auf die Zertrümmerung des Gesteins hinwirken, indem sie die Erweiterung der Risse befördern, den Zusammenhang lockern und so den zersetzenden Agenzien: Luft, Wasser und Kohlensäure, den Weg bahnen.

Auf der andern Seite kann das natürliche Pflanzenwachstum einer weiteren Zerstörung der zertrümmerten Felsmassen dadurch vorbeugen, daß es deren Verschwemmung durch das Wasser hindert. Die den Boden beziehenden und mit ihren Wurzeln festigenden Moose, Gräser und Waldbäume mildern die zerstörende Kraft des auffallenden Regens und schützen das bereits entstandene Erdreich gegen den seitlichen Stofs des zuströmenden Wassers.

Schon im vorstehenden (s. auch die Anmerkung zu § 29) ist mehrfach auf jene kleinen Lebewesen Bezug genommen worden, die man gewöhnlich als *Bakterien* bezeichnet. Die Forschungen auf dem Gebiet der Bakterienkunde lassen immer klarer die gewaltige Bedeutung dieser kleinsten Organismen für zahlreiche Vorgänge in der Natur hervortreten, die man früher vornehmlich als chemische Kraftäußerungen anzusprechen

gewohnt war. Auch bei der Boden-Bildung und Umformung spielen sie offenbar eine wichtige Rolle. Insbesondere die von Hellriegel nachgewiesene Beteiligung von Bodenbakterien an der Ernährung der hülsenfrüchtigen Gewächse hat in neuerer Zeit der Untersuchung der Bodenbakterien und ihrer Bedeutung für Bodenbildung und Bodenkultur lebhaftes Interesse zugewendet und manche aussichtsreichen Ergebnisse gefördert. Immerhin darf nicht verschwiegen werden, daß die Bodenbakteriologie als Wissenschaft noch in den Kinderschuhen steckt, und ihre Entwicklung noch weit zurücksteht hinter den Fortschritten der medizinisch-hygienischen Bakteriologie.

Abgesehen von Ursachen mehr äußerer Art sind dafür besonders die Schwierigkeiten verantwortlich zu machen, die sich der Erkennung und scharfen Charakterisierung der einzelnen im Boden tätigen Mikroorganismen entgegenstellen, sowie die Veränderlichkeit, die die Bakterienflora in einem Boden schon bei geringfügigen Veränderungen des letzteren aufweist, und die Leichtigkeit, mit der die einzelne Bakterienart beim Eintritt in andere Lebensbedingungen ihre Eigenschaften und Lebensäußerungen zu verändern scheint.¹⁾

Bakterien (Spaltpilze oder Schizomycetes), der Gruppe der Thalluspflanzen (Thallophyten) unter den kryptogamischen Gewächsen angehörig, sind einzellige oder fadenförmige chlorophyllfreie Pflanzengestalten von winziger Größe — der größte Coccus (s. u.) hat einen Durchmesser von etwa $2\mu = \frac{2}{1000}$ mm. Ihre einfachste Form tritt in kugelrunden Zellen als „Kokken“ auf. „Stäbchen“formen bezeichnet man als „Bacillus“, Stäbchenzellen mit schwachschräbigen Krümmungen als „Vibrio“, stärker gekrümmte als „Spirillum“, gerade Zellfäden als „Leptothrix“, korkzieherartig gekrümmte Zellfäden als „Spirochaete“. Die Bakterien vermehren sich durch Zweiteilung der Zellen. Ihre die Erhaltung der Art sichernde Verbreitung geschieht, wie bei allen Kryptogamen, durch Sporen, kleine, aus der Mutterzelle sich abteilende selbständige Lebewesen, die bei Gegenwart geeigneter Nährstoffe und bei zusagender Temperatur keimen. Der Keim bildet sich wieder zum Bakterium aus.

Trotz der sehr geringen Unterschiede in ihrer Gestaltung weichen die verschiedenen Bakterienarten in ihrer Lebensweise und in ihren Lebensäußerungen außerordentlich stark voneinander ab.

So sicher der Zusammenhang zwischen dem Eintritt zahlreicher natürlicher Vorgänge und der Tätigkeit bestimmter Bakterien nachgewiesen ist, so rätselhaft ist vorläufig noch die Art und Weise, wie diese Wirkungen zustande kommen. Übrigens sind es nicht nur Lebens-

¹⁾ Weiteres darüber s. bei Dr. H. Fischer (Literaturnachweis).

äußerungen der Bakterienzelle, welche auf die Umgebung verändernd einwirken können. Auch an sich leblose Bestandteile des Zellinhalts, sogen. „ungeformte Enzyme“, können nach ihrem Austritt aus der Zelle Zersetzungen oder Verbindungen fremder Körper hervorrufen, mit denen sie in Berührung kommen, und zwar ohne dafs sie selbst dabei merkbare Veränderungen erleiden.

Die meisten Bakterien bedürfen der Anwesenheit von Sauerstoff („aërobe“ B.), andere können ohne Sauerstoff auskommen („fakultativ anaërobe“ B.), einige Arten gedeihen nur bei Abwesenheit von Sauerstoff („obligat anaërobe“ B.). Die Anwesenheit gröfserer Mengen von Kalk scheint die Tätigkeit aller Bakterien zu erhöhen und für die meisten Vorbedingung für ihre gedeihliche Entwicklung zu sein.

Auch der übrigen, den höheren Pflanzen nötigen mineralischen Nährstoffe können die Bakterien nicht entbehren. Während jene fast durchweg den zum Aufbau ihres Leibes nötigen Kohlenstoff dem Kohlendioxyd („Kohlensäure“) der Atmosphäre entnehmen, bedürfen die meisten Bakterien der Zufuhr organischer Stoffe zu ihrer Ernährung. Hinsichtlich ihres Stickstoffbedürfnisses verhalten sie sich sehr verschieden (s. u.).

Nach A. Fischer (s. Literaturnachweis) lassen sich die Bakterien hinsichtlich ihrer Lebensweise in drei biologische Gruppen zerlegen. Die eine, die „prototrophen“ Bakterien, vermag ganz oder teilweise ohne organische Nahrung zu gedeihen,¹⁾ die beiden anderen, die „metatropen“ und die „paratropen“ Bakterien, sind nicht fähig, aus anorganischen Stoffen ihren Leib aufzubauen und daher zu ihrer Ernährung auf bereits gebildete organische Stoffe pflanzlicher oder tierischer Herkunft angewiesen. Die metatrophe, die Mehrzahl der Bakterien umfassende Gruppe, lebt sowohl in der freien Natur als auf der inneren Oberfläche des tierischen und menschlichen Körpers. Ein Teil von ihnen ruft Gärungsprozesse hervor („zymogene“ B.), andere sind Erreger der Fäulnis („saprogene“ B.), noch andere verhalten sich je nach den vorhandenen Lebensbedingungen verschieden.

Die paratropen Bakterien gedeihen nur innerhalb lebender Organismen oder doch nur unter Bedingungen, die den Verhältnissen im lebenden Körper nachgebildet sind.

Alle Böden²⁾ enthalten zahlreiche Bakterien teils als ruhende Keime, teils in lebhafter Vegetation. Für die Bodenbildung und die Bodenkultur beanspruchen die folgenden Bakterien eine besondere Bedeutung:

¹⁾ Sie verhalten sich also nach dieser Richtung hin wie die höheren, Blattgrün enthaltenden Pflanzen, die gleichfalls fähig sind, das Kohlendioxyd der Luft zu spalten und daraus den zur Bildung der organischen Körpermasse nötigen Kohlenstoff zu entnehmen (s. o.).

²⁾ Der ursprüngliche Reichtum an Bakterien scheint von der Bodenart abhängig zu sein. So wurden beispielsweise bei annähernden Zählungen in 1 g

Die *Schwefelbakterien* (Thiobakterien), den prototrophen Bakterien (s. o.) zugehörig, finden sich an Orten, wo Schwefelwasserstoff auftritt. Sie führen die Oxydation dieses Gases unter Abscheidung von freiem Schwefel herbei.

Eisenbakterien („Ferrobakterien“), gleichfalls prototrophe Bakterienarten, wirken unter Abscheidung von Eisenhydroxyd oxydierend auf Lösungen von saurem Ferrokarbonat ein (s. § 18 S. 41). Übrigens legen manche Forscher dieser Mitwirkung an der Entstehung von Eisenockerablagerungen nur eine untergeordnete Bedeutung bei.

Von hervorragender Wichtigkeit sind die Bakterien, welche den *Bodenstickstoff* beeinflussen.

Viele saprogene (s. o.) Bakterien wirken zersetzend auf organische, an sich nicht zur Pflanzenernährung taugliche Stickstoffverbindungen tierischer oder pflanzlicher Herkunft ein, so namentlich auf Eiweißstoffe und ferner auf den Harnstoff der tierischen Ausscheidungen unter Bildung von *Ammoniak* oder Ammonverbindungen, andere, und zwar prototrophe, dabei natürlich aërobe Bakterien oxydieren den Ammonstickstoff zu *salpetriger Säure* („Nitritbakterien“: Nitrosococcus und Nitrosomonas), und eine weitere Oxydation der salpetrigen Säure zu Salpetersäure, der für die Pflanzenernährung wichtigsten Stickstoffverbindung, wird durch die Nitratbakterien (Nitrobacter) herbeigeführt („Nitrifikation“).¹⁾

Neben diesen die Stickstoffernährung der Pflanzen fördernden Bakterien finden sich im Boden verschiedene anaërobe Bakterienarten, die

Sandboden 380000, in 1 g Lehmboden 500000 Spaltpilze gefunden. Des weiteren wird Zahl und Artenmenge beeinflusst durch die Behandlung des Bodens (Kalkung, Düngung, Lockerung, Entwässerung usw.).

¹⁾ Ob die Ansicht mancher Forscher, dafs bei diesem bedeutsamen Vorgang ein Teil des Ammonstickstoffs durch Verflüchtigung oder durch Festlegung in organischen Verbindungen für die Pflanzenernährung verloren gehe oder minderwertig werde, und dafs sich hierdurch die vielfach beobachtete Minderwirkung des Ammonstickstoffs gegenüber dem Salpeterstickstoff erkläre, zu Recht besteht, ist noch nicht erwiesen. Vielleicht sind für die letztere in vielen Fällen Umstände verantwortlich zu machen, die der Nitrifikation entgegenwirken. So scheinen die Salpeterbakterien außerordentlich empfindlich gegenüber dem Wasservorrat des Bodens zu sein. Schlösing der Jüngere fand, dafs von dem Stickstoff eines und desselben Bodens unter sonst gleichen Verhältnissen bei einem Bodenwassergehalt von

$$\begin{aligned} 9,5\% &= 2,7\% \\ 10,6\% &= 80,0\% \\ 11,5-14,0\% &= 100,0\% \end{aligned}$$

in Salpeterstickstoff übergangen.

einen Zerfall der Salpetersäure unter Abscheidung elementaren Stickstoffs bewirken („Denitrifikation“).¹⁾

Noch andere Bakterien vermögen den freien Stickstoff der atmosphärischen und der Bodenluft in Stickstoffverbindungen überzuführen. Von diesen leben die Bakterien der Wurzelknöllchen der Schmetterlingsblütler, *Bacillus radicola* oder *Rhizobium radicola*, in gegenseitigem Parasitismus (Symbiose) mit den hülsenfrüchtigen Gewächsen. Sie beziehen von ihnen die nötigen stickstofffreien Nährstoffe (in der ersten Zeit nach ihrer Einwanderung in die Wurzeln jener Pflanzen vielleicht auch Stickstoffnahrung), versorgen dann aber durch ihre Fähigkeit, den freien Stickstoff der Luft zu assimilieren, die „Wirtspflanze“ mit Stickstoffverbindungen.²⁾

Auch freilebende, weit verbreitete Bakterien „*Clostridium Pasteurianum* und *Azotobacter Chroococcum*“ wandeln elementaren Stickstoff in Stickstoffverbindungen um und können dadurch bodenbereichernd wirken. Während der große Nutzen der Wurzelknöllchen-Bakterien für die Versorgung wichtiger Kulturpflanzen mit Stickstoff feststeht, sind die Meinungen über die wirtschaftliche Bedeutung der freilebenden, stickstoffassimilierenden Bakterien geteilt. Nur so viel scheint festzustehen, dass man durch gewisse Maßnahmen: Kalkung, Zufuhr von mineralischen und von kohlenstoffhaltigen Stoffen (Zucker, Holzfasern usw.), Bodendurchlüftung u. a. m. ihre bodenbefeuchtende Tätigkeit verstärken kann.³⁾

Einfluss abgestorbener Pflanzen auf die Bodenbildung. Von größter Bedeutung für die Entstehung des Bodens sind ferner die Veränderungen, welche die Pflanzen nach ihrem Tode erleiden, und die Wirkung, die sie auf das umgebende Gestein ausüben.

1) Über den Grad der Schädigung, die der Salpetervorrat eines Bodens durch die Tätigkeit dieser Organismen erleiden kann, gehen die Ansichten noch weit auseinander; ebenso darüber, inwieweit Bodenbakterien Ammoniak- und Salpetersäure-Stickstoff zur Bildung ihrer Körpersubstanz verbrauchen und durch dessen Festlegung ihn den Kulturgewächsen entziehen.

2) Böden, denen diese wichtigen Bakterien fehlen, kann man sie (Salfeld) durch Aufbringen geringer Mengen von Erde aus leguminosenwüchsigen Äckern („Bodenimpfung“) oder (Nobbe und Hiltner) von Reinkulturen des *Bacillus radicola* („Nitragin“) einverleiben. Dass hierbei von verschiedenen Leguminosengattungen abstammende Bakterien sich gegenseitig vertreten können, ist zwar für Erbsen und Wicken nachgewiesen, jedoch scheinen im allgemeinen die von einer bestimmten Leguminosenart gewonnenen Bakterien nur für Arten der gleichen Leguminosengattung wirksam zu sein.

3) Allerdings wird durch einige dieser Mittel auch die verhängnisvolle Arbeit der salpeterzersetzenden Lebewesen gefördert.

§ 51.

Verwesung. Unter natürlichen Verhältnissen unterliegen die Bestandteile abgestorbener Pflanzen einer fortdauernden Umwandlung. Eingeleitet wird sie wahrscheinlich stets durch die Lebenstätigkeit von Bakterien (s. o.), deren Art auch auf den Verlauf und die Endprodukte des Zersetzungs Vorganges von Einfluss ist. Beteiligt sich der *Sauerstoff* der Luft in hervorragendem Grade an dem Zersetzungs Vorgange, so bezeichnet man diesen als *Verwesung*. Die Verwesung ist als ein Oxydationsprozess, eine langsame Verbrennung anzusehen, wobei, unter Aufnahme von Sauerstoff, schliesslich aller Kohlenstoff der organischen Pflanzenbestandteile in Kohlendioxyd, und aller Wasserstoff in Wasser sich umsetzt, also die einfachen Verbindungen zurückgebildet werden, aus denen die lebende Pflanze die verwickelt zusammengesetzten Bestandteile ihres Körpers formte. Der von den Pflanzen in organischen Verbindungen, namentlich als Eiweiss aufgespeicherte Stickstoff wird bei der Verwesung entweder als freies Gas ausgeschieden, oder in Ammoniak oder in Salpetersäure (§ 28) umgewandelt, während die durch die Wurzeln aufgenommenen Mineralstoffe als Karbonate, Nitrate, Sulfate, Phosphate, Silikate und Chloride zurückbleiben. Wie diese Mineralsalze die komplizierte Verwitterung (§ 45), so befördert das beim Verwesungsprozess auftretende Kohlendioxyd in Verbindung mit Wasser die einfache Verwitterung (§ 38) der noch nicht völlig zersetzten Gesteinstrümmer. Andererseits tragen die von den verwesenden Pflanzen hinterlassenen Stickstoffverbindungen, sowie die Pflanzennährstoffe Kalk, Kali, Phosphorsäure u. a., die von den Pflanzenwurzeln beim Eindringen in die tieferen Bodenschichten gesammelt und beim Verwesen der Pflanzen in den oberen Bodenschichten angehäuft zurückgelassen werden, erheblich dazu bei, die Bedingungen für das Wachstum anspruchsvollerer Gewächse günstiger zu gestalten, und zwar um so mehr, je vollständiger deren Überführung in Salpetersäure oder vielmehr in salpetersaure Salze erfolgt. Die Umstände, die hierfür besonders maßgebend sind, werden später noch näher erörtert werden.

§ 52. *Der Verlauf des Verwesungsprozesses* hängt im wesentlichen ab von den zur Verfügung stehenden *Sauerstoff- und Wassermengen*, von der *Temperatur*, der größeren oder geringeren *Widerstandsfähigkeit* der der Zersetzung unterliegenden Pflanzenbestandteile und von der Anwesenheit oder Abwesenheit gewisser mineralischer Stoffe, die die Lebenstätigkeit der Verwesungsbakterien beeinflussen oder auf die pflanzlichen Stoffe eine chemische Wirkung ausüben.

Je leichteren Zutritt der *Luftsauerstoff* zu den abgestorbenen Pflanzenresten hat, um so energischer wird im allgemeinen die Oxydation von Kohlenstoff und Wasserstoff verlaufen. Die Anwesenheit von *Wasser*

ist ferner eine durchaus nötige Vorbedingung für den Eintritt der Verwesung. Diese findet nicht statt bei völlig ausgetrockneten Stoffen, sie wird durch zunehmenden Wassergehalt der verwesenden Substanz so lange gesteigert, als dieser keinen hemmenden Einfluss auf den Zutritt des Luft-sauerstoffs ausübt. Eine Anhäufung von verwesenden Pflanzenstoffen entwickelte bei einem Wassergehalt

von 6,8 ‰	26,8 ‰	46,8 ‰
1,6 Raumteile	26,7 Raumteile	30,6 Raumteile Kohlendioxyd.

Die Intensität der Verwesung ist ferner in hohem Grade abhängig von der Höhe der *Temperatur*. Sie wird verlangsamt oder gehemmt, sobald die Temperatur unter eine gewisse Grenze sinkt oder gewisse Grade übersteigt. Wie groß deren Einfluss innerhalb der Grenzen, zwischen denen noch eine Verwesung erfolgt, auf die Energie der Oxydation ist, geht aus folgenden Zahlen hervor. Verwesende Pflanzenteile lieferten bei einer Temperatur zwischen 0—7,2° 10,6—15,9° 17,7—27,3°

12,4	18,3	38,4 Gewichtsteile Kohlendioxyd.
------	------	----------------------------------

Dafs die *besonders festen und dichten* Pflanzenteile, z. B. die verholzten Stengel länger der Verwesung widerstehen, als die weichen und porösen, die dem Eindringen der Zersetzungsagenzien kein Hindernis bieten, liegt auf der Hand. Auch die *chemische Beschaffenheit* gewisser Pflanzenbestandteile spielt dabei eine Rolle. Sehr widerstandsfähig sind z. B. die mit Kieselerde imprägnierte Oberhaut vieler Gewächse, sowie die Wachs- und Harzstoffe der Pflanzen. Das aus eigentümlichen Umwandlungen von abgestorbenen Pflanzen (vielleicht auch von tierischen Körpern) hervorgegangene *Erdharz* („Erdwachs“, „Bitumen“) kann, indem es Gesteine durchdringt, diese auffällig lange vor der Verwitterung schützen. Befördert wird die Verwesung sehr erheblich durch die Anwesenheit *alkalisch reagierender* Stoffe, z. B. von Kalium- und Natriumkarbonat, von Calciumhydroxyd und auch von Calciumkarbonat, also von Stoffen, die auf die pflanzlichen Substanzen lösend einwirken und wahrscheinlich der Entwicklung und der Lebenstätigkeit der Verwesungsorganismen förderlich sind. *Verlangsamt* oder vollständig gehemmt wird sie dagegen durch andere Stoffe, welche die Entwicklung der Bakterien ungünstig beeinflussen, so durch gröfsere Mengen von Chloriden der Alkali- und Erdmetalle, z. B. von Kochsalz, Kaliumchlorid u. a., ferner durch lösliche Salze der schweren Metalle, z. B. Eisensulfat, Quecksilberchlorid, Kupfersulfat u. a. Auch das Vorhandensein freier Säuren wirkt nachteilig auf die Verwesungsvorgänge ein.

Endlich beteiligen sich an der Zersetzung der Pflanzenreste im Boden noch die in dem letzteren lebenden *Tiere*, und unter diesen in hervorragendem Grade die Regenwürmer, mittelbar, indem sie durch ihre

wühlenden und grabenden Bewegungen den Boden lockern und dadurch dem Luftsauerstoff Eingang verschaffen, unmittelbar dadurch, daß sie die als Nährmaterial aufgenommenen Pflanzenstoffe in ihren Verdauungsorganen zu einer der Verwesung leicht unterliegenden Masse verarbeiten. Behilflich sind ihnen dabei gewisse, ihrem Darmkanal eigene Drüsen, die Calciumkarbonat absondern. Auch die Tätigkeit anderer im Boden hausender Würmer, ferner von Insekten (Engerlingen, Ameisen) und auch von höheren Tieren (namentlich von Maulwürfen) wirkt nach beiden Richtungen fördernd auf die Verwesung ein. Das Vorhandensein *freier Säuren* im Boden verschlechtert die Lebensbedingungen aller dieser Tiere.

§ 53.

Humus. Bisher war nur die Rede von den Endprodukten der Verwesung. Zwischen ihnen und den organisierten Pflanzengebilden, aus denen sie hervorgehen, liegt aber eine große Anzahl von *Mittelgliedern*, von dunkel gefärbten, in den verschiedensten Zersetzungsstadien befindlichen und sich fortwährend verändernden Substanzen, Produkten einer noch unvollständigen Verwesung. Diese Stoffe, die, solange sie sich nicht infolge weiterer Aufnahme von Sauerstoff in die letzten, zum Teil luftförmigen Produkte des Verwesungsprozesses umgewandelt haben, einen wichtigen Teil des Kulturbodens bilden, bezeichnet man als *Humus* oder als „Humusstoffe“, „Humussubstanzen“.

Obwohl die chemische Forschung mit der Untersuchung der *Humusstoffe* sich vielfach beschäftigt hat, ist es bisher nicht gelungen, deren chemische Natur befriedigend aufzuklären. Durch Einwirkung gewisser Reagenzien lassen sich zwar aus dem Humus verschiedene Körper absondern, die aber bei verschiedener Darstellungsweise verschiedene Zusammensetzung und verschiedene Eigenschaften aufweisen und daher nicht als reine chemische Verbindungen, sondern wahrscheinlich als ein Gemenge von verschiedenen Körpern angesehen werden müssen. Nichtsdestoweniger hat man diesen Stoffen Namen beigelegt, wie „Humin“, „Ulmin“, „Huminsäure“, „Ulminsäure“, „Quell-“ oder „Krensäure“, „Quellsatz-“ oder „Apokrensäure“, „Geinsäure“ u. a. m., ohne aber Gewißheit darüber schaffen zu können, ob sie vorgebildete Bestandteile des Humus oder erst bei seiner chemischen Verarbeitung entstanden sind. Durch Behandlung des natürlich vorkommenden Humus mit kalten alkalischen Flüssigkeiten (Kalilauge, Natronlauge, Ammoniak) lassen sich daraus Stoffe abtrennen, die in den angewandten Reagenzien löslich sind, aus ihrer Lösung durch Zusatz von Säuren abgeschieden werden, also den Charakter von in Wasser schwer löslichen Säuren tragen. Ein anderer Teil des Humus wird von alkalischen Flüssigkeiten nicht in Lösung übergeführt. Die gelösten Stoffe bezeichnet man gewöhnlich als *Humussäure*, die nicht löslichen als

Humins. Beide Stoffe oder Stoffgruppen enthalten neben Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff noch Stickstoff und mineralische Stoffe, deren Abtrennung so schwer gelingt, daß es unklar bleibt, ob sie einen integrierenden Teil oder nur eine Verunreinigung der erstgenannten bilden. Zwar ist es gelungen, aus den in Alkalien löslichen Bestandteilen des Humus eine von Mineralstoffen und von Stickstoff fast freie Säure zu gewinnen (Detmers Huminsäure), aber es ist unentschieden, ob sie im natürlichen Humus vorhanden oder ein durch die vorgenommenen Manipulationen umgestaltetes Produkt ist.

Die durch Alkalien in Lösung gebrachten Stoffe, die wir schlechtweg als „Humussäure“ bezeichnen wollen, sind in reinem Wasser schwer löslich. Ein Gehalt des Wassers an freien Säuren und an gewissen Salzen: Chloriden, Nitraten, Sulfaten der Alkali- und Erdmetalle, erhöht die Schwerlöslichkeit, die Anwesenheit von löslichen Phosphaten vermindert sie. Aus einer wäßrigen Lösung werden die Humussäuren bei sehr niedriger Temperatur abgeschieden. So wenig die chemische Natur der natürlichen Humusstoffe erkannt ist, so läßt sich doch von allen sagen, daß sie aus Kohlenstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und den Mineralstoffen bestehen, die den humusliefernden Pflanzen eigen waren. An Kohlenstoff sind sie prozentisch reicher, an Wasserstoff und Sauerstoff prozentisch ärmer als der Pflanzenbestandteil, aus dem sie der Hauptmasse nach entstanden sind: die Pflanzenfaser oder *Cellulose*. Der letzteren kommt die chemische Formel: $C_6H_{10}O_5$ zu und sie enthält demnach 44,4% Kohlenstoff, 6,2% Wasserstoff, 49,4% Sauerstoff. Dagegen enthalten die von Mineralstoffen, Stickstoff und Wasser ganz freigesetzten Humusstoffe etwa 59—64% Kohlenstoff, 4,4—4,6% Wasserstoff und 35—36% Sauerstoff. Bei der langsamen Oxydation der Pflanzenstoffe, die man als Verwesung bezeichnet, treten also von dem ursprünglich vorhandenen Wasserstoff und Sauerstoff größere Mengen in Form von Wasser aus, als von dem Kohlenstoff in Form von Kohlendioxyd. Man kann sich den Vorgang etwa in folgender Weise vorstellen. Nach der Formel der Cellulose (s. o.) kommen darin auf

72 G.-T. Kohlenst., 10 G.-T. Wasserst., 80 G.-T. Sauerst.

Infolge der Verwesung an Luftsauerstoff aufgenommen:

	—	„	„	—	„	„	32,6	„	„
Summa:	72	G.-T.	Kohlenst.,	10	G.-T.	Wasserst.,	112,6	G.-T.	Sauerst.

Zur Bildung von 45,1 Kohlendioxyd u. von 49,5 Wass. verwendet:

	12,3	„	„	5,5	„	„	76,8	„	„
Bleibt:	59,7	G.-T.	Kohlenst.,	4,5	G.-T.	Wasserst.,	35,8	G.-T.	Sauerst.

d. i. die prozentische Zusammensetzung von Detmers „Huminsäure“ (s. o.).

Der *Stickstoff*gehalt der natürlichen Humusstoffe hängt zunächst ab von dem größeren oder geringeren Stickstoffreichtum der humusbildenden Pflanzen. Es ist anzunehmen, daß in den ersten Stadien der Verwesung nur sehr wenig Stickstoff austritt. Infolge der Oxydation des Kohlenstoffs und des Wasserstoffs zu Kohlendioxyd und Wasser, die zum Teil auf Kosten des Luftsauerstoffs, zum Teil auf Kosten des in der Masse selbst enthaltenen Sauerstoffs (s. o.) vor sich geht, muß sich der zurückbleibende Rest also prozentisch immer mehr mit Stickstoff anreichern. Er ist zum weitaus überwiegenden Teil fest an Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff gebunden und setzt sich erst bei weiterem Fortschreiten des Verwesungsvorganges und dem damit verbundenen völligen Zerfall der Pflanzenreste in Verbindungen um, die für die Kulturpflanzen aufnehmbar sind (Ammoniak, Salpetersäure). Weiteres darüber werden die Erörterungen über die Eigenschaften der verschiedenen Böden bringen. Der Stickstoffgehalt des von Wasser und Mineralstoffen frei gedachten Humus kann 1—6 % betragen.

Die natürlichen Humusstoffe besitzen in der Regel eine schwächer oder stärker saure Reaktion, d. h. sie röten in feuchtem Zustand blauen Lackmusfarbstoff. Sehr häufig beruht diese nur auf einem Gehalt an Kohlensäure, die sich bei der stetig fortschreitenden Verwesung der Humusstoffe bildet. In diesem Fall verschwindet beim Austrocknen der Masse mit der Verflüchtigung des Kohlendioxyds auch die saure Reaktion (§ 17). Nicht selten bleiben aber auch die Humussubstanzen nach dem Austreiben der anhaftenden Kohlensäure sauer, sie enthalten dann *freie Humussäuren*, und man kann in diesem Fall von „saurem Humus“ sprechen. Im andern Fall darf man annehmen, daß die im Humus enthaltenen Humussäuren an Metalle (namentlich an Calcium) gebunden, also in Form von Salzen vorhanden sind, und man nennt derartigen Humus wohl „milden“ Humus. Der letztere wird sich also namentlich aus Pflanzen und in Bodenarten bilden, die an basischen Stoffen und besonders an Kalk reich sind, während die Entstehung des sauren Humus an kalkarme Pflanzen und Böden gebunden ist. Eigentümlich und noch nicht genügend aufgeklärt ist es, daß die humussauren Salze weit leichter der *Verwesung* unterliegen als die freien Humussäuren,¹⁾ und hierauf dürfte zum Teil die zersetzende Wirkung zurückzuführen sein, die die Zufuhr von Kalk und von kohlen-sauren Salzen auf die sauren Humusstoffe ausübt. Die Humussäuren werden dadurch in humussaure Salze („Humate“) umgewandelt, diese gehen durch langsame Oxydation in kohlen-saure Salze über, die dann wieder fähig sind, mit Humussäuren Humate zu bilden.

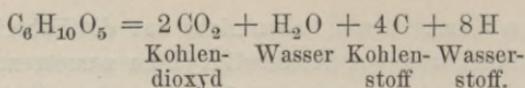
¹⁾ Zu einem Teil hängt diese Tatsache allerdings damit zusammen, daß die Verwesung fördernden Organismen in sauren Stoffen ungünstigere Lebensbedingungen vorfinden (s. o.).

Die freien Humussäuren haben nicht nur die Fähigkeit, kohlen-saure Salze unter Austreibung von Kohlendioxyd zu zersetzen, sie wirken, wo sie in großen Massen vorhanden (§ 18, Anm.), auch zerlegend auf beständigeere Verbindungen ein. Chloride, Sulfate, Phosphate, ja die schwer zersetzlichen Silikate werden durch sie unter Bildung von humussaurer Salzen und unter Abscheidung von freier Chlorwasserstoffsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure, Phosphorsäure oder saurer phosphorsaurer Salze (§ 20), also von Stoffen zerlegt, die zum Teil die Zersetzung der vorhandenen Gesteine auf das lebhafteste befördern. An der letzteren beteiligt sich übrigens auch, wenn auch weniger energisch, der milde, freie Humussäuren nicht enthaltende Humus insofern, als er eine stetig fließende Quelle von Kohlensäure darstellt.

Abgesehen von den chemischen Wirkungen, die die Humusstoffe auf die mineralischen Bestandteile des Bodens ausüben, teilen sie diesem wichtige Eigenschaften mit, von denen später ausführlich die Rede sein wird.

§ 54.

Die Vermoderung und Verkohlung. Sind die Bedingungen, z. B. die *Temperatur*verhältnisse, für eine schnelle Verwesung der abgestorbenen Pflanzenreste nicht günstig, wird namentlich durch irgend einen Umstand der Zutritt des *Luftsauerstoffs* erheblich gehemmt, so findet zwar auch eine Zersetzung der ersteren statt, aber sie verläuft dann weit langsamer, und die Zwischen- und Endprodukte sind von den bei reichlichem Luftzutritt entstehenden verschieden. Eine mangels ausreichenden Luftzutrittes verzögerte und in ihren Produkten modifizierte Verwesung pflegt man als „Vermoderung“ zu bezeichnen. Auch bei der Vermoderung verlieren die Pflanzenteile allmählich ihre Struktur, sie werden „desorganisiert“, sie setzen sich in „Moder“ um. Die aus der Vermoderung der organischen Stoffe hervorgehenden Körper zeichnen sich vor den Verwesungsprodukten namentlich durch einen geringeren Sauerstoffgehalt aus. Bei mangelndem Luftzutritt oxydieren sich Kohlenstoff und Wasserstoff der organischen Pflanzenteile hauptsächlich auf Kosten des nur in beschränktem Maß vorhandenen Sauerstoffs der letzteren, es werden also auch nur beschränkte Mengen von Kohlendioxyd und Wasser gebildet, während ein größerer Teil des Kohlenstoffs zurückbleibt oder auch in Form von sauerstofffreien Kohlenstoff-Wasserstoffverbindungen sich verflüchtigt. Zur Veranschaulichung dieses Vorganges kann man wieder von dem hauptsächlichsten Pflanzenbestandteil, der Pflanzenfaser oder Cellulose ($C_6H_{10}O_5$) ausgehen (vergl. § 53). Würde aller Sauerstoff der Cellulose zur Bildung von Kohlendioxyd und Wasser verbraucht, so ließe diese Umsetzung sich durch die folgende chemische Gleichung ausdrücken:



Verliefe die Umwandlung in dieser Weise, so würde als Endprodukt reiner Kohlenstoff zurückbleiben, der Wasserstoff aber sich verflüchtigen.¹⁾ Bei dem Vermoderungsprozefs tritt aber fast immer noch ein Kohlenwasserstoff von der Zusammensetzung CH_4 auf: „*Sumpfgas*“, „*Grubengas*“, in der chemischen Sprache „*Methan*“ genannt, ein brennbares Gas, das beim Aufröhren stehender, an vermodernden Pflanzenstoffen reicher Gewässer leicht beobachtet werden kann und das den Hauptbestandteil der gefährlichen „schlagenden Wetter“ in den Steinkohlengruben bildet. Man kann also annehmen, dafs ein Teil des Kohlenstoffs der vermodernden Pflanzenmasse mit dem Wasserstoff Methan bildet: $2C + 8H = 2CH_4$. Es würde also als letztes Produkt der Vermoderung nur Kohlenstoff zurückbleiben. Wenn die Vermoderungsvorgänge in der Natur auch schon deswegen sich nie so glatt vollziehen, wie es diese schematischen Gleichungen andeuten, weil die sich zersetzenden Pflanzenmassen neben Cellulose noch viele andere Stoffe von anderer Zusammensetzung enthalten, so tritt dabei doch stets eine erhebliche prozentische Anreicherung der festen Vermoderungsprodukte an Kohlenstoff auf, und man spricht daher bei weit fortgeschrittenen Vermoderungsprozessen mit Recht von einer „Verkohlung“.²⁾

§ 55.

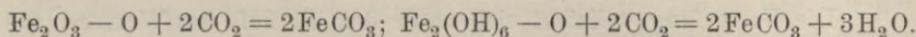
Reduktionsprozesse. Charakteristisch für den Vermoderungsprozefs sind die Wirkungen, die die vermodernden Pflanzenreste auf sauerstoffhaltige Körper ausüben, mit denen sie in Berührung kommen. In ihrem Bestreben, ihren Kohlenstoff und Wasserstoff zu Kohlendioxyd und Wasser zu oxydieren, entziehen sie den letzteren Sauerstoff und bewirken so ihre „Reduktion“. Die Entstehung von Sulfiden aus Sulfaten, das Auftreten von Schwefelwasserstoffgas infolge von Reduktionsvorgängen ist bereits früher besprochen worden (§ 22).

Eisenoxyd und *Eisenhydroxyd* werden durch vermodernde Pflanzenreste zu Eisenoxydul und Eisenhydroxydul reduziert. Durch das infolge der Kohlenstoff-Oxydation gleichzeitig auftretende Kohlendioxyd können diese Verbindungen in kohlen-saures Eisenoxydul übergeführt und, da dieses

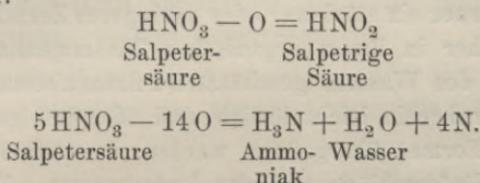
¹⁾ Bei der Zersetzung organischer Stoffe unter Abschluss des Luftsauerstoffs wird regelmäfsig auch freier Wasserstoff entwickelt.

²⁾ Der Anthracit, die Steinkohlen und die Braunkohlen sind die bekannten Produkte der „Verkohlung“ von Pflanzenmassen. Infolge des Verkohlungsprozesses ist der Kohlenstoffgehalt bei dem ältesten Gebilde, dem Anthracit, bis auf etwa 94 % bei den jüngeren Steinkohlen auf 80–90, bei den noch jüngeren Braunkohlen auf etwa 70 % gestiegen.

in dem kohlen säurehaltigen Bodenwasser löslich ist, beweglich gemacht werden:



Die *Salpetersäure der Nitate* kann bei Anwesenheit vermodernder Stoffe zu salpetriger Säure und zu Ammoniak reduziert werden. Ihre Überführung in Ammoniak ist bisweilen begleitet von einer Abspaltung freien Stickstoffgases. Die folgenden Gleichungen mögen den Vorgang veranschaulichen:



§ 56.

Moorbildung, Vertorfung. — Torf. Überall, wo die Bedingungen für ein üppiges Pflanzenwachstum gegeben sind, und andererseits irgend welche Umstände der schnellen Verwesung der abgestorbenen Pflanzen im Wege stehen, wo z. B. gröfsere, die letzteren umgebende Wassermengen den Zutritt des Luftsauerstoffs verhindern oder doch stören, können sich allmählich so grofse Mengen ganz oder teilweise vermoderter Pflanzenreste ansammeln, dafs sie ausschliesslich den Boden bilden, während der Charakter des darunter liegenden Gesteins oder Mineralbodens ganz zurücktritt. Derartige fast ganz aus den Resten abgestorbener Pflanzengenerationen bestehende Böden bezeichnet man als „*Moor*“.

Die Vorgänge, die die Umwandlung der Pflanzen in einen dem unbewaffneten Auge als völlig amorph erscheinenden Moder oder in ein Gemenge von formlosen und von solchen Pflanzenresten bewirken, welche infolge ihrer gröfseren Widerstandsfähigkeit (§ 52) ihr ursprüngliches Gefüge noch deutlich erkennen lassen, werden gewöhnlich unter dem Ausdruck „*Vertorfung*“ zusammengefafst. Das Zersetzungsprodukt selbst bezeichnet man als „*Torf*“, ¹⁾ falls es die Fähigkeit besitzt, beim Austrocknen ein gutes Brennmaterial zu liefern. Diese beruht — abgesehen von der Brennbarkeit — auf einem hohen Gehalt an stark vermoderter Pflanzenmasse, der eine erhebliche Volumverminderung, also Verdichtung beim Austrocknen zur Folge hat, und auf einem nicht unerheblichen Gehalt an weniger

¹⁾ Die von H. Potonié und von C. Weber vertretene Unterscheidung zwischen „*Vermoderungs-*“ und „*Vertorfungsvorgang*“ und zwischen den Gebilden „*Moder*“ und „*Torf*“ scheint mir durch die angeführten Unterscheidungsmerkmale nicht genügend begründet. (F.)

zersetzten pflanzlichen Fasern, die das Zerbröckeln, Zerkrümeln, Auseinanderfallen der getrockneten Masse verhindern.¹⁾

Die Vertorfung vollzieht sich unter dem Einfluß des Wassers, das die abgestorbenen Pflanzen durchtränkt und den Zutritt des Luftsauerstoffs absperrt oder doch wesentlich einschränkt. Dadurch wird die Verwesung gehemmt, dagegen der Zersetzungs Vorgang gefördert, den wir früher (§ 54) als Vermoderung und Verkohlung bezeichnet haben. Mit ihm ist eine Dunkelfärbung der Pflanzenteile verbunden, die sich auch dem umgebenden Wasser mitteilt, ferner ein stärkerer oder geringerer Zerfall der pflanzlichen Gewebe. Die vorher in ihrem organischen Zusammenhang vor der auswaschenden Kraft des Wassers geschützten Pflanzenbestandteile verfallen, soweit sie von vornherein leicht löslich sind oder infolge der Zersetzung in leicht lösliche Formen übergeführt werden, der Auslaugung durch die atmosphärischen Niederschläge und das Bodenwasser. Zu diesen Stoffen gehören insbesondere die *Kalium*verbindungen, an denen alle Torfarten außerordentlich arm sind. Auch ein beträchtlicher Teil der Phosphorverbindungen in den torfbildenden Pflanzen kann verloren gehen, wenn nicht die Anwesenheit eisenhaltigen Wassers die Entstehung schwerlöslicher Phosphorsäuresalze veranlaßt.

Ein charakteristisches Merkmal der fortschreitenden Vertorfung ist der Übergang der geformten Pflanzenteile in eine mehr oder weniger formlose Masse mit wesentlich veränderten Eigenschaften.²⁾ Die Torfsubstanz besitzt die Fähigkeit, große Flüssigkeitsmengen unter starker

¹⁾ Obige Erklärung entspricht dem gewöhnlichen Sprachgebrauch. Nach einer Vereinbarung zwischen der Geologischen Landesanstalt und der Moor-Versuchs-Station wird in Zukunft bei den Mooraufnahmen der ersteren die Bezeichnung „Moor“ als geologischer, die Bezeichnung „Torf“ als petrographischer Begriff angesehen. Die Moore bestehen aus Torf. Nur solche Bodenbildungen werden nach dieser Übereinkunft als „Moore“ bezeichnet, die mindestens eine 20 cm mächtige, von zufälligen Bestandteilen (z. B. Sand, Kalk, Eisen, Ton) nahezu freie Torfschicht aufweisen. Die Substanz der verschiedenen Torfschichten setzt sich aus den Resten verschiedener Pflanzengesellschaften zusammen, denen als zufällige Bestandteile Ton und Sand, durch Wasser oder Wind von außen zugeführt, beigemischt sein können, und die als Erzeugnis chemischer (oder biologischer) Vorgänge während ihrer Bildung nicht selten einen hohen Gehalt an Eisen- oder Calciumverbindungen aufweisen.

²⁾ Als Produkt einer besonders weit fortgeschrittenen Vertorfung ist der *Dopplerit* zu nennen, ein in den verschiedensten Torfarten vorkommendes und diesen nach seinem Gehalt an Stickstoff und Mineralstoffen entsprechendes, aber völlig amorph gewordenes Gebilde. Im frischen Zustande bildet er eine dunkel gefärbte Gallert, die zu einer schwarzen, glänzenden, asphaltähnlichen Masse mit muschligem Bruch austrocknet. Eigentümlicherweise scheinen selbst die in kalkreichen Mooren vorkommenden Dopplerite freie Humussäuren zu enthalten.

Vergrößerung ihres Volumens in sich aufzunehmen und festzuhalten (Quellungsvermögen — s. darüber unten § 78). Diese Fähigkeit geht aber verloren, wenn durch starkes Austrocknen ihr der größte Teil des Wassers entzogen wird. Hierbei schrumpft sie ähnlich wie austrocknender Ton zu bisweilen äußerst harten, holzartigen, vom Wasser kaum noch benetzbaren Stücken zusammen. Je mehr die torfbildenden Pflanzenteile ihre organisierte Form verlieren, um so stärker wird ihr Kontraktionsvermögen. Fast amorph gewordene Torfarten (s. u.) können hierbei unter erheblicher Zunahme ihres spezifischen Gewichtes und ihrer Härte auf $\frac{1}{10}$ des ursprünglichen Volums schwinden.

Im Verfolg des Vertorfungsprozesses häufen sich die abgestorbenen Pflanzenmassen zu Schichten an, die nicht selten die Mächtigkeit von 10 m und mehr erreichen.

Entsprechend den äußerst mannigfaltigen Verhältnissen, unter denen Moor entstehen kann, weisen auch die verschiedenen Moore große Verschiedenheiten in ihrer Beschaffenheit und in ihren Eigenschaften auf. In erster Linie wird die für seine Kultivierung maßgebende Beschaffenheit eines Moores durch die Art der Pflanzen bedingt, die sich an seiner Bildung beteiligt haben, und weiter durch den Zersetzungszustand, in dem sich die abgestorbenen Reste dieser Pflanzen befinden. Letzterer steht einerseits wieder zu der natürlichen Beschaffenheit der moorbildenden Pflanzen (§ 52) und andererseits zu den der Vertorfung mehr oder weniger günstigen äußeren Verhältnissen in nahen Beziehungen. Ob sich aber an irgend einer Stelle diese oder jene Pflanzenarten besonders üppig entwickeln werden, hängt ganz wesentlich von der Beschaffenheit des Bodens, worin sie wurzeln, und des Wassers ab, das der Vegetation ihre Nährstoffe zuführt, und so kann man mit vielem Recht den Satz aufstellen: *Die Beschaffenheit einer Moorbildung richtet sich nach der Beschaffenheit des Untergrundes, worauf sie aufgewachsen ist, und nach der Beschaffenheit der Zuflüsse, die die moorbildenden Pflanzen von außen her erhalten haben.*

§ 57. Einteilung und Benennung der Moore. Nach den vorstehenden Bemerkungen lassen sich die meisten der mannigfaltigen Moorgebilde in zwei Hauptgruppen ordnen. Die Glieder der einen entstanden unter Verhältnissen, die nur bezüglich ihrer Ernährung besonders anspruchslosen Pflanzen ein üppigeres Wachstum gestatten, die der anderen Gruppe angehörigen Moore bildeten sich auf einem Boden, der entweder selbst an Nährstoffen reich war oder von außen her fruchtbares Wasser zugeführt erhielt. Im ersteren Fall beteiligen sich an der Torfzusammensetzung hauptsächlich Torfmoose (Sphagnaceen), heidekrautartige Gewächse (Erica, Calluna u. a.) und gewisse Riedgräser, namentlich „Wollgras“ (Eriophorum)

im anderen treten als torfbildend weit zahlreichere Pflanzenarten auf, darunter in hervorragenden Mengen gewisse Süßgräser (Gramineen): das gemeine Dachrohr („Reet“, „Ried“ — *Phragmites communis*), Schilf (*Calamagrostis*), *Poa aquatica* u. a., ferner zahlreiche Sauergräser (Halb-, Schein-gräser — Cyperaceen): Riedgras (*Segge* — *Carex*), Binse (*Scirpus*), ferner Rohrkolben (*Typha*), Simse (*Juncus*), von Moosen nur selten Sphagnaceen (Torfmoose), dagegen Hypneen (Astmoose), von Holzgewächsen besonders Erle (*Alnus*), aber auch Eiche, Esche, Linde, Fichte, Weide u. a.

Nach den an der Torfbildung vornehmlich beteiligten und noch jetzt in ihrer natürlichen Vegetation vorherrschenden Pflanzen bezeichnet man die eine Moorgruppe als *Torfmoos-Wollgras-Heidetorf* oder Sphagneto-Eriphoreto-Callunetum, die andere als *Grastorf* (auch Grünlands- oder Wiesen- oder Rasentorf) oder Hypneto-Cariceto-Graminetum. An die Stelle dieser etwas weitläufigen Benennungen treten zweckmäßig die Bezeichnungen „heidewüchsige“ oder „graswüchsige“ Moore. Als eine Unterabteilung beider Gruppen kann man den *Waldtorf* (Arboretum) ansehen, dessen Substanz neben den Bestandteilen des Moos-Heidetorfes oder des Grastorfes noch erhebliche Mengen von Holz- und Blattresten enthält, und zwar von Birken- und Kiefern- (Föhren-) Resten beim Moostorf-Waldtorf, von Erlen, Weiden, Eschen, Eichen, Linden u. a. beim Grastorf-Waldtorf.

Zwischen diesen hinsichtlich ihrer natürlichen Vegetation, ihrer Bodenbeschaffenheit und ihres kulturellen Verhaltens streng geschiedenen Moorgruppen stehen zahlreiche Zwischenstufen, hervorgegangen aus Pflanzengesellschaften, deren einzelne Glieder zum Teil den niedermoorbildenden, zum Teil den hochmoorbildenden Gewächsen zuzurechnen sind.

Da die zur Moos-Wollgras-Heidetorf-Gruppe gehörigen Moore auf einem über dem gewöhnlichen Grundwasserspiegel belegenen Boden, und nicht oder nur wenig vom Bodenwasser beeinflusst, entstanden sind, die Unterlage der Grasmoore aber entweder von Wasser bedeckt oder doch häufigen Überschwemmungen ausgesetzt war, so nennt man die Moore der ersten Gruppe auch „Überwassermoore“ (Supraaquatische) oder „Hochmoore“, die der anderen „Unterwassermoore“ (Infraaquatische) oder „Niederungsmoore“.¹⁾

¹⁾ Die Bezeichnung „Hoch“moor wird auch (wahrscheinlich fälschlich) dem Umstande zugeschrieben, daß diese Moore eine gewölbte, in ihrer Mitte sich weit über die Ränder erhebende Oberfläche besitzen, während die Oberfläche der Niederungsmoore meist flach (bisweilen auch in der Mitte etwas gesenkt) erscheint. Die Hochmoore werden in Ostpreußen „*Moosbruch*“, in anderen Gegenden „Moos“ oder „Mösse“ genannt. Die Niederungsmoore bezeichnet man im nördlichen Deutschland auch als „Bruch“ (Bruchmoor) und als „Luch“. Weniger scharf unterscheidend braucht man für die verschiedenen Moore in West- und Süddeutschland die Bezeichnungen „Venn“, „Filz“, „Ried“, „Lohden“, „Wehr“ u. a.

Die nach ihrem Gehalt an torfbildenden Pflanzen zwischen beiden Gruppen stehenden Moore bezeichnet man als „Zwischen-“ oder „Mittelmoores“, oder häufiger noch als „Übergangsmoores“, weil in der oft vorkommenden Schichtenfolge: Niedermoores—Hochmoors der Zwischenmoors den Übergang von einer Torfart in die andere bildet.

Die Benennung der Moorgruppen: *Hochmoor* und *Niedermoor* ist, wenigstens in Norddeutschland, die allgemein übliche und schließt sich an die holländischen Namen „hooge veenen“ und „laage veenen“ und an die weitverbreiteten Bezeichnungen „Höhenboden“ und „Niederboden“ an. Sie bringt die für die allermeisten Glieder der einzelnen Gruppen zutreffenden Unterschiede hinsichtlich ihrer Höhenlage zum Wasser zum Ausdruck und gewährt dadurch auch für die praktische Verwertung der Moore einen schätzbaren Anhalt. Solange man sich nicht zu einer Benennung entschließt, die der pflanzlichen Herkunft des Moores Rechnung trägt, beispielsweise von ihrer natürlichen Pflanzendecke ausgeht, glaubt Verfasser an den bei uns eingebürgerten Bezeichnungen festhalten zu sollen, um so mehr, als er in den neuerdings hervorgetretenen Änderungsvorschlägen keinerlei Verbesserungen sieht. Ganz besonders gilt dies für die laut Beschluß der Direktoren der deutschen geologischen Landesanstalten in die geologische Bodenkartierung neuerdings eingeführte Bezeichnung „Flachmoor“ an Stelle von „Niedermoor“. Jener hauptsächlich in Süddeutschland gebräuchliche Name soll die ebene, bisweilen nach der Mitte hin einsinkende Oberfläche der graswüchsigen Moore im Gegensatz zu der meist konvex gewölbten Oberfläche der heidewüchsigen Moore (s. Anmerkung S. 102) zum Ausdruck bringen, läßt aber bei dem Nichtkundigen nur allzuleicht die Vorstellung eines weniger mächtigen, „flachanstehenden“ Moores entstehen. Auch der von C. Weber vorgeschlagene Ersatz des Wortes Niedermoor durch „Niedermoors“ dürfte etwaige Mißdeutungen ebensowenig ausschließen, wie die alte Bezeichnung.

Für die hinsichtlich ihrer natürlichen Vegetation und ihrer pflanzlichen und chemischen Zusammensetzung zwischen den Hoch- und den Niedermoores stehenden *Übergangsmoores* soll bei der geologischen Landeskartierung in Zukunft die Bezeichnung *Zwischenmoore* verwendet werden.

§ 58.

Der den größten Teil Norddeutschlands bedeckende Diluvialboden bietet mit seinen zahlreichen, die Wasseransammlung befördernden Einsenkungen die denkbar günstigsten Vorbedingungen für die Moorbildung und ermöglicht zugleich durch die großen Verschiedenheiten in der Bodenzusammensetzung das Auftreten der verschiedensten Moorbodenarten.

Die Bildung der Niedermoores. Am ungestörtesten erfolgte die Moorbildung in tieferen oder flacheren Seebecken, die, von den atmosphärischen Niederschlägen und von unter- und seitwärts eintretenden Zuflüssen gespeist, sich längere Zeit mit Wasser gefüllt erhalten konnten. Als schwer durchlässige und dadurch das Aufwachsen des Moores erleichternde Unterlage finden sich auf dem Grunde dieser Mulden häufig alluviale Ablagerungen, die, je nach der Beschaffenheit des begrenzenden Gesteins und der zufließenden Wässer, sandiger, toniger oder kalkiger Natur (Schlick, Wiesenmergel) sind, bisweilen auch aus Limonitbildungen (§ 24) oder aus Kieselgur (§ 12) bestehen und von zahlreichen Resten pflanzlichen und tierischen Ursprungs durchsetzt sind. Über ihnen oder auch unmittelbar dem Diluvium aufgelagert beobachtet man als älteste Torfschicht meist eine als „Mudde“ oder als „Schlammtorf“ zu bezeichnende, sehr gleichmäßige, zum überwiegenden Teil aus scheinbar völlig formlosen Pflanzenresten bestehende Ablagerung,¹⁾ seltener eine eigentümliche, gleichfalls keine erkennbaren pflanzlichen Formen aufweisende Torfbildung, die man ihrer mechanischen Beschaffenheit wegen „Torfleber“ oder „Lebertorf“ nennt.²⁾

Sobald diese Absätze aus überstehendem Wasser das Becken so weit ausgefüllt hatten, daß das Dachrohr (*Phragmites comm.*), Seggen und andere Gräser Fuß fassen konnten, traten diese Pflanzen im Gemisch mit einer größeren oder geringeren Anzahl anderer auf dem Wasser schwimmenden oder vom Ufer hineinwachsenden wasserliebenden Gewächse, wie gelbe und weiße Seerose (*Nymphaea* und *Nuphar*), Laichkraut (*Potamogeton*), Nixkraut (*Najas*) und viele andere, als Moorbildner auf und lieferten in ihren abgestorbenen Resten den an den wohlerhaltenen

¹⁾ Beim Ablassen von Seen bleibt der Schlammtorf nicht selten als einzige Torfbildung von wechselnder Mächtigkeit zurück. Beim Austrocknen kontrahiert er sich unter Bildung zahlreicher Risse außerordentlich stark und wandelt sich dabei in einen sehr harten, Wasser kaum noch aufnehmenden und der Kultivierung erhebliche Schwierigkeiten bietenden Boden um.

Soweit der unterlagernde Mineralboden von dunkel gefärbtem Moorschlamm durchsetzt ist, nennt man ihn in manchen Gegenden „Sohlband“.

²⁾ Im nassen Zustande bildet der *Lebertorf* eine gelbliche, gelblich-grüne, hell- oder dunkelgrau gefärbte, elastische aber trotzdem leicht brechbare Masse. Er besteht aus äußerst fein zerriebenen, von einigen Forschern als Exkremente von Wassertieren angesprochenen Pflanzenteilen mit mineralischen Beimengungen (Quarz, Glimmer). Beim Trocknen verliert er die eigentümliche, an tierische Leber erinnernde Beschaffenheit und schwindet zu einer sehr harten Masse von blättrigem Gefüge zusammen. Im nordwestlichen Deutschland findet sich der Lebertorf in großer Ausdehnung u. a. auf dem Grunde des Dümmer Sees (Wesergebiet) und im Untergrunde der ihn umgebenden Moore; er wird hier als „Meerheil“ bezeichnet.

Rhizomen und Halmteilen auch dem bloßen Auge leicht erkennbaren *Rohr-* oder *Schilftorf* („Phragmitestorf“), den man in manchen Gegenden auch als „*Darg*“ oder „*Darf*“ bezeichnet, und *Seggentorf*, zwei Torfschichten, die man unter dem gemeinsamen Namen *Sumpftorf* zusammenfassen kann.

Die fortschreitende Verlandung des Wasserbeckens schuf weiterhin günstige Bedingungen für das Wachstum von Holzpflanzen, von Waldbäumen. Solange sie von dem verhältnismäßig hohen Gehalt des Moorbodens an Pflanzennährstoffen und besonders an Kalk Nutzen ziehen konnten, waren es namentlich die Erlen, die, im Verein mit Eschen, Fichten, Eichen, Weiden, Faulbaum, Linden und mit zahlreichen anderen auf feuchtem und nassem, beschattetem Boden wachsenden Pflanzen, moorbildend auftraten und den als Kulturboden sehr wertvollen *Bruchwaldtorf*¹⁾ lieferten.

Ging der Bruchwald durch irgend eine Veranlassung, z. B. durch zunehmende Bodennässe zugrunde, so gewannen zwischen und über den gefallenen Stämmen wiederum jene wasserliebenden Pflanzen, Hypnummoose, Bitterklee (*Menyanthes trifoliata*), Sumpfräser u. a., die Oberhand, deren vertorfende Reste den Bruchwaldtorf mit einer Schicht von *Gras-* (Rasen-, Wiesen-) *Torf* überlagerten.

Sehr viele in Seebecken entstandene Niederungsmoore weisen die soeben dargelegte Schichtenfolge: Schlamm-*torf*, *Rohr-* und *Seggentorf*, *Bruchwaldtorf*, *Seggen-* und *Grastorf* auf. Jedoch bildet diese durchaus nicht die Regel. War die Bodeneinsenkung so flach, daß von vornherein *Rohr* und *Seggen* auf ihrem Grunde wachsen konnten, so kann die Schlamm-*torf*-schicht ganz fehlen, und es lagert dann der *Rohr-* oder *Seggentorf* unmittelbar dem mineralischen Untergrunde auf. Auch *Bruchwaldtorf* findet sich nicht in allen Niederungsmooren. Wo z. B. die Wachstumsbedingungen für das Dachrohr besonders günstig waren, wie es auf den stets wassergetränkten Seemarschböden der Fall ist, so konnte ein fast ausschließlich aus den Resten dieser hervorragend moorbildenden Pflanze bestehendes *Dargmoor* sich bilden, dessen Oberfläche zutage liegt oder von einer aus Schein- und echten Gräsern entstandenen Rasen-*torf*-schicht bedeckt wird.

Übrigens scheint die Vertorfung von tieferen Bodeneinsenkungen sich oftmals auch in ganz anderer Weise, bisweilen auch von oben nach unten fortschreitend, vollzogen zu haben und noch zu vollziehen. Bei sanft

¹⁾ Die *Bruchwaldmoore* („*Erlenbrüche*“) pflegen sich durch einen besonders hohen Gehalt an Stickstoff und Kalk, bisweilen auch an Phosphorsäure (*Vivianit*) und durch einen, für die Kultivierung sehr willkommenen vorgeschrittenen Zersetzungszustand auszuzeichnen.

abfallenden Ufern konnte sich deren Boden mit den früher genannten torfbildenden Wassergräsern, ferner mit Kalmus (*Acorus*), Rohrkolben, Wasserlilien u. a. besiedeln, deren abgestorbene Leiber im Verein mit schwimmenden Pflanzen, Seerosen, Krebscheren (*Stratiotes*), Wasserpest (*Elodea*), Froschbifs (*Hydrocharis*), Wassergarbe (*Myriophyllum*), Tannwedel (*Hippuris*), Wasserhahnenfuß (*Ranunculus aquatilis*) u. a. den Boden allmählich aufhöhnten und die Wasserfläche immer mehr einengten. Die trockener werdenden Ränder boten auch minder wasserliebenden torfbildenden Gewächsen einen zusagenden Standort, und so erhielt das neu entstehende Moor eine nach unten gewölbte Oberfläche, an deren tiefster Stelle sich vielfach noch blankes Wasser befindet. Oft hat sich in solchen Becken nur die Randzone am Ufer mit kompakter Torfmasse ausgefüllt, während im übrigen eine mehr oder minder mächtige Torfschicht auf dem Wasser schwimmt, die beim Betreten um so stärker in schwingende Bewegung gerät, je mehr man sich der Mitte der Mulde nähert. Durch Überwehung und Überschwemmung mit mineralischen Bodenarten, sowie durch die mit einer Vergrößerung des spezifischen Gewichtes verbundene Vertorfung der abgestorbenen Pflanzenmasse kann das Gewicht der schwimmenden Decke so groß werden, daß sie untersinkt. An ihre Stelle tritt eine Neubildung, die dasselbe Schicksal erleidet, und so fort, bis das ganze Wasserbecken mit Moorsubstanz ausgefüllt ist.

Nicht selten aber sinkt die Moordecke nur so tief ein, daß auf ihrer Oberfläche immer neue Pflanzen sich ansiedeln, deren abgestorbene Reste die Torfschicht so weit verstärken, daß sie betretbar wird und landwirtschaftlich genutzt werden kann. Auf zahlreichen Seen Ostpreussens, insbesondere Masurens, finden sich derartige *schwimmende* Rasenmoore. Auch die sogenannten „Quebben“ des Steinhuder Meeres, schwimmende, weit in die Wasserfläche vorgeschobene Moorzungen, sind dahin zu rechnen.

Hervorragend günstige Bedingungen für die Entstehung umfangreicher Niederungsmoore bietet ferner das Überschwemmungsgebiet natürlicher Wasserläufe, so namentlich weite Flusstäler, deren Gewässer häufig über ihre Ufer treten. Hierbei kommen die schwebenden festen Stoffe des ausufernden Flusses, insbesondere die grobkörnigeren, zum größeren Teil unmittelbar am Fluszufer zur Ablagerung als ein natürlicher Wall, der mit dem das Tal begrenzenden Höhenboden eine langgestreckte Mulde bildet. Hierin konnte sich, besonders wenn die Absätze des Wassers den Boden erst mit einer schwer durchlässigen Schlickschicht bedeckt hatten, auch zuzeiten von Niedrigwasser genügende Feuchtigkeit zur Speisung der gleichen niederungsmoorbildenden Flora erhalten, die wir bei der Vertorfung von Seebecken kennen gelernt haben. Bei Wiederholten, durch die allmähliche Aufhöhung der Flusssohle beförderten Aus-

uferungen wurden die die Mulde allmählich ausfüllenden Torfbildungen nicht selten mit sandigen, tonigen, kalkigen Stoffen überschüttet, die sie bisweilen gleichmäßig durchsetzen, bisweilen durchschichten, bisweilen mehr oder weniger hoch bedecken.

Es liegt ferner auf der Hand, daß auch auf solchen Böden, die nicht unmittelbar von Flußläufen getränkt werden, die Gelegenheit zur Moorbildung sich findet, sobald durch irgend einen Umstand der freie Abfluß des Quellwassers oder der atmosphärischen Niederschläge gehemmt wird. So können durch Blitzschlag in Brand gesetzte oder durch pflanzliche oder tierische Schädlinge vernichtete Waldungen durch ihre vermodernden Stamm- und Laubmassen eine Versumpfung großer Gebiete herbeiführen und Veranlassung zur Entstehung ausgedehnter Niederungsmoore werden.

§ 59. Niederungsmoore auf Bergen. Auch auf den Höhen der Gebirge, unmittelbar über dem festen Gestein, konnten niederungsmoorartige Bildungen entstehen, wenn die Gelegenheit zur Aufspeicherung nährstoff- und namentlich kalkreicheren Wassers gegeben war oder auch nur atmosphärische Feuchtigkeit in den Höhlungen basischer Urgesteine (§ 31, 2) oder sedimentärer Kalkgesteine (§ 33, 4) sich ansammeln konnte. Sie pflegen hier aber nur selten eine größere Mächtigkeit zu erreichen und sind meist mit Brocken und Krümeln des unterlagernden Gesteins durchsetzt.

§ 60.

Übergang von Niederungsmoor in Hochmoor. Übergangsmoore. Alle bisher geschilderten Torfbildungen sind den Niederungsmooren zuzurechnen. Sie entstehen unter dem Einfluß eines an Pflanzennährstoffen und namentlich an Calciumverbindungen nicht armen Bodens oder Wassers. Dementsprechend ist ihr Gehalt an Kalk und weiterhin an Stickstoff, nicht selten auch an Phosphorsäure,¹⁾ wesentlich höher als derjenige der demnächst zu besprechenden Moorbildungen. Sie enthalten (s. § 53) nicht freie Humussäuren, sondern neben anderen Bestandteilen Humate. Die Zersetzung der torfbildenden Pflanzenteile ist deswegen meist weiter vorgeschritten, oder sie tritt doch bei genügender Durchlüftung weit schneller ein

¹⁾ Die gar nicht seltenen Anhäufungen von phosphorsäurereichen Verbindungen in den Niederungsmooren sind für deren Fruchtbarkeitszustand von hohem Wert. Äußerlich erkennt man sie an der weißen, beim Liegen an der Luft in blau übergehenden Farbe des Vivianits oder an der rötlichen Färbung der Moorsubstanz an den Grabenböschungen und der vom Maulwurf aufgeworfenen Moorerde. Ihre Entstehung beruht auf der Schwerlöslichkeit der Eisenphosphorsäureverbindungen. Die bei der Zersetzung der moorbildenden Pflanzen löslich werdende Phosphorsäure wird durch das Eisen eisenhaltiger Quellen in Eisenphosphat übergeführt und so gleichsam festgelegt.

als bei den Übergangs- und den Hochmooren, eine Eigenschaft, die für ihre Kultivierung von Bedeutung ist.

Änderten sich während des Wachstums eines Moores die Bedingungen, unter denen die hochmoor- oder niederungsmoorbildenden Pflanzen gedeihen, so änderte sich mit der Art der moorbildenden Pflanzen auch der Charakter des Moores. Sobald die Oberfläche eines aufwachsenden Niederungsmoores dem Einfluß der Faktoren entzogen wird, die das Wachstum von niederungsmoorbildenden Pflanzen begünstigen, sobald sie z. B. sich so hoch über den mineralischen Untergrund erhoben hat, daß dessen Nährstoffreichtum oder nährstoffreiche Zuflüsse von außen her für die jüngste Pflanzendecke nicht mehr zur Geltung kommen, andererseits aber noch genug Feuchtigkeit vorhanden ist, um hochmoorbildenden Pflanzen das Wachstum zu ermöglichen, so verdrängen diese die bisher gedeihenden Pflanzenarten, und es kann sich dann über dem Niederungsmoor ein Hochmoor aufbauen.

Natürlich vollzieht sich ein solcher Übergang nicht mit einem Schlage. Nur allmählich werden die Wachstumsbedingungen für die niederungsmoorbildenden Pflanzen schlechter, für die hochmoorbildenden günstiger. Zwischen beiden Pflanzengesellschaften beginnt ein Kampf, der endlich mit dem Sieg der hochmoorbildenden endet. Das Produkt des Ringens ist eine Moorbildung, die zum Teil niederungsmoorbildenden, zum Teil hochmoorbildenden Pflanzen ihre Entstehung verdankt. Sie wird als *Übergangsmoor* oder auch als *Zwischenmoor* (s. § 59) bezeichnet.

Wächst z. B. ein Bruchwaldmoor (§ 58) so weit empor, daß die Nährstoffquelle nicht mehr die Oberfläche erreicht, das nährstoffreiche Wasser nicht mehr kapillar bis in die Wurzelschicht aufsteigen kann, so treten an die Stelle der Erlen, Eschen, Eichen usw. die anspruchslosere Kiefer (Föhre) und Birke. Ihre verwesenden Reste bilden den *Übergangswaldtorf*. Auch die übrigen in den Erlenbrüchen üppig gedeihenden Pflanzen, darunter die Hypnummoose, werden unter solchen Verhältnissen allmählich verdrängt durch Gewächse, welche für den Hochmoortorf besonders charakteristisch sind; das scheidige *Wollgras* (*Eriophorum vaginatum*), dessen wohlerhaltene, langfaserige Reste¹⁾ in den tieferen und höheren Schichten der Hochmoore nesterweise auftretende Lagen („Splittlagen“) von bisweilen nicht unerheblicher Mächtigkeit bilden, und ferner die *Torfmoose* (*Sphagnum*). Sehr häufig tritt hierzu noch eine Sumpfpflanze: die Sumpfbeise, *Scheuchzeria palustris*, die eine unter vielen Hochmooren liegende, gelb bis gelbbraun gefärbte, blättrig gelagerte Torfbildung, den

¹⁾ Wegen ihrer zähen, dem Torfspaten hinderlichen Beschaffenheit in manchen Gegenden als „Kuhfleisch“ bezeichnet und in neuerer Zeit mehrfach zur Herstellung von Geweben verwandt.

Scheuchzeriatorf, liefert. Er tritt in sehr zahlreichen Fällen als letztes Übergangsglied zum eigentlichen Hochmoortorf auf.

§ 61.

Der Aufbau der Hochmoore. Soweit die in besonders großem Umfang im nordwestlichen und im nordöstlichen Deutschland vorkommenden Hochmoore eingehender erforscht sind, zeigen sie im Gegensatz zu den Niederungsmoorbildungen und entsprechend der weit geringeren an ihrer Entstehung beteiligten Anzahl von Pflanzen (s. o.) einen sehr gleichmäßigen Aufbau.

Die natürliche Vegetation der Hochmoore. Solange ihr Wachstum noch andauert, besteht ihre Pflanzendecke vornehmlich aus Torfmoosen (Sphagnum), durchmischt mit Rasensimsen (*Scirpus caespitosus*), scheidigem Wollgras (*Eriophorum vaginatum*), Sonnentau (*Drosera rotundifolia*). Vereinzelt finden sich gewisse, trockneren Boden liebende Gewächse: Gemeine Heide (*Calluna vulgaris*), Moor- oder Glockenheide (*Erica tetralix*), Rosmarinheide (*Andromeda polifolia*), Gagelstrauch (*Myrica Gale*), Krähenbeere (*Empetrum nigrum*), Porst (*Ledum palustre*), Moosbeere (*Vaccinium Oxycoccus*); von Holzpflanzen verkrüppelte Exemplare von Kiefern und Birken. Läßt der Wasserreichtum der Oberflächenschicht aus irgend einer Veranlassung nach,¹⁾ so sterben die Torfmoose ab, und die letztgenannten Pflanzen, darunter vor allem die Heidekräuter, gewinnen die Oberhand. In verhältnismäßig kurzer Zeit bedeckt sich die Oberfläche mit eigentümlichen heidebewachsenen Hügelchen („Heidebülten“),²⁾ zwischen denen mit Moorschlamm ausgefüllte und von zahlreichen Algen, von Wollgras und Simsen bevölkerte Vertiefungen („Schlenken“) liegen.

Mit der reichlichen Ansidelung dieser Pflanzen ist das Wachstum des Hochmoors im wesentlichen abgeschlossen.

¹⁾ Nach dieser Richtung wirkt besonders die künstliche Entwässerung des Moores zu Kulturzwecken oder auch die Anlage von Torfstichen.

²⁾ Die Entstehung der „Bülten“ ist noch nicht völlig geklärt. Auch das Torfmoos bildet auf den noch im Wachsen befindlichen Hochmooren flache Hügelchen, die man früher auf ein ungleichmäßiges Wachstum der verschiedenen an der Vegetation beteiligten Sphagnumarten zurückzuführen suchte. Nach dem Botaniker der Moor-Versuchs-Station, Dr. C. A. Weber, dürften sie Heidekraut-Sträuchern ihre Entstehung verdanken, die in trocknen Zeiten aufwuchsen und an denen in den nachfolgenden nassen Jahren die nun vorwiegenden Torfmoose „emporklimmen“. Tritt eine Abtrocknung der Moorfläche ein, so bieten diese Moosbülten den Heidepflanzen die günstigsten Wachstumsbedingungen, sie verwandeln sich in Heidebülten, die nicht selten zu recht beträchtlicher Höhe ($\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{4}$ m) aufwachsen.

Der Hochmoortorf. Wie die Torfmoose in der Flora eines mit Wasser gesättigten Hochmoors die erste Stelle einnehmen, so sind sie auch als die vornehmsten Bildner des Hochmoortorfes anzusehen. Sie gehören hinsichtlich ihres Bedarfs an mineralischen Nährstoffen zu den anspruchslosesten Pflanzen, können daher auch auf Böden, die arm an zugänglicher Pflanzennahrung sind, sich gut entwickeln. Sie bedürfen zwar zu üppiger Entwicklung außerordentlich großer Wassermengen, sind aber vermöge ihres eigentümlichen anatomischen Baues befähigt, aus Boden und Atmosphäre große Wassermassen aufzunehmen, festzuhalten und zur Speisung immer neuer Moosgenerationen zu verwenden. Infolge ihres schnellen Wachstums lassen sie nur wenig Pflanzen neben sich aufkommen, so vornehmlich die Wollgräser, die Rasensimse, den Sonnentau und einige andere. Auf feuchtem Waldesgrund vordringend, bringen sie dessen Holzbestand binnen kurzem zu Fall. („Das Torfmoos frisst den Wald.“) Selbst die für die natürliche Vegetation der Hochmoore so charakteristischen Heidepflanzen (s. o.) werden, solange die Bedingungen für die Entwicklung der Sphagnaceen besonders günstig sind (große zur Verfügung stehende Mengen nährstoffarmen Wassers), von diesen leicht völlig unterdrückt. An der Hochmoorbildung sind besonders folgende Sphagnumarten beteiligt: *Sphagnum medium*, *Sph. fuscum*, *Sph. recurvum*, *Sph. obtusum*, *Sph. cuspidatum*, *Sph. rubellum*, *Sph. imbricatum*, *Sph. capillifolium*, *Sph. subsecundum*. In den oberen Schichten unserer Hochmoore lassen sich die wohlerhaltenen Reste dieser zierlichen Pflanzen auch mit bloßem Auge noch deutlich erkennen. Trotz der zarten, weichen Beschaffenheit ihrer Substanz unterliegen die abgestorbenen Torfmoose sehr schwer der Zersetzung. Eine eigentliche Vertorfung ist in den jüngeren Hochmoorbildungen kaum eingetreten, und ihr *Moos* „*torf*“ unterscheidet sich äußerlich vom *Torfmoos* fast nur dadurch, daß unter dem Druck der darüber lagernden Massen die Moosstengel und Blättchen sich zu filzartig verwebten blättrigen Schichten verdichtet haben, und daß das Blattgrün der lebenden Moose sich in einen gelb- oder rötlichbraunen Farbstoff umgesetzt hat. Der Widerstand, den die Torfmoose ihrer Vertorfung entgegensetzen, dürfte in erster Linie auf ihren anatomischen Bau zurückzuführen sein, der sie befähigt, so große Wassermengen aufzunehmen, daß selbst die am ersten der Einwirkung des Luftsauerstoffs ausgesetzten oberen Pflanzenteile möglichst wenig mit Luftsauerstoff in Berührung kommen. Erhöht wird ihre Widerstandsfähigkeit vielleicht auch durch die in ihren Zwischenräumen sich ansammelnde Kohlensäure und durch den Mangel an alkalisch reagierenden Substanzen, namentlich an Kalk, der die Entstehung freier Humussäuren zur Folge hat, sowie durch ihren Gehalt an schwer zersetzlichen Harzen und an Gerbsäure, Stoffen, die der Vermoderung entgegenwirken (§ 51).

Wird die Oberfläche des Moores so trocken, daß Torfmoose nicht mehr gedeihen können, und treten nun heidekrautartige Gewächse an ihre Stelle, so bieten die vom Wasser befreiten Moosreste dem Eindringen des Luftsauerstoffs nicht mehr genügenden Widerstand, und unter dessen Einfluß findet dann eine Humifizierung der obersten Moostorfschicht statt. Sie geht in eine schwarze, beim Austrocknen krümlig werdende, dem bloßen Auge kaum noch geformte Teile aufweisende „*Verwitterungsschicht*“¹⁾ über, die sich scharf von dem darunterliegenden, nicht verwitterten Moostorf abgrenzt und sich allmählich mit einer von ihr äußerlich nicht zu unterscheidenden, aber Wurzel- und Stengelteilchen der Heidepflanzen enthaltenden Heideerdeschicht bedeckt.

Bei der schwierigen Vertorfbarkeit der Torfmoose bedarf es jedenfalls sehr großer Zeiträume, bis sie sich in eine amorphe, nach ihrem äußeren Ansehen dem Grastorf ähnelnde Masse umwandeln. Daß eine solche Umwandlung schließlicly stattfindet, beweisen die tieferen Schichten der älteren Hochmoore, z. B. im nordwestlichen Deutschland. Als älteste Hochmoorbildung findet sich hier, oft über Scheuchzeria- (s. o.) oder Eriophorumtorfschichten abgelagert, ein braun bis schwarz gefärbter, dem bloßen Auge amorph erscheinender Torf, der nur noch vereinzelt Heidestengel und nicht selten nesterförmig auftretende Lager von Wollgrasresten erkennen läßt. Neuere Untersuchungen haben im Gegensatz zu früheren Anschauungen²⁾ ergeben, daß auch dieser Torf im wesentlichen Torfmoosen derselben Art seine Entstehung verdankt, aus denen der überlagernde *jüngere Moostorf* sich zusammensetzt, daß er also gleichfalls als Moostorf und zwar als *älterer Moostorf* bezeichnet werden muß. Er unterscheidet sich weniger durch seinen Gehalt an mineralischen Bestandteilen, als hinsichtlich seiner äußeren Eigenschaften sehr erheblich von dem jüngeren Moostorf. Während der letztere, wegen seiner helleren Farbe wohl als „weißer“ Torf (Schwedisch: „hvitmossar“) bezeichnet, im trockenen Zustand einen elastischen, porösen Stoff von sehr geringem spezifischen Gewicht darstellt,

¹⁾ Auf Grund der Angaben des Göttinger Botanikers Griesebach hielt man früher die Heidepflanzen für die wesentlichsten Bildner dieser Schicht und nannte sie demgemäß „*Heideerde*“. Nach C. A. Weber entsteht sie jedoch auch auf Moostorfflächen, auf denen der Heidewuchs völlig zerstört ist.

²⁾ Gegen die Annahme Griesebachs, wonach die tieferen Schichten der nordwestdeutschen Hochmoore vornehmlich aus den vertorfenden Resten von Heidekräutern bestehen sollen und daher als „*Heidetorf*“ zu bezeichnen seien, haben sich in neuerer Zeit gewichtige Bedenken erhoben. Sie sind von Fröh, Tolf, und besonders scharf von Dr. C. A. Weber zum Ausdruck gebracht worden. Er unterscheidet zwischen Moostorf jüngerer und älterer Bildung.

der Wasser in großen Mengen aufsaugt und festhält,¹⁾ bildet der ältere „schwarze“ Moostorf nach dem Austrocknen eine dichte, schwere, als Brenntorf geschätzte Masse, die vom Wasser kaum noch benetzt wird. Sie besitzt im Gegensatz zum Moostorf jüngerer Bildung ein bedeutendes Kontraktionsvermögen. 1000 Liter älteren Moostorfs verkleinern beim Austrocknen ihr Volum auf etwa 175 Liter, 1000 Liter jüngeren Moostorfs nur auf etwa 500 Liter, und ein bestimmtes Gewicht des letzteren nimmt im lufttrocknen Zustande einen 4—5mal größeren Raum ein als ein gleiches Gewicht des ersteren.

Älterer Moostorf findet sich nicht in allen Hochmooren und besonders in den östlichen Landesteilen (Pommern, West- und Ostpreußen) scheint er häufig zu fehlen, so daß der jüngere Moostorf unmittelbar auf dem Mineralboden oder auf einer Schicht von Übergangsmoor lagert.

Die zahlreichen Poren des jüngeren Moostorfes begünstigen die Ansammlung grosser Mengen von Gasen, wie sie beim Verrotzungsprozesse entstehen (Kohlendioxyd, Kohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoff), die, leichter als Wasser, das spezifische Gewicht des Moostorfs so weit erniedrigen können, daß er von seiner Unterlage sich ablöst, schwimmt und bei steigendem Wasser sich mit diesem hebt.²⁾

Wo in den tieferen Schichten des Hochmoors älterer Moostorf sich vorfindet, pflegt er von der überlagernden neueren Moostorfbildung durch eine Schicht von wechselnder, aber einige Dezimeter wohl nicht übersteigender Mächtigkeit getrennt zu sein, die neben sehr wenig Torfmoosen vorwiegend die Reste von Wollgras, Heide, bisweilen auch von Nadelhölzern, also von Pflanzen aufweist, die mit einem weit geringeren Mafse von Feuchtigkeit auskommen als die Torfmoose.³⁾ Sie dürfte das Erzeugnis einer lange andauernden Trockenperiode sein, während deren die früher die Flora beherrschenden, gegen Feuchtigkeitsmangel sehr empfindlichen

¹⁾ Wegen dieser Eigenschaften wird der jüngere, noch nicht verwitterte Moostorf zur Herstellung eines ausgezeichneten Einstreumaterials für Viehställe verwendet („Torfstreu“). Es besitzt in hohem Mafse die Fähigkeit, den tierischen Dünger vor Verlusten an wertvollen Stickstoffverbindungen zu schützen (ihn zu „konservieren“).

²⁾ Ein ausgezeichnetes Beispiel für ein derartiges schwimmendes Hochmoor bietet das „Schwimmende Land“ von Waakhausen, ein Teil des im Flußgebiet der Hamme (Weser) belegenen Teufelsmoores, eine bis 1½ m mächtige, mit Büschen und Bäumen bestandene Moorschicht, die mit dem Hochwasser steigt und fällt, und von der bei heftigen Winden nicht selten große Stücke sich ablösen und fortgetrieben werden, wenn es nicht gelingt, durch rechtzeitig in Tätigkeit gesetzte Winden sie in die frühere Stelle zurückzuholen.

³⁾ Dr. C. A. Weber bezeichnet diese Schicht als „Grenztorf“.

Torfmoose den genannten Gewächsen Platz machten.¹⁾ Als an die Stelle der trockenen Zeiträume lange anhaltende feuchte Perioden traten,²⁾ wurden sie bald wieder von den üppig aufwachsenden Torfmoosen überwuchert, denen die jüngere Moostorfbildung ihre Entstehung verdankt.

Der Einfluss, den das Vorhandensein großer Mengen nährstoffarmen Wassers auf die Entwicklung der Sphagnummoose ausübt, ist wahrscheinlich die Ursache einer Erscheinung, die alle geschlossenen Hochmoorkomplexe aufweisen: der oft stark *gewölbten Form* ihrer Oberfläche.³⁾ Während die auffallenden Niederschläge an den Rändern des über seine Unterlage emporwachsenden Hochmoors leichter Abfluss finden, befördern sie das Wachstum der Moose im Innern derartig, dass dieses bald über die Randzone emporsteigt. Die uhrglasartige Oberflächengestaltung lässt sich (nach Weber) sowohl bei dem älteren Moostorf und dem Grenztorf, als bei der jüngeren Moostorfbildung erkennen.

Scheinen auch die meisten Hochmoore über Niedermoorbildungen aufgewachsen zu sein, so ist doch die Auflagerung eines Hochmoors unmittelbar auf mineralischem Untergrunde durchaus nicht ausgeschlossen. Die über Niedermoor sich ansiedelnden Torfmoose ziehen sich seitlich weit über die ursprünglichen Grenzen des Moores hinaus, wenn sie in der Umgebung die geeigneten Bedingungen zu üppigem Wachstum (Ansammlung von nährstoffarmem Wasser) vorfinden. Sie überdecken den angrenzenden Heideboden, unter Umständen auch fruchtbarere Bodenarten,⁴⁾ kleine Hügel, Wälder, mit Moospolstern, und führen so eine bisweilen sehr beträchtliche peripherische Ausdehnung des Hochmoors herbei.

Auch Moorbildungen, die den Charakter des „Übergangsmoores“ tragen, brauchen nicht notwendig aus Niedermoores hervorgegangen zu sein. Unter Umständen, die das Wachstum von niedermoorbildenden Pflanzen zulassen, ohne das von hochmoorbildenden auszu-

¹⁾ Auch innerhalb des älteren und des jüngeren Moostorfes finden sich stellenweise als Zeugen kürzerer Trockenperioden dünne, aus Wollgras, Heide und Holzpflanzen hervorgegangene Torfschichten (sogen. „Bültlagen“).

²⁾ Griesebach bringt das Aufwachsen des Moostorfs mit einer durch zahlreiche Beobachtungen wahrscheinlich gemachten zeitweiligen Senkung der norddeutschen Küstenstriche in ursächlichen Zusammenhang.

³⁾ Nach Sendtner lässt der nur etwa 125 ha umfassende Murner-Filz („Filz“ hier gleich Hochmoor) bei Wasserburg (Bayern) eine Wölbung von mehr als 7 m Höhe erkennen.

⁴⁾ Auf versumpften Böden treten die vielleicht in reichem Maße vorhandenen wertvollen Bodenbestandteile nicht als Nährstoffe in Wirksamkeit. Anderenfalls würden die Torfmoose bald durch anspruchsvollere moorbildende Pflanzen verdrängt werden.

schließen, können sehr wohl unmittelbar über dem mineralischen Untergrund „Übergangsmoore“¹⁾ entstehen.

Unmittelbar auf mineralischem Untergrund lagernden Zwischen- und Hochmoortorf weisen auch manche Gebirgsmoore auf.

§ 62. *Gebirgshochmoore und Zwischenmoore.* Auch auf den Gipfelplateaus und an den Abhängen von Gebirgen entstehen Moore von ganz ähnlicher Beschaffenheit, wie die soeben beschriebenen der Ebene, falls hier nur die Gelegenheit zu zeitweiligen Wasseransammlungen gegeben ist und ein schwer verwitterbares, an Pflanzennährstoffen, namentlich an Kalk nicht reichen Boden lieferndes Gestein (z. B. Granit, Gneis, Glimmerschiefer u. a.) die Unterlage bildet. (So u. a. auf dem Brocken, Riesengebirge, Erzgebirge, Schwarzwald.) Für die landwirtschaftliche Benutzung kommen diese Moore nur selten in Frage, dagegen sind sie wegen ihres hohen Wasseraufsaugungsvermögens²⁾ für die Erhaltung der Vegetation an den Gebirgsabhängen insofern nicht ohne Bedeutung, als sie das auffallende Regenwasser, das von den nackten Gipfeln mit großer Gewalt in die Tiefe stürzen und den bereits gebildeten Verwitterungsboden nebst den darin wurzelnden Pflanzen mit sich reißen würde, aufsaugen.³⁾

§ 63. Die geringen Ansprüche, welche die hochmoorbildenden Pflanzen an den Nährstoffgehalt von Boden und Wasser stellen, kommen in der *Zusammensetzung des Hochmoortorfes* deutlich zum Ausdruck. Er ist von Natur durchweg sehr arm an *mineralischen Bestandteilen*. Sein Gesamtaschengehalt kann bis auf zwei und weniger Prozent der Torftrockensubstanz herabgehen. Der durchschnittliche *Kalkgehalt* des trockengedachten Hochmoortorfes überschreitet nicht 0,2 % (während der

¹⁾ In diesem Fall, wo es sich nicht um den „Übergang“ von einer Moorart in die andere handelt, würde allerdings eine andere Bezeichnung, z. B. „Mischmoor“ oder auch „Zwischenmoor“, mehr am Platze sein.

²⁾ Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station haben ergeben, daß die Wassermenge, die ein Hochmoor aufsaugt, dem Raume nach 80—85 % des Hochmoors ausmacht. Denkt man sich aus einem 4 m mächtigen Moor die moorbildenden festen Pflanzenreste herausgenommen, so würde das zurückbleibende Wasser eine 3,20—3,40 m hohe Schicht bilden.

³⁾ Allerdings nur zu Zeiten, wo sie selbst nicht mit Wasser gesättigt sind, also nach länger anhaltender trockener und heißer Witterung. Die Ansicht, wonach die Bergmoore in regenlosen Zeiten zur Tränkung der Gebirgswaldungen dienen, indem sie das bei starken Niederschlägen aufgenommene Wasser langsam absickern ließen, hat man auf Grund der Beobachtung aufgeben müssen, daß ein Wasserabfluß aus wassergesättigtem Moor in trockener Zeit nicht stattfindet.

durchschnittliche Gehalt der Niedermoorbildungen etwa auf 3% anzusetzen ist). Damit hängt es zusammen, daß seine *Humussäuren* — im Gegensatz zum Niedermoortorf — zum großen Teil in freiem Zustande vorhanden sind und behufs der Kultivierung dieser Moorbildungen durch Zufuhr von Kalk oder Mergel „abgestumpft“ (in humussaures Calcium übergeführt) werden müssen.¹⁾ Hierdurch wird zugleich die für den Kulturboden anzustrebende Umwandlung der schwer zersetzlichen Pflanzenteile in „milden“ Humus in auffälligem Maße gefördert.²⁾

Auch der *Stickstoff*gehalt des Hochmoortorfes bleibt weit hinter dem der Niedermoorbildungen zurück. Während bei den letzteren ein Stickstoffgehalt der Torftrockensubstanz von 3% nichts seltenes ist, bewegt sich der Stickstoffgehalt des Hochmoortorfes etwa um 1%. Auch steht der Mangel an basischen Stoffen in dem letzteren einer Überführung des Torfstickstoffs in die wirksame Form, die im Salpeter, entgegen (§ 28).

Für die *landwirtschaftliche Kultur* ist bisher im wesentlichen nur die jüngere Moostorfbildung in Frage gekommen. Bei einer auf ihre Eigenschaften genügende Rücksicht nehmenden Behandlung stellt sie, besonders wegen ihres Verhaltens zum Wasser, ein für zahlreiche Acker- und Wiesengewächse sehr geeignetes Kulturmedium dar. Dagegen bietet der ältere Moostorf, besonders durch sein erhebliches Kontraktionsvermögen und seine Neigung zum Austrocknen und Rissigwerden der landwirtschaftlichen Nutzung einige Schwierigkeiten.

§ 64.

Übergang von Hochmoor in Niedermoor. Nach den früheren Erörterungen über die Hochmoor- und Niedermoorbildung wird man voraussetzen dürfen, daß der Übergang von einer Moorbodenart

¹⁾ Auf der anderen Seite wirkt die Anwesenheit freier Säuren insofern günstig, als sie den Hochmoorboden befähigt, die natürlich vorkommenden schwerlöslichen Phosphate „aufzuschließen“ (§ 20). Die vom Handel verhältnismäßig billig gelieferten Rohphosphate (Phosphorite, Koprolithe) äußern daher auf den Hochmoorböden eine Wirkung, die ihnen auf anderen Bodenarten nicht zukommt.

²⁾ Solange der Hochmoorboden seine natürliche saure Beschaffenheit besitzt, ist er für die meisten Kulturpflanzen unzugänglich. Sie dringen mit ihren Wurzeln nur so weit in die Tiefe, als der Säureüberschuss an basische Stoffe gebunden ist. Um den landwirtschaftlichen Nutzpflanzen ein größeres Wurzelgebiet zu erschließen, hat man nach dem Vorgang der Moor-Versuchs-Station neuerdings angefangen, mittels eines Untergrund-Düngepfluges auch die Untergrundschichten der Hochmoorräcker zu kalken, was sich ganz besonders für Grasanlagen bewährt.

in die andere allermeist in der Weise sich vollzieht, daß ein Niedermoor sich allmählich zu einer Hochmoorbildung auswächst. Doch kommen auch Beispiele vor, in denen das umgekehrte stattgefunden hat. Wird z. B. ein aufwachsendes Hochmoor infolge einer Senkung des Gebietes oder durch Wegräumung natürlicher Schutzwälle mit nährstoffreichem Wasser überflutet, so kann an Stelle der Torfmoose eine niedermoorbildende Flora treten und über dem Hochmoortorf zunächst eine Schicht von Übergangstorf und weiterhin eine Niedermoorbildung entstehen. Letztere geht dann wieder in ein Hochmoor über, sobald infolge der Oberflächenerhöhung die moorbildenden Pflanzen dem Einfluß des fruchtbaren Wassers sich entziehen.

Kapitel III.

Die Klassifikation des Bodens und die geognostisch-agronomische Bodenkartierung.

A. Die Klassifikation des Bodens.

Seit langer Zeit ist man bemüht gewesen, nach gewissen, einer größeren Anzahl von Böden gemeinsamen Eigenschaften die mannigfaltigen Bodenarten in Gruppen oder Klassen zusammenzuordnen. Je nachdem man dabei diese oder jene Eigenschaften oder Merkmale als maßgebend ansah, mußte die Einteilung natürlich sehr verschieden ausfallen.

§ 65.

Einteilung nach petrographischen und geologischen Kennzeichen. Die Einteilung der Böden auf petrographischer Grundlage, d. h. nach der Art ihres Muttergesteins, wonach man z. B. zwischen „Granit-“, „Basalt-“, „Tonschieferböden“ usw. unterscheiden würde, erscheint für unsere Zwecke untauglich, weil aus gleichnamigen Gesteinen sehr verschiedenartige Böden hervorgehen können (§§ 48, 49). Desgleichen verwerfen wir ein Einteilungssystem, das sich auf die geologische Abstammung des Bodens stützt, z. B. von Buntsandsteinboden, Keuperboden, „Diluvialboden“, „Alluvialboden“ (§ 3) spricht. Diese Bezeichnungen lassen höchstens Vermutungen über das *Alter* des Bodens zu, sagen aber nichts über dessen *Beschaffenheit* aus. Auf Buntsandstein finden sich ganz arme und wieder sehr fruchtbare Böden; „Diluvialböden“ können fast ausschließlich aus Quarzsand bestehen, aber auch große Mengen von Feldspat, Hornblende und andere ihre Fruchtbarkeit steigernde Bestandteile enthalten. Die „Alluvialböden“ umfassen den unfruchtbarsten Dünenand, sowie die zu den reichsten Bodenarten gehörigen Marsch- und Aueböden.¹⁾

§ 66.

Einteilung der Böden nach ihrer Entstehungsart. Größere Berechtigung mit Rücksicht auf die landwirtschaftliche Bewertung der Böden zeigt eine Gruppierung der verschiedenen Bodenarten, die sich auf ihre *Entstehungsart*, also gleichfalls auf ein geologisches Prinzip gründet,

¹⁾ Über die Berücksichtigung der Herkunft eines Bodens bei seiner Kennzeichnung s. u. § 107.

d. i. die Einteilung in *Primitiv-* oder *Verwitterungsböden* und *Derivat-* oder *Schwemmböden*. Unter „Primitiv-“ oder „Verwitterungsböden“ versteht man solche Bodenarten, die, unmittelbar aus dem anstehenden Gestein durch Verwitterung hervorgegangen, noch über ihrem Muttergestein lagern. Soweit sie kristallinen Urgesteinen ihre Entstehung verdanken, kann man sie als *Verwitterungsböden der Urgesteine*, falls sie sich auf sedimentären Gesteinen bildeten, als *Verwitterungsböden der Sedimentär-gesteine* bezeichnen. „Derivat-“ oder „Schwemmböden“ nennt man die Bodenarten, die, durch irgend welche Umstände, namentlich durch Wasserkraft oder auch durch Eis oder durch den Wind von dem Ort ihrer Bildung fortgeführt, auf fremder Gesteinsunterlage sich abgelagert haben.

Beide Bodengruppen weisen hinsichtlich ihrer natürlichen Beschaffenheit gewisse Unterschiede auf, die für ihre landwirtschaftliche Beurteilung von Bedeutung sind. Die „Primitivböden“ befinden sich noch im Anfangsstadium der Gesteinsumwandlung. In verhältnismässig geringer Tiefe liegt das noch unverwitterte feste Muttergestein, sie sind daher meist flachgründig und enthalten selbst noch vielfach gröbere, nicht oder wenig verwitterte Gesteinselemente. Dies ist namentlich der Fall bei dem Verwitterungsboden der Urgesteine, weniger bei denen der Sedimentär-gesteine, die ja nichts anderes sind, als die wieder verhärteten Produkte einer durchgreifenden Verwitterung der Urgesteine und der Verschwemmung der mehr oder weniger stark veränderten Gesteinselemente. Sie sind meist weniger hart als die ursprünglichen Massengesteine, auch erleichtert ihre Schichtung oder Schieferung den Zerfall zu erdiger Masse. Die „Schwemmböden“ haben vor ihrer Ablagerung bereits einen Transport durchgemacht, bei dem die gröberen, festen Gesteinstrümmen zu feinem Sand und Schlamm zerrieben wurden. Sie besitzen, soweit sie sich noch nicht wieder zu festem Gestein verhärtet haben, meist bis auf große Tiefe hin, bis auf das Gestein, über dem sie sich ablagern, von vornherein mehr den Charakter eines fertiggebildeten und tiefgründigen Bodens. Während aber die Verwitterungsböden durch ihre ganze Masse hindurch verhältnismässig *gleichförmig* zu sein pflegen, ist eine Gleichartigkeit der verschiedenen Schichten bei den Schwemmböden weniger zu erwarten, weil bei ihrer Entstehung Ton, Sand, Geröll u. a. m. je nach ihrem spezifischen Gewicht wechselnd sich abgesetzt haben.¹⁾

¹⁾ Ein gleicher Prozess ging auch bei der Bildung der sedimentären Gesteine vor sich (§ 33), die ja nichts anderes sind, als wieder zu Gestein erhärteter Boden. Jedoch hat hier unter der Last der überlagernden Wasser- und Gesteinsmassen allermeist wieder eine Vermischung der verschiedenartigen Bestandteile stattgefunden. Es pflegen daher die Verwitterungsböden der Sedimentär-gesteine hinsichtlich ihrer Gleichartigkeit zwischen denen der Urgesteine und den Schwemmböden zu stehen.

So schätzenswerte Anhaltspunkte hiernach die aus der verschiedenen Entstehungsart sich ergebenden Merkmale für manche zu erwartenden Eigentümlichkeiten der verschiedenen Bodenklassen liefern, so reichen sie doch nicht entfernt zur Kennzeichnung ihrer landwirtschaftlich wichtigen Eigenschaften aus. Können doch nach ihrer ganzen Bildungsart Verwitterungsböden aus sedimentären Gesteinen den Schwemmböden hinsichtlich ihrer Zusammensetzung durchaus gleichartig sein. Und umgekehrt weisen die „Verwitterungsböden“ ebenso wie die „Schwemmböden“ untereinander in ihren Eigenschaften so gewaltige Verschiedenheiten auf, daß diese Bezeichnungen auf den landwirtschaftlichen Wert jener Bodenarten kaum einen Schluß zulassen. Soll eine Klassifikation der landwirtschaftlichen Beurteilung zu Hilfe kommen, so muß sie sich auf Eigenschaften stützen, die für die landwirtschaftliche Verwertung des Bodens von Bedeutung sind. Diesem Anspruch scheinen bei oberflächlicher Betrachtung am meisten die Gruppierungen zu entsprechen, die man als:

§ 67.

Ökonomische Einteilungssysteme zu bezeichnen pflegt. Sie richten sich zum Teil nach den *Fruchtgattungen*, die auf den verschiedenen Böden gut oder weniger gut gedeihen, und teilen die letzteren z. B. ein in „guten“, „mittleren“, „geringen“, „Weizen-“, „Gerste-“, „Roggen-“ usw. Boden, oder auch in „kleefähigen“ und „nicht kleefähigen“ Boden, zum Teil nach den *Kornerträgen*, indem man unterscheidet zwischen Böden, die das Dreifache, Vierfache, Fünffache usw. der Aussaat bringen, zum Teil nach den verschiedenen *Geldroh- oder Geldreinerträgen* der einzelnen Bodenarten. Der in irgend einer Weise ermittelte Reinertrag ist dem Bodenbewertungssystem zugrunde gelegt, das seitens des Preussischen Staates und anderer Länder zum Zweck der Grundsteuer-Veranlagung benutzt wird.¹⁾ Es ist aber leicht einzusehen, daß alle derartigen Systeme mehr versprechen, als sie halten können, weil sowohl die Art der anbau-

¹⁾ Das Preussische Gesetz vom 21. Mai 1861 (betr. die anderweitige Regelung der Grundsteuer) setzt folgendes fest. In jedem landrätlichen Kreise oder, falls dieser erhebliche Bodenverschiedenheiten aufweist, in den innerhalb des Kreises angenommenen „Klassifikationsdistrikten“ wird der vorhandene Grund und Boden je nach der Kulturart eingeteilt in:

Ackerland, Gärten, Wiesen, Weiden, Holzungen, Wasserflächen und Ödland.

In jedem Kreise oder Klassifikationsdistrikt wird, ganz unabhängig von den übrigen Kreisen und Distrikten, das Ackerland je nach seinem Kapitalwert oder der Höhe seines Reinertrages in nicht mehr als 8 Bodenklassen eingeteilt. Als Reinertrag wird die Summe (ausgedrückt in Silbergroschen für den Morgen) angesehen, die nach Abzug der Bewirtschaftungskosten (inkl. der Zinsen für Gebäude- und Inventarientkapital) bei gewöhnlicher Bewirtschaftungsweise nach

fähigen Früchte, als die von ihnen zu erwartenden Material-, Roh- und Reinerträge nicht bloß durch die Art des Bodens, sondern sehr wesentlich auch durch das Klima, die Art des Wirtschaftsbetriebes und durch die mannigfachsten wirtschaftlichen Verhältnisse bedingt werden.

Auch die von manchen vorgeschlagene und befürwortete Einteilung der Böden nach ihrer *natürlichen Vegetation* (die nach vielen Beobachtungen auf die Anwesenheit gewisser wichtiger Pflanzennährstoffe im Boden hindeuten kann) würde bei dem jetzigen Stande unserer Erkenntnis in hohem Grade unsicher sein, weil neben der Bodenbeschaffenheit noch viele andere Faktoren auf die Ansiedelung dieser oder jener Pflanzen hinwirken.¹⁾

§ 68.

Die Klassifikation auf physikalisch-chemischer Grundlage.

Von der Erkenntnis ausgehend, daß der landwirtschaftliche Wert eines Bodens in erster Linie von den an seiner Zusammensetzung beteiligten Stoffen abhängt, hat schon Albrecht Thaer, der Begründer der Landbauwissenschaft, je nach dem Vorwalten gewisser für die landwirtschaftliche Benutzung besonders wichtiger Gemengteile die Böden in folgende Gruppen eingeteilt: „Tonböden“, „Lehmböden“, „sandige Lehm-“ und „lehmige Sandböden“, „Sandböden“, „humose Böden“, „Kalkböden.“²⁾ Wenn auch derartige Systeme mit allen Versuchen, Naturgegenstände zu klassifizieren, den Übelstand gemein haben, daß sich zwischen den einzelnen Abteilungen zahlreiche Übergangsgebilde finden, wenn ferner auch die in eine Klasse

dem Urteil ortskundiger, landwirtschaftlicher Sachverständigen jährlich von der fruglichen Fläche dauernd erzielt werden kann.

Da die Einschätzung in jedem Kreise und Distrikt ganz selbständig erfolgt, so brauchen natürlich die in einem Kreise festgesetzten Bodenklassen durchaus nicht mit den entsprechenden Bodenklassen eines anderen Kreises gleichwertig zu sein. So erzielt z. B.

Die Bodenklasse	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
im Kreise									
Kreuznach einen Reinertrag von	330	270	210	150	90	43	21	12	Sgr.
Lübben „ „ „	108	90	81	54	30	21	9	3	„

¹⁾ Siehe darüber weiteres im zweiten Abschnitt dieses Werkes „Botanik der kulturtechnisch wichtigen Pflanzen“.

²⁾ Thaer unterscheidet innerhalb der einzelnen Bodenarten, je nach den die Ertragsfähigkeit bestimmenden Verhältnissen (Bodenbestandteile, Tiefe der Ackerkrume und des Untergrundes, Klima, Lage u. a.), verschiedene Bodenklassen, deren Brutto- und Reinerträge in $\frac{1}{4}$ Scheffel (= X) ausgedrückt werden. Die Differenz zwischen beiden Zahlen gibt die Höhe der Bewirtschaftungskosten. Seine Klassifikation ist die folgende:

zusammengeworfenen Böden nicht selten sehr verschiedenen landwirtschaftlichen Wert besitzen, und endlich die als Merkmale für die verschiedenen Bodenklassen aufgeführten Gemengteile *für sich allein* noch nicht den größeren oder geringeren Bodenwert bestimmen, so hängt dieser doch unzweifelhaft unter sonst gleichen (klimatischen, wirtschaftlichen u. a.) Verhältnissen in erster Linie von einem größeren Reichtum des Bodens an den Stoffen ab, die in dem Thaerschen System Berücksichtigung gefunden haben.¹⁾ In enger Anlehnung an das letztere und in wesentlicher

Bodenart I: *Tonboden.*

	Bruttoertrag auf den Morgen	Reinertrag
Kl. 1. Schwarzer Klei-, fetter Weizen-Marsch-Polderboden	75 X	48 X
„ 2. Starker Weizenboden	50 „	26 „
„ 3. Schwacher Weizen-, zäher Letten-, träger, kalter Lehmboden	36 „	12 „
„ 4. Magerer Weizen-, kalter Haferboden, Bergboden		0—3—6 X

Bodenart II: *Lehmboden.*

Kl. 1.	46 X	26 X
„ 2.	36 „	18 „
„ 3.	38 „	21 „

Bodenart III: *Sandiger Lehm- und lehmiger Sandboden, schwarzer Gersten- und trockener Haferboden.*

Kl. 1. Sandiger Lehmboden	32 X	16 X
„ 2. Ebenso, aber tadelhaft in einzelnen Punkten .	24 „	10 „
„ 3. Lehmhaltiger Sandboden	20 „	8 „
„ 4. Ebenso, aber ungünstiger	16 „	6 „

Bodenart IV: *Sandboden. Drei- und sechsjähriges Roggenland.*

(Ertrag mit Rücksicht auf Weidewert.)

Kl. 1. Nach Ruhe 5 Scheffel Roggen	— X	4 X
„ 2. „ „ 4 „ „	— „	3 „
„ 3. „ „ 3 „ „	— „	2—1 X

Bodenart V: *Humoser Boden.*

Kl. 1. Milder, schwarzer Gerstenboden, Aueboden		30 X
„ 2. Schwarzer Niederungs-Roggenboden oder schwarzer Haferboden		18 „
„ 3. Saurer Niederungsboden		8—12 X
„ 4. Mooriger Boden		?

Bodenart VI: *Kalkboden.*

Wird, weil aus eigener Anschauung nicht bekannt, nicht näher erörtert.

¹⁾ Ein von W. Knop in seinen Grundzügen entworfenen, aber noch nicht genügend entwickeltes System auf rein chemischer Grundlage teilt die Böden in die *Familie der Silikatböden* (Tonersilikat-, Eisenoxydsilikat-, Monoxydsilikat-

Übereinstimmung mit dem Bodenklassifikationssystem, das bei der geognostisch-agronomischen Kartierung (s. u.) des norddeutschen Flachlands durch die Königlich Preussische Geologische Landesanstalt zur Anwendung kommt, teilen wir die Bodenarten ein in:

*Steinböden, Sandböden, Lehm Böden, Tonböden, Kalkböden, Humusböden und Moorböden.*¹⁾

Bei den Moorböden unterscheiden wir als Untergruppen die *Hochmoorböden*, die *Niederungsmoorböden* und die *Übergangsmoorböden* (s. § 57).

B. Die geognostisch-agronomischen Bodenkart.

Während die frühere geologische Landesaufnahme, hervorgewachsen aus rein wissenschaftlichen und aus bergbaulichen Interessen, fast ausschließlich das *Gebirgsland* behandelte, war die im Jahre 1873 begründete Königlich Preussische Geologische Landesanstalt von Anfang an bestrebt, durch eine geognostisch-agronomische Kartierung auch des *Flachlandes* zugleich den Bedürfnissen der Land- und Forstwirtschaft Rechnung zu tragen.

§ 69.

Zweck der Karten und Art der Darstellung. Die geognostisch-agronomischen Karten sollen nicht bloß die *Gesteins-Zusammensetzung*²⁾ auf dem dargestellten Landesabschnitt, dessen „*petrographischen*“ Charakter, sondern gleichzeitig seine „*pedographische*“ (agronomische) Beschaffenheit, also die durch chemische und mechanische Analyse ermittelte Zusammensetzung seiner äußersten Verwitterungsrinde, d. i. des *Bodens*, zur Anschauung bringen und so die Grundlage für seine landwirtschaftliche und forstliche Bewertung liefern.

Zur Herstellung der Bodenkart werden die *Mefstischblätter*³⁾ der topographischen Abteilung des Preussischen Generalstabes im Maßstab

böden und Sand- oder kieselsaure Böden), die *Familie der Karbonatböden* (Kalk- und Dolomitböden) und die *Familie der Sulfatböden* (Gips- und Anhydridböden). Je nach dem Gehalt an den verschiedenen Bestandteilen soll dann die weitere Einteilung erfolgen.

¹⁾ Gewöhnlich (auch bei den Aufnahmen der Geologischen Landesanstalt) werden die Moorböden den „Humusböden“ zugerechnet. Sie nehmen jedoch sowohl nach ihrer Entstehungsweise als nach ihren Eigenschaften eine gesonderte Stellung ein.

²⁾ Der Ausdruck „Gestein“ (wie auch „Gebirge“, „Gebirgsart“) bedeutet im geognostischen Sinn nicht nur festen Stein, Fels, sondern jeden, auch den lockeren, losen, erdigen Teil der Erdrinde.

³⁾ Die durch Druck vervielfältigten, mit dem Mefstisch, einem Feldmefstischapparat, hergestellten Geländeaufnahmen („Mefstischplatten“). Die Niveauunterschiede im Gelände sind auf den Mefstischblättern durch Höhenlinien und eingeschriebene Zahlen zur Darstellung gebracht.

von 1:25000 der natürlichen Größe benutzt. Jede Karte umfaßt ein Gebiet von $2\frac{1}{4}$ Quadratmeilen (ca. 12700 ha). Die Gebiete der verschiedenen zutage liegenden Gesteinsschichten oder der aus ihnen hervorgegangenen Bodenarten des Flachlandes — es kommt hier fast ausschließlich die Quartärformation in Betracht — werden durch Linien („Geologische Grenzen“) umzogen und ihre Zugehörigkeit zu dieser oder jener Formation durch gewisse Grundfarben, sowie durch eingetragene schwarze Buchstaben („Formationszeichen“) gekennzeichnet. Es erhalten (s. den beigegebenen Kartenausschnitt,¹⁾ Tafel I und II nach S. 128) die Schichten

des Alluviums	weiße Grundfarbe und das Formationszeichen a
des oberen Diluviums	
und zwar:	
des Taldiluviums . .	blafsgrüne " " " " ∂a
des Höhendiluviums	blafsgelbe " " " " ∂
des unteren Diluviums	hellgraue " " " " d.

Die *petrographische* Beschaffenheit der Formationsabteilungen wird durch Zusammenstellung der Formationszeichen mit gleichfalls schwarzgedruckten lateinischen Buchstaben kenntlich gemacht: z. B. bedeuten (s. Tafel II) die „Symbole“ as, asl, ak, ah, at (dem Alluvium angehörigen) Sand, Schlick, Kalk („Wiesenkalk“, § 33, 4), Humus, Torf, ∂m oberen, dm unteren Diluvialmergel, ∂s oberen, ds unteren Diluvialsand usw. Die gleichen Zeichen finden sich bei den auf den Kartenrändern angebrachten Farbenerklärungen.

Außerdem aber werden die petrographischen Unterschiede und damit zugleich die verschiedenen *Hauptbodengattungen* innerhalb der einzelnen Formationsabteilung durch besondere, für die verschiedenen Formationen gleichartige Signaturen meist in einem dunkleren Ton der geologischen Grundfarbe zusammengefaßt, und zwar die *Sandböden* durch Punktierung,²⁾ die *Grandböden* durch Ringelung, die *Steinböden* durch Kreuzchen, die *tonigen Böden* durch wagrechte oder senkrechte, die *Geschiebemergel* durch schräge Reifung, die *Tone, Lehme* und *lehmigen Böden* durch schräge Schraffierung, die *Humus-* und *Moorböden* durch kurze Strichelung, die *Kalkböden* durch blaue Schraffierung (s. d. Karte).

§ 70. Um auch den Charakter der *tieferen Bodenschichten* und die *Grundwasserverhältnisse* auf den Karten zum Ausdruck bringen zu

¹⁾ Der Kartenausschnitt ist mit gütiger Erlaubnis des Geheimrats Prof. Dr. H. Gruner dem von ihm geognostisch und agronomisch bearbeiteten Blatt Lohm (Gradabteilung 43 Nr. 12) entnommen.

²⁾ Die staubfeinen (Mergel- und Schluff-) Sande durch sehr feine, die mittel- und grobkörnigen durch lichter gestellte, gröbere Punktierung.

können, wurden bei der agronomischen Aufnahme zahlreiche Handbohrungen, früher bis auf 1,5 m, in neuerer Zeit bis auf 2 m Tiefe, ausgeführt (für jedes Blatt etwa 2000 und darüber), deren Anordnung aus einer besonderen Bohrkarte hervorgeht. Gehören die in der Bohrtiefe enthaltenen Schichten mehreren Formationen an, so deutet die Grundfarbe stets die geologische Zugehörigkeit der *oberen* Schicht an (falls diese nicht außerordentlich dünn ist oder nur eine „Durchträngung“ der eigentlich obersten Schicht mit Elementen einer anderen Formation, z. B. mit Humus, darstellt). In die Grundfarbe werden dann die den verschiedenen Formationen beilegenden Signaturen in der Art eingetragen, daß die Signatur der unteren Schicht hinter die der oberen zurücktritt, daß z. B., wenn Sand unter Moor liegt, die Strichelung die Punktierung überwiegt. Auch die aufgedruckten Symbole lassen die Aufeinanderfolge mehrerer geologischer Schichten hervortreten und zwar dadurch, daß sie, durch Striche getrennt, untereinander gesetzt werden. So bedeutet der Ausdruck $\frac{\partial m}{ds}$, daß unter oberem Diluvialmergel unterer Geschiebesand liegt, der Ausdruck $\frac{as}{\partial m}$,

oberer Geschiebemergel von alluvialem Torf und dieser von alluvialem Sand überlagert wird. In einem dem Erläuterungsheft zur Karte angefügten *Bohrregister* wird die agronomische Beschaffenheit der durchteuften Schichten durch Buchstaben und andere Zeichen,¹⁾ ihre Mächtigkeit durch Zahlen angegeben, die immer Dezimeter bedeuten, z. B.:

Teil der Karte ²⁾	Bohrloch No.	Bodenprofil	
IA	8	$\frac{\check{K} \check{S} H}{S}$	3 17
			Unter einer 3 dm mächtigen, schwach kalkhaltigen und schwach sandigen Humusschicht liegen (mindestens) 17 dm grob- und feinkörnigen Sandes.
oder IIC	66	$\frac{\bar{H} \ominus T}{E \ominus T}$	2 2
		$\frac{S}{S}$	16
			Unter 2 dm stark humosen, sandigen (Sand unter 0,2 mm Korngröße) Tones folgen 2 dm eischüssigen, sandigen (wie oben) Tones, darauf (mindestens) 16 dm Sand (Korngröße über 0,2 mm).
	usw.		

¹⁾ Jedem Bohrregister geht eine Erklärung der benutzten Buchstaben und Zeichen voraus, wonach z. B. S Sand, G Grand, L Lehm, T Ton, M Mergel, K Kalk, H Humus, SL sandigen Lehm, SKH sandigen kalkhaltigen Humus usw. bedeutet.

²⁾ Die Bohrkarten sind, um die Auffindung jeder Bohrstelle zu erleichtern, in 4×4 annähernd quadratische Felder geteilt, die in bekannter Weise durch Zahlen und Buchstaben kenntlich gemacht werden.

In den Karten selbst werden die auf einer größeren Fläche ermittelten Minimal- und Maximalzahlen für die Mächtigkeit der einzelnen Bodenbildungen in Rotdruck an einer Stelle eingetragen, die im Mittelpunkt der betreffenden Fläche steht. Gehören die tieferen Schichten einer anderen Formation oder Formationsabteilung an, als die Grundfarbe des Kartenteils für die oberen Schichten angibt, so wird dies durch Einzeichnung einzelner Bohrlochkreise von der Farbe der betreffenden Formationen kenntlich gemacht.

Auf dem rechten Rande jeden Blattes finden sich die Erklärungen der in der Karte verwendeten Farben und geognostischen und agronomischen Zeichen („Farben-Bezeichnung“), auf dem linken Zeichnungen der für die aufgenommene Gegend charakteristischen Bodenprofile, nach Bodengattungen geordnet. Der untere Rand enthält eine graphische Darstellung der daselbst übereinander oder zwischeneinander vorkommenden Bildungen (s. Tafel II).¹⁾

§ 71.

Das Kartenlesen. Mit Hilfe der vorstehenden und der auf der Karte selbst (Tafel II) gegebenen Erläuterungen dürfte es nicht schwer sein, aus der Bodenkarte (Tafel I) den geognostischen und den agronomischen Charakter der dargestellten Gegend herauszulesen.

Die durch die Karte dargestellte Landschaft scheidet sich in zwei scharf voneinander abge sonderte geognostische Gebiete. Das nordwestliche gehört nach seinen grauen, gelben und grünen Grundfarben dem *Diluvium*, das südöstliche nach seiner weißen Grundfarbe dem *Alluvium* an.

Unter den diluvialen Bildungen auf dem nordwestlichen Kartenteil ist zunächst der *untere Diluvialmergel* („Unterer Geschiebemergel“), das Produkt der älteren Eiszeiten (§ 37), südlich und nördlich der Ortschaft Breddin leicht erkennbar an der hellgrauen Grundfarbe und an der Bezeichnung d m (s. Farbenbezeichnung ① Tafel II), die dunklere Reifung deutet den lehmigen oder tonigen Charakter der oberen Schicht an. Die Bohrungen auf dem übrigen Teil des Geländes zeigen, daß er oder der aus ihm hervorgegangene Geschiebesand (d s) sich auch im Untergrunde der jüngeren hier vertretenen Diluvialbildungen findet. Nach den in die Karte eingetragenen agronomischen (roten) Buchstabenzeichen und nach der Profildarstellung ① Tafel II besteht er in seiner oberen 5—13 dm

¹⁾ In den obigen Erläuterungen konnten nur die wichtigsten Bezeichnungen des sinnreichen Systems berührt werden, welches bei der geologisch-agronomischen Kartierung der Geologischen Landesanstalt sich allmählich herausgebildet hat. Einen eingehenderen Einblick erhält der Leser durch das Studium der höchst übersichtlichen und klaren Darlegungen von K. Keilhack. (S. Literatur zum I. Abschnitt.)

mächtigen Verwitterungsschicht aus lehmigem Sand (LS) oder schwach lehmigem Sand (LS). Darauf folgt nach der Tiefe zu Lehm (L) oder sandiger Lehm (SL), und darunter wurde nördlich von Breddin Mergel (M) oder sandiger Mergel (SM) angetroffen.

Unmittelbar nördlich von Breddin, ferner in einigen Inseln in nordöstlicher und östlicher Richtung von Breddin, sowie in einem langen, schmalen, fast an der Grenze von Alluvium und Diluvium sich hinziehenden Streifen tritt der untere Diluvialsand oder Spatsand (§ 37) zutage, eine Ablagerung der Interglacialzeit, kenntlich an der hellgrauen Grundfarbe mit dunkelgrauen Punkten und dem Zeichen ds. Die in die Karte eingetragenen Bohrlochkreise ○ und Nachgrabungszeichen ◐ (mit dem Gepräge des Diluvialmergels) und die Farbenbezeichnung ② Tafel II, sowie die in die Karte eingetragenen agronomischen (roten) Buchstaben und Zahlen lassen erkennen, dafs schon bei Handbohrungen und Grubenanlagen unter einer 8—12 dm mächtigen Sandlage sandiger Lehm und sandiger Mergel, Glieder des unteren Diluvialmergels, aufgefunden wurden.

Bei Breddin und in der nordöstlichen Ecke des Blattes liegt der *obere Diluvialmergel* („Oberer Geschiebemergel“) an der Oberfläche, bezeichnet durch hellgelbe Grundfarbe mit dunkelgelber, enger, schräger Schraffierung von rechts nach links (s. Farbenbezeichnung ③ Tafel II) und die Buchstaben ∂m . Nach den agronomischen Eintragungen in die Karte und dem Profil ② Tafel II besteht er in seiner oberen (Verwitterungs-) Schicht aus lehmigem oder schwach lehmigem Sand (3—13 dm), der nach unten in sandigen Lehm und stellenweise weiter in sandigen Mergel übergeht. An manchen Stellen, kenntlich gemacht durch die gleiche Grundfarbe mit dunkelgelber, weiter Schraffierung und das Zeichen $\frac{\partial m}{ds}$, findet sich der Mergel nur noch in einzelnen Überresten, und die Hauptmasse besteht dann nur noch aus Lehm und lehmigem Sand, der unmittelbar auf dem unteren Diluvialsande aufliegt (s. Profil ③ Tafel II und Bez. ① daselbst, auf dem unteren Kartenrand), oder die Verwitterung ist noch weiter vorgeschritten, der Kalk völlig, der Lehm zum grössten Teil fortgespült, so dafs von dem ursprünglichen Geschiebemergel nur noch lehmiger und schwach lehmiger Sand zurückgeblieben sind. Die betreffenden Flächen sind mit hellgrauer Grundfarbe, dunkler, weiter, schräger Schraffierung und mit eingestreuten, dunkelgrauen Punkten, sowie mit dem Zeichen ∂ds versehen (s. auch ② Tafel II, unterer Kartenrand). Auch hier weisen zwei mit dem Gepräge des unteren Diluvialmergels eingetragene Bohrlochkreise (unter dem Wort Breddin) darauf hin, dafs Handbohrungen noch den unteren Geschiebemergel erreichten. Aus den agronomischen Zeichen erkennt man, dafs die oberste Schicht dieses Bodens aus lehmigem oder schwach lehmigem Sand (3—13 dm), im Gemenge mit Steinen

(worauf die Kreuzchen hindeuten), die tiefere aus Sand oder Grand (G) besteht. In der nordwestlichen Ecke des Blattes befindet sich eine kleine, dem Alluvium angehörige Fläche (weisse Grundfarbe), die von einem jüngeren Gliede des Diluviums, dem *Talsand*, eingeschlossen wird. Letzterer wird durch hellgrüne Grundfarbe bezeichnet. Die eingestreuten Punkte zeigen an, daß es sich um Sand *hochgelegener* Becken und Rinnen handelt, um den am Schluß der Diluvialzeit von den Höhen herabgeschwemmten und in den von den Schmelzwässern ausgehöhlten Vertiefungen abgesetzten Sand. Nach der Farbenbezeichnung ④ Tafel II besteht der Alluvialboden aus reinem oder schwach humosem, meist trockenem Sand mit durchlässigem Sanduntergrund.

Größeren Umfang nimmt in der dargestellten Gegend die jüngste Diluvialbildung, der von den Schmelzwässern der Gletscher der letzten Eiszeit in die *Niederungen* geführte und hier zum Absatz gekommene *Talsand* ein (blafsgrüne Grundfarbe mit eingestreuten dunkelgrünen Punkten, [∂as], wie er in der südwestlichen Ecke des Kartenblattes auf größerer Fläche zutage liegt und sich von hier in einem schmalen Streifen als „Vorterrasse“ der Diluvialgebilde in nordöstlicher Richtung über das ganze Blatt hinwegzieht, auch in kleinen Inseln aus dem Alluvium hervorragt). Nach der Farbenbezeichnung ⑤ Tafel II und dem in die Karte eingetragenen agronomischen Zeichen besteht der Boden an der Oberfläche aus reinem oder schwach humosem Sand, mit durchlässigem Sanduntergrund und meist nicht tiefem Grundwasserstand.

Der südöstliche Teil der Karte, der ausschließlichs aus *Alluvialboden* besteht, ist leicht zu verstehen. Überall liegt, wie die einfache oder doppelte Strichelung andeutet, an der Oberfläche entweder Moorerde (ah) oder Torf¹⁾ (at), s. d. Farbenbezeichnung ⑥ und ⑦ Tafel II; beide werden unterlagert von schlickhaltigem Sand $\frac{asl}{as}$ (s. d. Bezeichnung ③ Tafel II am unteren Rande der Karte). Letzterer bildet das vermittelnde Glied zwischen dem Talsand des oberen Diluviums und dem Schlick des Alluviums. Wie die agronomischen Eintragungen in die Karte und das Profil ④ Tafel II erkennen lassen, liegen hier unter einer 2—5 dm starken Schicht von sandigem Humus Ton oder humoser Ton, darunter bisweilen wieder reiner oder tonhaltiger Humus (H—TH), in größeren Tiefen Sand.

¹⁾ Als „Moorerde“ werden hier die unter dem Einfluß größerer Entwässerung und Durchlüftung bereits stärker zersetzten, als „Torf“ die bei mangelndem Zutritt des Luftsauerstoffs noch wenig zersetzten, faserigen, sperrigen, pflanzlichen Bodenbildungen angesehen. Torf findet sich auf der Karte nur auf einer kleinen Fläche nordöstlich von dem blau schraffierten, zur Kolonie Sophiendorf gehörigen Gebiet.

Die blaue, schräge, unterbrochene Schraffierung auf einem großen Teil der Alluvialfläche deutet das Vorhandensein von Moormergel (§ 33, 5d) akh (s. Farbenbezeichnung ⑧ Tafel II) an. Die geognostische Bezeichnung

(kh)

(sl)

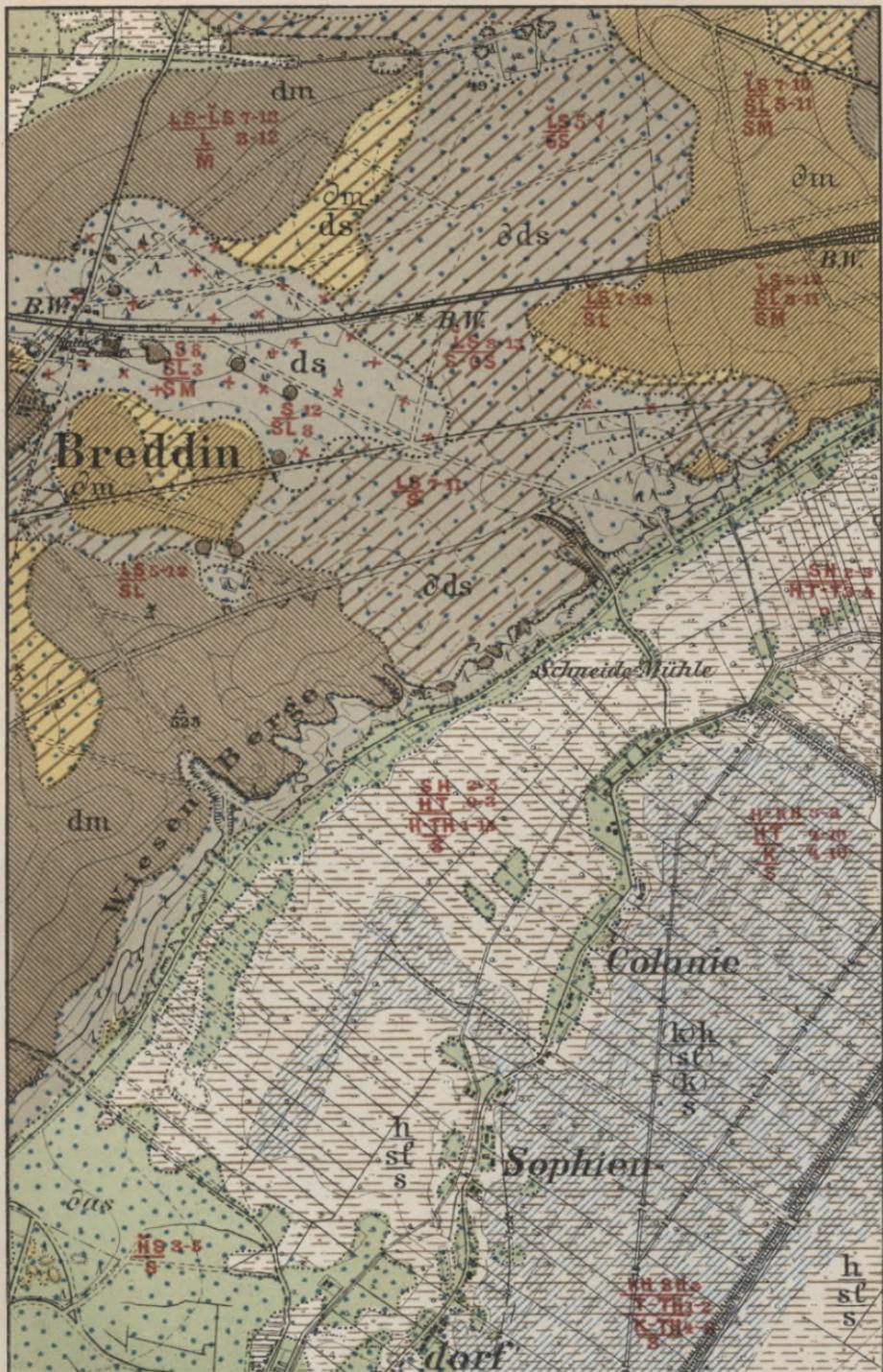
(k)

s

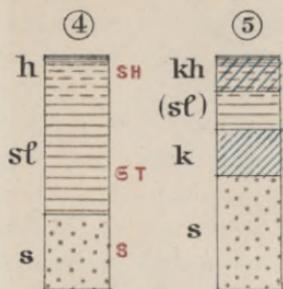
in der Karte und am unteren Kartenrand Tafel II ④ (das Formationszeichen a ist fortgelassen) mit ihren eingeklammerten Buchstaben zeigt an, daß auf der betreffenden Fläche der Mergel in der oberen Schicht sich nur *nesterweise* vorfindet, daß ebenso in den tieferen Schichten Schlick und Wiesenkalk *nesterweise*, Sand überall angetroffen wird. Die agronomischen Zeichen sind namentlich mit Hilfe des Profils ⑤ Tafel II leicht verständlich.

§ 72. *Die Vorteile*, die bei eingehendem Studium die geognostisch-agronomischen Karten dem Landwirt, Forstwirt und dem Kulturtechniker gewähren können, sind zahlreich. Sie geben schnell einen Überblick über die Bodenbeschaffenheit eines größeren Gebietes und lassen unschwer die räumliche Ausdehnung des besseren und geringeren Bodens in der dargestellten Landschaft erkennen.

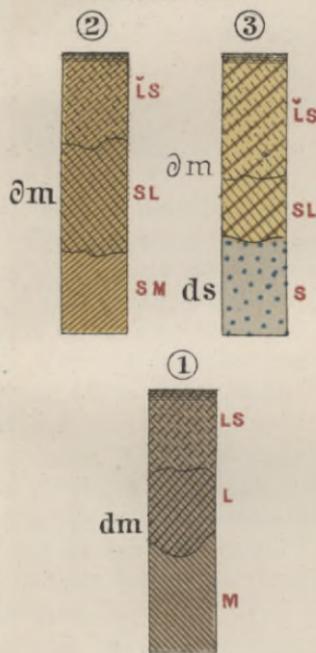
Aus den Karten läßt sich unmittelbar die Antwort auf die für die Begrenzung der Ackerschläge einer Wirtschaft hochwichtige Frage ablesen, ob verschiedenartige und verschiedene land- und forstwirtschaftliche Behandlung beanspruchende Bodenarten auf verhältnismäßig kleiner Fläche wechseln, oder ob große zusammenhängende Flächen gleichartigen Bodens eine große Ausdehnung des einzelnen Schlags gestatten. Der Aufschluss, den sie in gebirgigen Gegenden für die Flach- oder Tiefgründigkeit des Bodens geben, ist ausschlaggebend für die Wahl der anzubauenden Früchte und Holzarten. Ihre und die in den Erläuterungen beigegebenen Angaben über die Beschaffenheit der oberen, wie der tieferen, für die Pflanzen noch erreichbaren Schichten lassen von vornherein die wichtigsten Schlüsse zu, nicht nur hinsichtlich des vorhandenen Vorrats an Pflanzennährstoffen, sondern auch für die gleichfalls bei der Fruchtwahl sehr zu berücksichtigenden Wasserverhältnisse. Letztere werden in erster Linie durch die Lage und die petrographische Beschaffenheit der Untergrundschichten bedingt. So unterscheidet die Karte (s. Tafel I und II) zwischen Talsand im Haupttal und Talsand in der Hochfläche. Der erstere ist meist feucht, der letztere meist trocken. Das in der Mark sehr häufige Profil ① (Tafel II): — in der Oberfläche lehmiger Sand, worauf Lehm und dann Lehmmergel folgt — stellt eine starke Wasserhaltigkeit des Bodens in Aussicht. Sehr oft aber findet sich zwischen dem lehmigen Sand und dem Lehm eine mehr oder weniger mächtige, dann ebenfalls aus der Karte ersichtliche Sandschicht



BODEN PROFILE.
Humus- u. Kalkboden.



Lehmboden



FARBEN-BEZEICHNUNG.
GEOGNOSTISCH. AGRONOMISCH
ALLUVIUM.

Das Formationszeichen A ist in den übrigen Theilen der Karte weggelassen.

- Torf. (7) Humus (Torf) mit Torf-Untergrund und nahem Grundwasser.
- Moorerde. (6) Nur in Uebereinanderfolge vorkommende Bildungen.
- Moormergel. (8)

DILUVIUM

- Thalsand im Hauptthale. (5) Sand und schwach humoser Sand mit durchlässigem Sand-Untergrund und meist nicht tiefem Grundwasser.
- Thalsand bzw. Sand der Rinnen und Becken in der Hochfläche. (4) Sand und schwach humoser Sand mit durchlässigem Sand-Untergrund (meist trocken).
- Oberer Diluvialmergel (Geschiebemergel) einschliesslich seiner lehmig sandigen Verwitterungsrinde. (3) Lehmiger Sand über schwer durchlässigem Lehm-Untergrund, in der Tiefe Mergel.
- Unterer Diluvialsand (Spathsand). (2) Sand mit durchlässigem Sand-Untergrund (meist trocken) mit Geschiebestreuung.
- Unterer rother Diluvialmergel (Geschiebemergel) einschliesslich seiner lehmig sandigen Verwitterungsrinde. (1) Lehmiger Sand über schwer durchlässigem Lehm-Untergrund in der Tiefe Mergel.

Uebereinander bezw. mit Einlagerungen vorkommende Bildungen.

des Diluvium **des Alluvium**

Oberkrume: Reste d. Unter. rothen bezw. Ober. Dil. Mergels Moorerde Moormergel
Schwach lehmiger Sand u. lehmiger Sand. bezw. Torf. nesterweise.

über (1) (2) (3)

Untergrund: Sandigen Lehm (Mergel) u. Sand. Thon und Sand. Thon u. Kalk nesterweise u. Sand.

eingelagert, wodurch die wasserhaltende Kraft des Bodens natürlich in hohem Grade vermindert wird.¹⁾ Dahin gehört auch, daß der Sand des *Alluviums*, entsprechend seiner Lage in der Niederung, allermeist mehr natürliche Frische besitzt, als der im übrigen ihm ähnliche *Diluvialsand* (Berendt). Auch nach anderer Richtung kann die geognostische Unterscheidung von Wichtigkeit sein. So weist Berendt darauf hin, daß die Sande des oberen und des unteren Diluviums *petrographisch* zwar fast gleich sind, *agronomisch* aber eine verschiedene Bedeutung besitzen, insofern als der *obere* Diluvialsand meist in verhältnismäßig *geringer* Mächtigkeit dem Lehm des oberen Diluviums aufliegt, der *untere* aber gewöhnlich sehr mächtig ist, so daß die darunterliegenden wertvolleren Schichten keine Wirkung auf den Pflanzenwuchs ausüben können.

Endlich braucht nur noch hervorgehoben zu werden, daß die Karten auch davon Kunde geben, ob Kalk, Mergel, Kleiboden und andere Meliorationsmittel für den Boden im Untergrunde oder in erreichbarer Nähe vorhanden sind.

¹⁾ Die Bedeutung der durch die Karte dargestellten Bodenbeschaffenheit für die Gestaltung des Wasserhaushalts geht sehr anschaulich aus folgendem, den „Grundlagen des Ackerbaus“ von Hellriegel entnommenen Beispiel hervor. Von zwei Böden bestand der eine (A) in der für die Pflanzen noch erreichbaren Tiefe aus reinem Sand, der andere (B) in seinen oberen 30 cm aus lehmigem, mit Humus gemischtem Sande, in den folgenden 33 cm aus lehmigem Sand, darauf folgte reiner Sand. In beiden Böden vermochten die Pflanzenwurzeln bis auf eine Tiefe von 80 cm einzudringen. Beide Bodenarten mögen mit reichlicher Winterfeuchtigkeit getränkt zu Beginn der Vegetation noch bis zu 80% ihrer Wasserkapazität (s. u. § 78) an Feuchtigkeit enthalten. Sie können dann, wie wir unten sehen werden (§ 84), noch 80 — 30, d. i. 50% ihrer Wasserkapazität den Pflanzen zur Verfügung stellen. Nach den vorgenommenen Untersuchungen betrug das verfügbare Wasser für 1 ha bis zur Tiefe von 80 cm berechnet:

auf dem Boden A	rund	1 164 000	kg	(entsprechend	116,4	mm	Regen),
„ „ „ B	„	418 000	„	„	41,8	„	„ !

Kapitel IV.

Die Eigenschaften des Bodens und ihre Beeinflussung durch menschliches Eingreifen.

Nach der Begriffsbestimmung des Bodens (s. die Einleitung) soll er den Kulturpflanzen einen zusagenden Stand und die mineralischen Stoffe bieten, deren sie zu ihrer Ernährung bedürfen. Der Kulturwert eines Bodens wird also durch seinen Gehalt an Pflanzennährstoffen und durch das stärkere oder schwächere Vorhandensein gewisser Eigenschaften bedingt, die den Pflanzen erst die Nährstoffaufnahme und das Wachstum ermöglichen. Als „physikalische“ Eigenschaften lassen sie sich kurz bezeichnen.

A. Die physikalischen Bodeneigenschaften.

§ 73.

Allgemeines. Auch der an Nährstoffen reichste Boden sichert den Pflanzen kein freudiges Gedeihen, wenn er nicht zugleich andere für das Pflanzenwachstum notwendige Bedingungen erfüllt. Um der Pflanze einen genügend *festen Stand* zu gewähren, muß er so tiefgründig und locker sein, daß die Pflanzenwurzeln bis zu einer gewissen Tiefe eindringen und sich verbreiten können; zugleich ist ein gewisser Zusammenhang der Bodenteilchen nötig, um ihr Fortwehen und das Umfallen der Pflanzen zu verhindern. Dabei darf der Zusammenhang der Bodenteilchen nicht so dicht sein, daß er die *Durchlüftung* des Bodens, das Eindringen der atmosphärischen Luft und das Austreten pflanzenschädlicher Bestandteile der Bodenluft stört. Die Bodenbeschaffenheit muß ferner der Bewegung des *Bodenwassers* nach oben, nach unten und nach den Seiten günstig sein, ohne ein zu schnelles Abfließen nach der Tiefe oder den Seiten hervorzurufen. Sie muß endlich eine *Erwärmung* des Bodens auf ein für das Pflanzenwachstum günstiges Maß ermöglichen. Alle diese Eigenschaften werden nur zum kleineren Teil durch die chemische Zusammensetzung der Bodengemengteile, in weit höherem Grade durch deren mechanische Beschaffenheit und das Mengenverhältnis beeinflusst, in dem sie zueinander stehen.

§ 74.

Die festen Gemengteile des Bodens. Sieht man vom Bodenwasser und der Bodenluft ab, so kann man den Boden als ein mechanisches Gemenge von *grandigen*, *sandigen*, *tonhaltigen* und *organischen* Stoffen¹⁾ betrachten, die man gewöhnlich als „Bodenkonstituenten“ bezeichnet. *Grand* und *Sand* nennt man die gröbereren Gemengteile, die in Wasser schnell zu Boden sinken und meist überwiegend aus Kieselerde (Quarz) bestehen, aber häufig auch zahlreiche, weniger oder mehr zersetzte Gesteins- und Mineraltrümmer, wie Granit, Kalkstein, Kreide, Feldspat, Glimmer u. a. enthalten und so über den Ursprung, das geologische Alter, die geognostische Zugehörigkeit²⁾ des Bodens Auskunft geben. Die Teile mit mehr als 2 mm Korngröße rechnet man zum Grand, die kleineren, aber noch mehr als 0,05 mm Korngröße besitzenden zum Sand. Die letzteren teilt man in Unterabteilungen von

2—1 mm, 1—0,5 mm, 0,5—0,2 mm, 0,2—0,1 mm, 0,1—0,05 mm

Korngröße. Unter *tonhaltigen* Stoffen werden die feinkörnigsten Bodengemengteile verstanden, die in Wasser sich lange schwebend erhalten und dadurch von den grobkörnigen Teilen leicht „abgeschlämmt“ werden können. Die tonhaltigen Stoffe (auch „Rohton“) bestehen der Hauptsache nach aus den letzten Verwitterungsprodukten der Mineralien, nämlich aus Ton und feinerzerriebenem Quarz (Quarzmehl), enthalten aber fast immer noch größere oder geringere Beimengungen von Eisenoxyd und von weniger verwitterten Mineralien, namentlich von wasserhaltigen Silikaten (Zeolithen), also von den Stoffen, die für das Adsorptionsvermögen der Böden von hervorragendem Einfluß sind (§ 78). Man trennt bei den Untersuchungen der Geologischen Landesanstalt die tonhaltigen Teile noch weiter in ‚Staub‘ mit einer Korngröße von 0,05—0,01 mm und in ‚Feinstes‘ unter 0,01 mm Korngröße. Die *humosen Stoffe* bestehen hauptsächlich aus pflanzlichen, zu einem Teil aber auch aus tierischen Resten in den verschiedensten Zersetzungsstadien (§ 53). Der Gehalt eines Bodens an humosen Stoffen entspricht etwa dem Gewichtsverlust, den völlig trockener Boden beim Glühen erleidet. Zur Ermittlung des Gehalts an sandigen und tonhaltigen Gemengteilen dient:

§ 75. Die mechanische Bodenanalyse. Durch Siebe von verschiedener Lochweite werden zunächst die grobkörnigeren Bestandteile

¹⁾ Auch den der Hauptsache nach aus pflanzlichen Stoffen bestehenden Moorböden sind fast ausnahmslos sandige und tonhaltige Stoffe infolge von Überwehungen oder Überschwemmungen beigemischt.

²⁾ So wird man z. B. den Sandboden des norddeutschen Flachlandes bei Anwesenheit nordischer Gesteinstrümmer ohne weiteres der Quartärformation, bei ihrer Abwesenheit hingegen einer älteren Formation zurechnen dürfen.

von den feinkörnigeren abgetrennt. Die gröberen Bodenpartikel werden wohl als das „Skelett“ des Bodens, die feinkörnigeren Bodenteile als „Feinerde“¹⁾ bezeichnet. Das Bodenskelett kann man wieder, je nach der Gröfse seiner Bestandteile, in „Größere Steine“, „Kies“, „Grobsand“ einteilen. Soweit die Siebe zur weiteren Zerlegung der feinkörnigeren Bodenbestandteile nicht mehr ausreichen, bedient man sich der *Schlamm-analyse*. In Nachahmung der Naturvorgänge, die eine Scheidung der durch das Wasser verschwemmten Gesteinstrümmer je nach ihrer Gröfse, ihrer Form und ihrem spezifischen Gewicht herbeiführen (§ 37), benutzt man zur Scheidung der sandigen und tonhaltigen Stoffe das Wasser. In *stehendem Wasser* senken sich die darin verteilten Bodenteilchen um so schneller zu Boden, je gröber sie sind. Durch einen *aufsteigenden Wasserstrom* werden die kleineren Teilchen leichter gehoben als die schwereren. Man kann daher das ruhige wie das bewegte Wasser zu einer mechanischen Zerlegung des Bodens in feinere und gröbere Partikel verwenden.²⁾ Besonders mittels des letzteren gelingt es, mit großer Sicher-

¹⁾ Hinsichtlich der Bezeichnung der Bodenteile von verschiedener Korngröfse herrscht bis jetzt keine Einmütigkeit, und namentlich wird der Ausdruck „Feinerde“ bald für die Bodenteilchen gebraucht, die ein 0,25 mm Sieb, bald für solche, die ein 2 oder 3 mm Sieb passieren. Am zweckmäfsigsten dürfte es sein, ihn und die übrigen in § 75 aufgeführten Bezeichnungen fallen zu lassen und allgemein die von der Preussischen Geologischen Landesanstalt bei ihrem grofsartigen Kartierungswerk benutzten (§ 69 ff.), im § 74 mitgeteilten Unterscheidungen einzuführen.

²⁾ Zur Ausführung der Schlämmanalyse in stehendem Wasser dienen „Schlammzylinder“ (nach Knop, J. Kühn u. a.) oder „Schlammflaschen“ (nach v. Bennigsen-Förder), aus denen man entweder die nach einer bestimmten Zeit noch im Wasser schwebenden Bodenteilchen von den sich absetzenden gröberen Teilen abgiefst, oder in denen man, nach längerem Stehenlassen, die Schichten misst, worin die verschiedenen Bodenpartikel je nach ihrer Korngröfse sich abgesetzt haben. Auf dem andern Prinzip (bewegtes Wasser) beruht u. a. der auch seitens der Königl. Preussischen Geologischen Landesanstalt benutzte Schöneische Schlämmapparat, mittels dessen man die bei verschiedener Stromgeschwindigkeit aufgeschlämmten Bodenpartikel getrennt aufammelt. (Je geringer die Wassergeschwindigkeit, um so kleiner sind die Bodenteilchen, die dadurch aufgeschlämmt werden.) — Die Schlämngeschwindigkeit der im Wasser schwebenden Stoffe hängt nicht blofs von ihrer Korngröfse, sondern auch von ihrem spezifischen Gewicht und ihrer Form ab. Es besitzen daher die bei derselben Stromgeschwindigkeit schwebend gehaltenen Bodenteilchen, d. h. Bodenteilchen „von gleichem hydraulischen Wert“, bei verschiedenem Gewicht und bei verschiedener Form auch verschiedene Korngröfse. Bei den Angaben des Schöneischen Schlämmapparates versteht man unter „Schlämmprodukten von dieser oder jener Korngröfse“ solche Körner, die runden Quarzkörnern desselben Durchmesser hydraulisch gleichwertig sind.

heit in Bodenproben die vorhandenen Mengen von tonhaltigen und feiner- und gröbersandigen Bestandteilen zu ermitteln. Ihre Art und Größe, sowie die Menge und Beschaffenheit der gleichfalls leicht zu bestimmenden Humusstoffe sind von größtem Einfluss auf die physikalischen Eigenschaften des Bodens, zunächst auf seine *Lagerungsverhältnisse*.

§ 76. *Lagerung, Struktur, Kohärenz.* Die Lagerungsweise der einzelnen Bodenteilchen („Bodenelemente“), m. a. W. die „Struktur“ oder das Gefüge des Bodens ist verschieden, je nachdem die *einzelnen* Partikel gleich wenig oder gleich fest aneinander gebunden sind („Einzelkornstruktur“), oder immer eine kleinere oder größere Anzahl von Bodenteilchen sich untereinander zu kleinen Haufwerken (Krümeln, Flocken) fester miteinander *verbunden* hat (Krümelstruktur). Sandboden wie Tonboden können Einzelkornstruktur aufweisen. Im ersteren liegen die einzelnen Sandkörner (wenn sie trocken sind) lose, ohne jeden Zusammenhang, nebeneinander, im letzteren halten sich die Tonteilchen mit einer beträchtlichen Anziehungskraft aneinander gefesselt, die der mechanischen Trennung einen Widerstand entgegensetzt¹⁾ und die man „Kohärenz“ nennt. Bei beiden Bodenarten kann die Einzelkornstruktur in Krümelstruktur übergehen; bei der ersteren, wenn die Bodenelemente durch bindende Stoffe (Ton, Kieselsäure, Humus, Kalk oder auch durch Wasser) zu Krümchen verkittet werden, bei den letzteren dadurch, daß auf irgend eine Weise der gleichmäßige Zusammenhang der Masse gelockert und die Bildung einzelner in sich fester gefügter, aber lose *nebeneinander* liegender Bodenteilchengruppen herbeigeführt wird. Hierdurch wird also die Kohärenz oder „Bindigkeit“ des Sandbodens *vermehrt*, die des Tonbodens *vermindert*. Die Überführung der Einzelkorn- in die Krümelstruktur ist für die landwirtschaftliche Verwertung des Bodens von hoher Bedeutung; daß sie seine Luft- und Wasserverhältnisse günstiger gestaltet und dadurch die Zugänglichkeit seines Nährstoffvorrats steigert, wird weiter unten erörtert werden. Ein Boden mit Krümelstruktur erleichtert infolge des Vorhandenseins größerer Hohlräume das Eindringen und das Wachstum der Pflanzenwurzeln und die Bearbeitung mit landwirtschaftlichen Werkzeugen.²⁾ Sie verhindert ferner die Krustenbildung und das Rissigwerden

¹⁾ Je nach der Zähigkeit, mit der die einzelnen Bodenteilchen aneinander haften, und die allermeist auch in der Zähigkeit ihres Anhaftens an Holz und Eisen sich ausspricht, unterscheidet der Landwirt zwischen „schweren“ oder „strengen“ (d. h. schwer zu bearbeitenden) und „leichten“ (leicht zu bearbeitenden) Böden, wobei allerdings an die Bezeichnung „schwer“ zugleich die Annahme eines größeren, an die Bezeichnung „leicht“ die eines geringeren Reichtums an Pflanzennährstoffen geknüpft wird.

²⁾ Der vorteilhafte Einfluss, den nach dieser Richtung hin eine die Krümelung fördernde Bodenbehandlung ausübt, läßt sich leicht mit Hilfe der

der tonreichen Böden (s. unter Volumveränderung, § 79). Auf die Krümelbildung wirken insbesondere die folgenden Umstände ein. Von ungünstigem Einfluß sind heftige Platzregen und Hagelfälle, die die gebildeten Krümel zerstören, den Boden „verschlämmen“. Reichliche Zufuhr der üblichen Düngesalze: Chlorkalium, Kaliumsulfat, Kainit, Carnallit usw., ferner von Chilisalpeter wirkt gleichfalls auf die Überführung der Krümel- in die Einzelkornstruktur und auf Verkrustung des Bodens hin.¹⁾ (Über den Einfluß des Frostes auf die Kohärenz, soweit sie durch Wasser bewirkt wird, s. § 78.) Auf mechanischem Wege wird die Krümelung eines tonreichen Bodens durch die grabende und wühlende Tätigkeit der im Boden lebenden Tiere,²⁾ sowie durch das Eindringen, die Verbreitung und das Wachstum der Pflanzenwurzeln und ferner durch eine verständige Bodenbearbeitung (s. u.) befördert. Auch das in den Boden eindringende und gefrierende Wasser kann infolge seiner Ausdehnung eine lebhaftere Krümelbildung, allerdings auch die unliebsame Erscheinung hervorrufen, die man als „*Auffrieren*“ des Bodens bezeichnet. Das Auffrieren des Bodens findet namentlich leicht auf stark humosen Bodenarten statt. Die Humusstoffe nehmen sehr viel Wasser auf (s. u.), das im Winter, zu Eis gefrierend, sich stark (um $\frac{1}{10}$ seines ursprünglichen Volums) ausdehnt und die festen Bodenteile emporhebt oder voneinander schiebt. Hierbei werden die zarten Wurzeln der im Boden stockenden Pflanzen zerrissen oder nach dem Auftauen des Eises freigelegt, und ein Absterben der Pflanzen ist die Folge („*Auswintern*“ des Getreides).

§ 77. *Wirkung menschlichen Eingreifens auf die Krümelstruktur. „Bodengare“.* Die mechanische Bearbeitung des Bodens mittels der landwirtschaftlichen Werkzeuge hat zum großen Teil den Zweck, die Krümelstruktur herbeizuführen. Er wird aber bei tonreichen Böden verfehlt, wenn diese während der Bearbeitung sehr nafs sind oder gleich

neuerdings hergestellten „Zugkraftmesser“ bei den in Frage kommenden Bodenbearbeitungsgeräten nachweisen.

¹⁾ Bei der Anlage von Rimpauschen Moordammkulturen benutzt man diese Wirkung der Kalidüngemittel bisweilen zum Schutz feinkörnigen Decksandes vor dem Verwehen. Bei rechtzeitigem Aufstreuen größerer Mengen Kainit überzieht sich die Sanddecke mit einer dünnen Kruste, die sie längere Zeit vor dem Fortwehen schützt.

²⁾ Hierher ist namentlich auch die Arbeit der Regenwürmer zu rechnen, die nicht bloß durch die zahlreichen gegrabenen Gänge, sondern auch dadurch eine ausgezeichnete Krümelbildung veranlassen, daß sie mit ihrer Nahrung große Mengen von mineralischen Bodenteilchen aufnehmen und mit ihren Exkrementen vermischt zurücklassen. Nach Darwin besteht die Ackerkrume hauptsächlich aus Regenwurmexkrementen. Auch für manche Wiesenböden (auch Moorböden) läßt sich diese Behauptung aufrecht erhalten.

nach der Bearbeitung viel Regen erhalten.¹⁾ In diesem Fall befördert die Bearbeitung nur die verschlammende Kraft des Wassers. Eine unvorsichtige Verstärkung der Ackerkrume („Tiefkultur“) durch Aufpflügen bindigen Untergrundbodens kann bei Eintritt starker Regengüsse eine Zerstörung der Krümelstruktur und eine unheilvolle Verkrustung der Oberfläche zur Folge haben. Von sehr günstigem Einfluß ist die Zufuhr von *Kalk* und Kalkmergel, sowie von Gründüngungsmasse und Stalldünger zu tonreicher Böden. Auch die Vermischung tonreichen Bodens mit grobem *Sand* ist geeignet, seine Kohärenz abzuschwächen. In gleicher Richtung wirkt der Anbau von Pflanzen mit stark entwickeltem Wurzelsystem (Klee). In sandreichen Böden wird man durch Aufbringen von humus- und von tonhaltigen Stoffen (z. B. von Tonmergel) auf eine *Verstärkung* der Kohärenz, also in diesem Fall gleichfalls auf die Krümelbildung günstig einwirken können.

Die Krümelstruktur bildet einen wesentlichen Teil jenes Zustandes des Kulturbodens, dessen Herstellung eine Hauptaufgabe der landwirtschaftlichen Bodenbearbeitung ist und den man als *Bodengare* bezeichnet. Als äußere Merkmale für einen „garen“ Boden gelten folgende: Eine durchaus lockere, daher der Ansammlung übermäßiger Bodennässe hinderliche, dabei elastische Beschaffenheit; die in völlig amorphen Humus umgewandelten Pflanzenreste durchsetzen ihn gleichmäßig, färben ihn dunkel und befähigen ihn, auch in trockenen Zeiten sich feucht zu erhalten; endlich ein eigentümlicher, wie es scheint, von gewissen Bakterien herührender Erdgeruch. Ein garer Boden verdankt diese Eigenschaften einer der Eigentümlichkeit der verschiedenen Bodenarten angepaßten, den Zutritt der Atmosphärien (Luft und Feuchtigkeit) regelnden, die Wirkung der nützlichen Bodenbakterien und sonstigen Lebewesen (§§ 50, 76) fördernden und das Eindringen der Ackerwerkzeuge erleichternden Behandlung.

Als ein Mittel zu ihrer Herbeiführung dient dem Landwirt besonders auf tonreichen (schweren, bindigen) Böden u. a. die *Brache*, bei der behufs andauernder kräftiger Bodenbearbeitung und Vernichtung der Bodenunkräuter der Bau von Ackerfrüchten gewöhnlich ein Jahr lang unterlassen wird. Die ausgiebige Durchlüftung, verbunden mit der Feuchterhaltung des Bodens infolge des Wegfalls der Verdunstung durch die Pflanzen (s. u.), befördert die Verwitterung der mineralischen Bodenbestandteile und die Entwicklung der Stickstoffbakterienflora und kann

¹⁾ Auch die tonreichen Böden, die vom Meerwasser überschwemmt waren und dadurch mit löslichen Salzen durchsetzt sind, dürfen nur mit größter Vorsicht mechanisch bearbeitet werden, solange die Entsalzung durch die atmosphärischen Niederschläge in Gang, und damit die Neigung zur Einzelstrukturbildung vorhanden ist (§ 16, am Schlufs).

so eine Anreicherung des Bodens mit leicht zugänglichen Pflanzennährstoffen herbeiführen. Fraglich bleibt es allerdings, ob nicht während der Brachehaltung ein großer Teil der aufgeschlossenen Bodenbestandteile und der angesammelten Stickstoffverbindungen mit dem Sickerwasser verloren geht. Außerdem liegt es auf der Hand, daß die durch die Brache herbeigeführte Anreicherung mit *aufnehmbaren* Pflanzennährstoffen zum allergrößten Teil auf Kosten des gesamten Bodennährstoffkapitals vor sich geht.

§ 78.

Das Verhalten des Bodens zum Wasser. *Wasserkapazität, Adsorption, Quellungsvermögen, Kolloide.* Ist irgend ein Boden bis an seine Oberfläche in Wasser eingetaucht, so entspricht die darin enthaltene Wassermenge — abgesehen von dem durch die Bodenbestandteile etwa chemisch gebundenen Wasser — der Größe der zwischen den festen Bodenteilchen vorhandenen Hohlräume, soweit sie nicht mit Luft erfüllt sind. Sinkt der Wasserstand, so fließt aus dem über den Wasserspiegel hinausragenden Boden nicht etwa das ganze die Bodenporen erfüllende Wasser ab. Vielmehr wird ein von der Beschaffenheit des Bodens und von der Tiefe der Wassersenkung abhängiger Teil des Bodenwassers zurückgehalten. Die Summe der hierbei tätigen Kräfte bezeichnet man als „wasserhaltende Kraft“ oder *Wasserkapazität* des Bodens. Ihre Größe mißt man an der Wassermenge, die 100 Gewichtsteile des trocken gedachten Bodens oder 100 Raunteile Boden aufzuspeichern vermögen.

An der Festhaltung des Wassers beteiligen sich verschiedene durch die ältere und neuere Forschung mehr oder weniger klargestellte Kräfte. Infolge der Anziehung, welche die festen Bodenteilchen auf das Wasser ausüben („*Adhäsion*“), bedecken sie sich an ihrer Oberfläche mit einer molekularen Wasserschicht („*Benetzung*“), die durch *Flächenanziehung* („*Adsorption*“) festgehalten wird und durch die dem Wasser eigene „*Kohäsion*“ weitere Wasserteilchen festhalten kann. Die bei diesem Vorgang festgehaltene Wassermenge ist besonders groß, wenn die Benetzung sich nicht auf die Oberfläche der gröberen Bodenpartikel beschränkt, sondern auch in deren Innerem bei ihren feinsten Teilchen stattfindet. Dies ist vornehmlich der Fall bei den *quellbaren* Bodenbestandteilen.

Unter *Quellung* oder *Imbibition* versteht man das Eindringen von Wasser in feste, nicht poröse¹⁾ Stoffe, deren Moleküle dadurch auseinander

¹⁾ Auch bei pflanzlichen Geweben mit Hohlräumen kann eine Quellung dadurch entstehen, daß Wasser durch die Zellmembranen diffundiert (§ 50) und dadurch den Zelleninhalt vergrößert, eine Erscheinung, die man im Gegensatz zu der eigentlichen Quellung („*molekulare Imbibition*“) als „*Imbibition durch Endosmose*“ bezeichnet und die bei Moorböden mit zahlreichen wohlherhaltenen Pflanzenresten eine Rolle spielen kann.

getrieben werden und deren Volum dadurch entsprechend vergrößert wird. (Da das Volum des gequollenen Körpers stets kleiner ist, als die Summe aus seinem ursprünglichen Volum und dem der aufgenommenen Flüssigkeit, so findet bei der Imbibition zugleich eine Verdichtung und infolgedessen eine Temperaturerhöhung statt.)

Das Quellungsvermögen ist eine bemerkenswerte Eigenschaft der „kolloidalen Stoffe“ oder „Kolloide“. Man versteht darunter Stoffe organischer oder anorganischer Natur, die entweder in Wasser löslich sind oder mit Wasser so gleichmäßige Gemische bilden, daß die darin enthaltenen festen Teilchen dem bloßen Auge und auch unter dem gewöhnlichen Mikroskop¹⁾ nicht mehr sichtbar sind. Im Gegensatz zu den „Kristalloiden“ diffundieren die Kolloide nicht oder doch nur äußerst langsam durch tierische oder pflanzliche Membranen (§ 50). Zu den organischen Kolloiden zählen u. a. die Leimstoffe (lat.: colla, daher die Bezeichnung der ganzen Körpergruppe), die Eiweißstoffe, die Stärkekörner, das Gummi; zu den anorganischen die gelatinöse (kolloidale) Kieselsäure (S. 28), frisch gefälltes Aluminiumhydroxyd und Eisenhydroxyd u. a. Aus ihren wirklichen und scheinbaren Lösungen scheiden sich die Kolloide bei verschiedenen Veranlassungen, z. B. beim Erhitzen oder beim Gefrieren oder infolge des Zusatzes von gewissen Säuren oder Salzen, in gallertartigem oder in flockigem Zustande aus. In Berührung mit den Lösungen zahlreicher Stoffe, z. B. von Farbstoffen und von gewissen Salzen, entziehen sie diesen einen Teil der gelösten Stoffe und halten sie nicht selten mit großer Energie fest (Adsorption).

Durch stärkeres *Austrocknen* pflegen sie auffällige Veränderungen zu erleiden. Sie verlieren hierbei ganz oder teilweise ihr Quellungsvermögen, indem ihre festen Teilchen sich so eng aneinander lagern, daß Wasser nicht mehr eindringen kann. Zu einem Teil mag hierbei der Umstand mitwirken, daß an Stelle des adsorbierten Wassers eine Luftschicht tritt, die die festen Teilchen vor der Benetzung schützt.

Den kolloidalen Stoffen ähnlich²⁾ verhalten sich verschiedene wichtige Bodenbestandteile, so namentlich der Ton, in geringerem Maße der Wiesenkalk und ganz besonders die Humusstoffe. Auch sie besitzen ein hervorragendes Wasseraufsauge- und Quellungsvermögen. Bei feiner Verteilung

¹⁾ Erst durch Herstellung des sog. „Ultramikroskops“, welches gestattet, noch Körperchen von 5 milliontel Millimeter Durchmesser sichtbar zu machen, ist es möglich geworden, die festen Teilchen in „kolloidalen Lösungen“ zu erkennen.

²⁾ Auch von den obengenannten Kolloiden kommen einige im Boden vor, so der aus Doleritbasalt hervorgehende, im wesentlichen aus Aluminiumhydroxyd und Eisenhydroxyd bestehende *Bauxit*, der gleichfalls aus der Verwitterung von Basalten entstehende, an Eisenhydroxyd reiche *Laterit*.

in Wasser werden z. B. Tonteilchen durch Zufuhr gewisser Säuren und Salze ebenso wie die Kolloide koaguliert und flockig niedergeschlagen (s. § 16). Beim Austrocknen erleiden sie ähnliche Veränderungen wie die eigentlichen Kolloide. Unter beträchtlicher Raumverminderung werden sie dicht und hart. Nach Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station schwand beim Verlust sämtlichen Wassers das Volum eines mit Wasser vollgesogenen

Ton (Seemarsch-)bodens älteren Moostorfs jüngeren Moostorfs
im Verhältnis von 1:0,50 1:0,17 1:0,48.

Bei *völligem* Austrocknen verminderte sich mithin das Volum des Tonbodens und des jüngeren Moostorf-Bodens auf die Hälfte, des älteren Moostorf-Bodens auf ein Fünftel des ursprünglichen Volums, während ein an quellungsfähigen Stoffen armer Sandboden bei stärkstem Austrocknen sein Volum kaum verändert. Der Moorboden verdichtet sich um so stärker, je stärker desorganisiert die moorbildenden Pflanzenteile sind, je weiter die Vertorfung (§§ 54, 56) vorgeschritten ist. Beides ist offenbar gleichbedeutend mit einer Zunahme der quellungsfähigen (kolloidal wirkenden) Stoffe. Wenn auch so starke Volumveränderungen, wie sie die vorstehenden Zahlen andeuten, in der Praxis nicht vorkommen, weil die in Frage kommenden Böden selbst bei starkem Austrocknen unter natürlichen Verhältnissen immer noch große Wassermengen enthalten, so ist doch zu berücksichtigen, daß die Kontraktion in den ersten Stadien des Trocknens am stärksten sein wird.¹⁾ Das Schwinden infolge Wasserverlustes macht sich bei Ton- und Moorböden durch die Entstehung von Rissen in der Oberfläche bemerklich, wenn das Austrocknen unter der Einwirkung der Sonnenstrahlen oder künstlichen Wasserentzuges sehr schnell erfolgt.²⁾

Ebenso wie die eigentlichen Kolloide (s. o.), so büßen auch die kolloidalen Bodenbestandteile, z. B. Ton und humose Stoffe, unter der Einwirkung des *Frostes* ihre kolloidalen Eigenschaften zum Teil ein. Aus einem tonreichen Boden (Seeschlick) tritt beim Gefrieren ein großer Teil des vorher festgehaltenen Wassers aus, und die vorher stark kohärente

1) Auf den Verlust von 1 g Wasser kam beim Austrocknen des Tonbodens

von 54,4 % auf 52,0 %,	von 52,0 % auf 46,7 % Wassergehalt
ein Volumverlust von 1,08 ccm	von 0,73 ccm
beim Austrocknen von 46,7 % auf 3,0 %,	von 3,0 % auf 1,3 % Wassergehalt
ein Volumverlust von 0,61 ccm	von 0,24 ccm.

2) Bei der Ausführung von Gräben und Kanälen im Moor können die Anlagen durch Losreißen großer „Moorbänke“ unmittelbar an den Einschnitten auf das erheblichste geschädigt werden, wenn nicht durch geeignete Maßnahmen dafür gesorgt wird, daß das Bodenwasser nur *sehr langsam* aus dem Moor austritt.

(speckige) Masse zerfällt nach dem Auftauen zu feinen Krümeln (Moor-Versuchs-Station).¹⁾

Gut zersetzter, an kolloidalen Stoffen reicher älterer Moostorf läßt gleichfalls nach dem Gefrieren beim Auftauen Wasser abfließen und hat dann viel von seiner Fähigkeit, beim Austrocknen zu einer dichten harten Masse zusammenzuschumpfen, verloren (Moor-Versuchs-Station).²⁾ Die gleiche Erscheinung ist in minderem, aber auch sehr erkennbarem Grade bei dem an kolloidalen Stoffen ärmeren, jüngeren Moostorf beobachtet worden.³⁾

Über die Anziehung *fester* Stoffe durch die Bodenkolloide s. u. bei „Bodenadsorption“.

§ 79. Kapillarität. Größte und kleinste Wasserkapazität. Aufser der Adsorption und dem Quellungsvermögen der Bodenbestandteile beherrscht die Kapillarität das Wasseraufsaugungs- und Festhaltungsvermögen eines Bodens. Sie beruht auf dem Zusammenwirken der Adhäsion einerseits, der Anziehung, welche die Wasserteilchen aufeinander ausüben („Kohäsion“), andererseits. Ein sehr enges Röhrchen (Haarröhrchen), das aus einem von Wasser benetzbaren Stoff besteht, hat, in Wasser getaucht, die Fähigkeit, Wasser entgegen der Schwerkraft um so höher emporzuheben, je enger es ist, und jenes nach dem Herausheben aus der Flüssigkeit in einer gewissen Höhe festzuhalten, die gleichfalls von seinem lichten Durchmesser abhängig ist. Die Kraft, mit der das Wasser gehoben und festgehalten wird, nennt man *Kapillarität*, „Kapillarkraft“, „Haarröhrchenkraft“. Bei der engen Zusammenlagerung der einzelnen Teilchen, wie sie im Boden statt hat, sind die zwischen ihnen bleibenden Hohlräume zum Teil so klein, daß sie ein weitverzweigtes Netz von verschiedenen gestalteten Kapillarröhren darstellen und den Boden befähigen, Wasser von unten aufzusaugen und sowohl dieses als das von oben eindringende festzuhalten. Die Größe der Kapillarkraft eines Bodens hängt von der Menge der kapillar wirkenden Zwischenräume, und diese von der Größe und Form der Bodenteilchen oder jener Teilchengruppen ab, die wir als Krümel bezeichnet haben (§ 76). Je kleiner die Bodenteilchen, um so größer ist im allgemeinen die Anzahl der Kapillarräume, um so größer das Aufsaugungsvermögen des Bodens. Bei sehr grobkörniger Bodenbeschaffenheit können die Zwischenräume so groß werden, daß sie nicht mehr kapillar wirken.

¹⁾ M. Fleischer, Die Materialien zur Düngung und Meliorierung des Moorbodens. Landw. Jahrb. Jahrg. 1883, S. 223.

²⁾ M. Fleischer, Die Torfstreu, ihre Herstellung und Verwendung. Bremen 1890. Verlag von M. Heinsius Nachf.

³⁾ H. von Feilitzen, Mitt. des Ver. z. Förd. der Moorkultur 1908, S. 14.

Da die Kapillarität das Bodenwasser nur bis zu einer bestimmten, von dem Durchmesser der Kapillaren abhängigen Höhe heben und hier festhalten kann, so wird die Wasserkapazität eines und desselben Bodens verschieden groß gefunden werden, je nachdem die Bodenoberfläche wenig oder weit über den Grundwasserspiegel emporragt, je nachdem also die Kapillaren der verschiedenen Bodenschichten ganz oder nur teilweise vom Wasser erfüllt sind. Ist der Wasserspiegel nur so weit gesenkt, daß alle Haarröhrchen eines Bodens bis obenhin mit Wasser gefüllt bleiben, so ergibt die Bestimmung der festgehaltenen Wassermenge die „volle“ oder „größte“ *Wasserkapazität* des Bodens. Sinkt dagegen das Grundwasser so tief, daß die feinen Hohlräume nur nach Maßgabe ihres Wasserhebungsvermögens mit Wasser gefüllt bleiben, zum Teil also wasserfrei sind, so findet man die „kleinste“ oder „absolute“ *Wasserkapazität*.

§ 80.

Die Bewegung des Bodenwassers. *Das Eindringen des Wassers in den Boden. Durchlässigkeit.* Das in den atmosphärischen Niederschlägen auffallende oder von höheren Stellen auf die Bodenoberfläche aufließende Wasser dringt in die letztere ein und sinkt, dem Gesetze der Schwere folgend, in die Tiefe, soweit es nicht durch die vorhandenen Kapillaren und quellungsfähigen Stoffe zurückgehalten wird. Das Vermögen des Bodens, das eintretende Wasser weiter zu leiten, bezeichnet man als seine *Durchlässigkeit*. Bei gleichem Druck des auffallenden Wassers ist sie um so größer, je weiter die Poren, d. h. die Zwischenräume zwischen den einzelnen Bodenpartikeln sind, je weniger nur langsam mit Wasser sich erfüllende Kapillaren und quellungsfähige Stoffe die Leitung des Wassers erschweren. Grobkörnigkeit der Bodenpartikel, Krümelung und mechanische Auflockerung erhöhen die Durchlässigkeit. In gleicher Richtung wirkt das Eindringen von Tieren und von Pflanzenwurzeln in den Boden (Aufschließen des Bodens durch tiefwurzelnde Pflanzen! — s. auch § 85). Ganz oder fast undurchlässig für Wasser kann der Boden werden, wenn seine Partikel sehr klein sind, daher auch sehr enge Zwischenräume bilden, und besonders, wenn sie zu einem großen Teil aus quellungsfähigen Stoffen, Ton, Wiesenkalk, Humuskörpern bestehen, oder wenn sie durch irgend ein Bindemittel zu einer steinartigen Masse erhärtet sind, wie z. B. beim Ortstein, Raseneisenstein (§ 33, 2). Sehr feinkörnige, mehligte Sande, noch mehr Wiesenkalk und plastischer Ton und dichtgelagerte Moor- und Schlammböden werden, wenn sie einmal mit Wasser erfüllt sind, sehr schwer durchlässig für Wasser. Selbst sehr dünne Lagen derartiger Stoffe innerhalb der Bodenschichten können das Durchfließen, sowie den kapillaren Aufstieg des Wassers

völlig verhindern¹⁾ und so Wasseransammlungen im Boden veranlassen, die dessen natürliche Wasserkapazität weit übersteigen.

Das Hindernis, das sehr feinkörnige Böden dem Eindringen des Wassers bieten, wird noch bedeutend erhöht, wenn die Bodenpartikel an ihrer Oberfläche völlig abgetrocknet sind. Über einem stark ausgetrockneten feinkörnigen Boden können sich (etwa wie auf einem mit Öl getränkten, engmaschigen Gewebe) große Wassermengen ansammeln, ohne in die Tiefe zu fließen.²⁾ Diese eigentümliche Erscheinung ist zu einem Teil auf den *Widerstand* zurückzuführen, den die trockenen Bodenpartikel, namentlich ausgetrocknete humose Stoffe, ihrer *Benetzung* mit Wasser entgegensetzen, zu einem anderen Teil beruht sie wahrscheinlich auf dem Widerstand, den die in die Kapillarräume eingedrungene Luft dem Eintreten des Wassers leistet. Erst nach Überwindung beider Widerstände vermag das Wasser in die freien Zwischenräume des Bodens einzusickern.

§ 81. *Der kapillare Aufstieg des Bodenwassers.* Die Tätigkeit der Kapillarrohräume des Bodens wirkt auf den Ausgleich des Wassergehaltes der tieferen wasserreicheren und der oberen wasserärmeren Schichten hin. Nach den vorliegenden Untersuchungen scheint sie erst zu beginnen, wenn der Wassergehalt der tieferen Schichten die Hälfte ihrer Wasserkapazität übersteigt, und sie ist im allgemeinen um so lebhafter, je größer der Wassergehalt der letzteren.

Die *Schnelligkeit*, mit der die Wasseraufsaugung geschieht, und die *Höhe*, bis zu der das Wasser kapillar gehoben wird, pflegen in umge-

¹⁾ Fast undurchlässige, für den Pflanzenwuchs verhängnisvolle Schichten bilden sich namentlich leicht, wenn dichte, massive Bodenbestandteile (z. B. Sandkörner) mit quellungsfähigen Stoffen zusammenkommen. So bei der Rimpauschen *Moordammkultur*, bei der unter dem Druck der Sanddecke und der Bestellungs- und Erntegeräte die unterste Decksandlage mit den obersten Moorerdeteilchen zu einer äußerst dichten Schicht sich zusammenlagern kann.

Bei derselben Kulturmethode entsteht bisweilen zwischen dem Moor und der Sanddecke auch dadurch eine undurchlässige Schicht, daß die aus dem Moor austretenden Eisensalze (Eisenoxydulkarbonat) bei ihrer Oxydation die Sandkörner zu einer harten Masse verkitten.

Die Schwerdurchlässigkeit der Moorböden macht sich namentlich dadurch bemerkbar, daß die Entwässerungsgräben nur auf sehr kurze Entfernung wirken, und daß fast unmittelbar neben tief in das Moor eingeschnittenen Torfstichen der Wasserspiegel oft nur wenige Dezimeter unter die Mooroberfläche gesenkt ist.

²⁾ Die Erscheinung ist namentlich nach heftigen Platzregen auf staubig trockenen Wegen und Äckern zu beobachten. Die großen, in kurzer Zeit auffallenden Wassermengen fließen oberflächlich ab, ohne dem Boden zu gute zu kommen, während weit geringere Regenmengen, die sich über einen *längeren* Zeitraum verteilen und so Zeit gewinnen, den „Benetzungswiderstand“ zu überwinden, ganz in den Boden eindringen können.

kehrtem Verhältnis zueinander zu stehen. Je weiter die vorhandenen Kapillarräume sind, um so *schneller*, aber um so *weniger hoch* steigt in ihnen das Wasser, je kleiner sie sind, um so mehr ist der Aufstieg verlangsamt, die Steighöhe vergrößert. Man kann daher im allgemeinen sagen, daß bei geringem Umfang und bei dichter Lagerung der Bodenpartikel das Wasser langsam, aber um so höher steigen wird. In *grobkörnigem* Boden (z. B. in grobem Sand) erfolgt der Aufstieg schnell, aber nur bis zu geringer Höhe, Beimengungen von *feinkörnigen* Bodenbestandteilen (Ton, Kalkstaub) oder von humosen Stoffen verlangsamen die Geschwindigkeit, befördern aber die Höhe des Aufstiegs. Eine *Lockerung* des Bodens, durch die die Kapillarräume zum Teil zerstört werden, setzt das Aufsteigen des Wassers herab, ein *Festwalzen* lockerer Böden vermehrt und verkleinert zugleich die vorhandenen Kapillaren, bewirkt also ein langsames, aber um so höheres Aufsteigen des Wassers (s. u. § 85).

Daß das Vorhandensein von Steinen den Aufstieg verlangsamen, das Vorhandensein von undurchlässigen Schichten (§ 80) ihn ganz unterbrechen muß, liegt auf der Hand. Quellungsfähige Körper, auf die die Kapillarränge stoßen, können die Hebung des Wassers erheblich verstärken, indem sie selbst dann noch die oberhalb belegenen Kapillarräume mit Wasser erfüllen, wenn das Kapillarvermögen der tieferen bereits erschöpft ist. Sie verlangsamen aber den Aufstieg, indem sie sich erst mit Wasser vollsaugen müssen, bis dieses weiter nach oben dringen kann.

§ 82. Die Verdunstung des Bodenwassers. Solange die über dem Boden befindliche atmosphärische Luft nicht mit Feuchtigkeit gesättigt ist, unterliegt das in der Oberflächenschicht¹⁾ vorhandene Bodenwasser der Verdunstung. Das hierbei abgängig werdende Wasser kann aus den tieferen Schichten nur durch die Wirkung der Kapillarkraft ersetzt werden. Die Größe der Verdunstung hängt also, abgesehen von dem relativen Feuchtigkeitsgehalt²⁾ der Luft, ab von der *Temperatur des Bodens*, den an der Oberfläche vorhandenen *Wassermengen* und der *Schnelligkeit*, mit der das verdunstende Wasser *ersetzt* wird.

Von den auf die Bodentemperatur einwirkenden Faktoren wird erst später die Rede sein. Die an der Oberfläche vorhandene Wassermenge wird von der *Größe der Oberfläche* und von der *Wasserkapazität* des Bodens beeinflusst. Die erstere ist durchaus nicht konstant, sie kann

¹⁾ Gegenüber der Oberflächenverdunstung dürften die im Bodeninnern, innerhalb der mit Luft erfüllten Zwischenräume, verdunstenden Wassermengen nicht ins Gewicht fallen.

²⁾ D. i. das Verhältnis des wirklich vorhandenen Wassergehaltes zu den Wassermengen, die die Luft bei dem augenblicklichen Thermometer- und Barometerstande aufnehmen kann.

durch kulturelle Mafsnahmen, durch Herstellung von Furchen und Hügeln erheblich vergrößert werden.¹⁾ In gleicher Richtung wirkt auch der Pflanzenbestand, der die verdunstende Fläche vervielfacht.²⁾ Dagegen wird die Verdunstung herabgesetzt durch Mafsregeln, die die verdunstende Fläche verkleinern, durch Bedecken des Bodens mit Steinen,³⁾ grobem Sand und anderen Stoffen, die geringere Kapillarität besitzen als der Boden selbst (grobe Sägespäne, Gerberlohe u. dergl.). Ebenso kann eine Krustenbildung, wie sie namentlich leicht auf tonreichen Böden stattfindet, die Verdunstung fast ganz aufheben.

Böden, die mit Wasser völlig gesättigt sind, verdunsten unter gleichen Verhältnissen annähernd gleiche Wassermengen. Sinkt der Wassergehalt, so macht sich die gröfsere oder geringere Wasserkapazität der verschiedenen Bodenarten insofern bemerklich, als z. B. humose und tonreiche Böden stärker verdunsten als Sandböden. Ist die Austrocknung der Bodenoberfläche stärker geworden, so tritt die Kapillarität in Wirkung, und alle die kapillare Leitung im Boden fördernden Umstände erhöhen zugleich das Verdunstungsvermögen des Bodens. Nach den früheren Erörterungen (§ 78) werden flachgründige Böden, deren Kapillarräume bei ihrer geringen Höhe sich bis oben hin mit Wasser füllen können, am schnellsten durch Verdunstung austrocknen, tiefgründige Böden um so weniger Wasser durch Verdunstung verlieren, je mächtiger sie sind, und je höher ihre Oberfläche über dem Grundwasser liegt.

§ 83. Die Kondensation von Wasserdampf durch den Boden (Hygroskopizität) und die Taubildung. Der an seiner Oberfläche völlig ausgetrocknete Boden hat wie alle festen Körper die Fähigkeit, Gase, also auch Wasserdampf an seiner Oberfläche zu verdichten. Man bezeichnet diese Eigenschaft als *Hygroskopizität*. Die Menge des hygroskopisch gebundenen Wassers ist natürlich in erster Linie abhängig von der Gröfse der kondensierenden Oberfläche der vorhandenen Bodenteilchen. Obwohl namentlich humose Böden nicht unbeträchtliche Mengen Wasserdampf aus der Luft absorbieren können, lassen die neueren Untersuchungen es

¹⁾ Eine Fläche Boden, die mit Wasser völlig gesättigt ist, verliert mehr Wasser durch Verdunstung, als eine gleich grofse in Ruhe befindliche Wasserfläche, weil die rauhe, unebene Bodenoberfläche gröfser ist als die Wasserfläche. Sobald die Bodenoberfläche abgetrocknet ist, kehrt sich natürlich das Verhältnis um.

²⁾ Eine mit Getreide bestandene Ackerfläche verliert weit mehr Bodenwasser durch Verdunstung, als ihr während der Vegetationszeit durch die Niederschläge geboten wird, obwohl die Beschattung der Bodenoberfläche durch die Pflanzen die Oberflächenverdunstung erheblich herabsetzt.

³⁾ Hierbei wirkt zugleich die Abhaltung der erwärmenden Sonnenstrahlen erniedrigend auf die Verdunstung ein.

fraglich erscheinen, ob jener Fähigkeit für die Wasserversorgung der Pflanzen eine gröfsere Bedeutung zukommt.¹⁾ Sie tritt nämlich erst dann in Wirkung, wenn der Boden so weit ausgetrocknet ist, dafs die darin wurzelnden Pflanzen bereits zu welken anfangen.

Wichtiger ist die durch den Boden hervorgerufene *Taubildung*. Sie kann dann eintreten, wenn die Bodenoberfläche sich unter den Taupunkt der mit ihr in Berührung befindlichen Luftschicht abkühlt, aber auch, wenn die Oberflächentemperatur höher als die Lufttemperatur, dagegen niedriger als die der tieferen Bodenschichten ist. In diesem Fall kann die mit Wasserdampf gesättigte Bodenluft an die abgekühlte Oberfläche Wasser in tropfbar flüssiger Form abgeben. Wahrscheinlich ist diese Erscheinung in sehr lockeren und in grobkörnigen Böden mit geringer Kapillarkraft für die Versorgung der Bodenoberfläche mit Wasser, also besonders für das Keimen der Samen von Bedeutung.

§ 84.

Bedeutung des Bodenwassers für die Vegetation und seine Beeinflussung durch menschliches Eingreifen. Da die Pflanzen zum weitaus gröfsten Teil (zu 70—90%) aus Wasser bestehen,²⁾ das sie in überwiegender Menge durch die Wurzeln aufnehmen, so bedarf die Notwendigkeit eines genügenden Wasservorrates im Boden keiner besonderen Begründung. Zugleich ist das Bodenwasser der wichtigste Träger der mineralischen Pflanzennahrung, indem es die Bodennährstoffe, mit denen die Pflanzenwurzeln nicht in unmittelbare Berührung kommen, in Lösung bringt und ihren Übergang in die Pflanzen vermittelt. So wichtig es daher für die Pflanzen ist, dafs der Boden nicht bis auf ein für ihr Gedeihen verhängnisvolles Mafs austrocknet, so kann auf der anderen Seite ein *Übermafs* von Bodenwasser die Fruchtbarkeit des reichsten Bodens völlig vernichten.³⁾ Abgesehen davon, dafs ein überreicher Wassergehalt die *Temperaturverhältnisse* des Bodens ungünstig beeinflusst, wirkt er namentlich dadurch verhängnisvoll, dafs er das Eindringen des *Luftsauerstoffs* in den Boden verringert oder aufhebt. Da der der Pflanze zum

¹⁾ Dem gegenüber soll nicht verschwiegen werden, dafs neuerdings versucht wird, die Bildung des Grundwassers (s. Abschnitt Kulturtechnik) zu einem sehr erheblichen Teil auf die Kondensation des trockenem oder mäfsig feuchtem Boden durch Flächenanziehung (Adsorption — s. § 78) anhaftenden Wasserdampfs zurückzuführen.

²⁾ Nach 6jährigen Beobachtungen von Hellriegel verbrauchen im norddeutschen Klima unsere wichtigsten Getreidearten für die Erzeugung von 1 kg oberirdischer, trockener Pflanzenmasse im Durchschnitt etwa 350 kg Wasser.

³⁾ Ein kennzeichnendes Beispiel hierfür ist die Entstehung von Hochmoorbildungen über nährstoffreichen, aber versumpften Bodenarten.

Leben nötige Sauerstoff zu einem großen Teil durch die Wurzeln eingeatmet wird, so muß sie Not leiden, wenn die sauerstoffhaltige Bodenluft durch Wasser aus dem Boden verdrängt wird. Die vom Bodenwasser selbst gelösten Mengen Sauerstoff (s. u.) werden schnell verbraucht, wenn es nicht wenigstens von Zeit zu Zeit durch frisches Wasser ersetzt wird, das längere Zeit mit der atmosphärischen Luft in Berührung war. Die Bodennässe wird also dann besonders schädlich wirken, wenn es sich um „stehendes“ oder „stauendes“ Wasser handelt, und dies wird unter anderem der Fall sein, wenn im Boden oder unter dem Boden undurchlässige Schichten vorhanden sind, die die Bewegung des Bodenwassers verhindern.

Ein Mangel an Luftsauerstoff wirkt aber noch in anderer Richtung schädigend auf den Pflanzenwuchs, indem er die für die Bodenbildung und für das Gedeihen der Pflanzen nützlichen Oxydationsvorgänge verhindert und an ihrer Stelle Reduktionsprozesse (s. o.) hervorruft, deren Produkte zum Teil den Pflanzen unheilvoll sind. Ohne Sauerstoff kann die Humusbildung nur in unvollkommenem Grade vor sich gehen, namentlich werden die stickstoffhaltigen Bestandteile nicht in die vorteilhafteste Stickstoffverbindung (salpetersaure Salze) übergeführt, ja es werden die bereits gebildeten Nitrate unter Abscheidung von freiem Stickstoff wieder zerstört (§§ 28, 50). Während bei Anwesenheit von Sauerstoff der Kohlenstoff der organischen Bodenbestandteile in das nützliche Kohlendioxyd umgesetzt wird, tritt bei Sauerstoffmangel das vielleicht schädliche Sumpfgas (CH_4) auf (§ 54), der Schwefel der Pflanzenreste wird in das giftige Schwefelwasserstoffgas umgewandelt, die der Pflanzenernährung dienenden schwefelsauren Salze zu Sulfiden reduziert, die Schwefelwasserstoff entwickeln und bei späterer Berührung mit Luftsauerstoff gefährliche Pflanzengifte (Schwefelsäure und Ferrosulfat) liefern können (§ 23).

Ein andauernder Wassergehalt des Bodens, der seiner vollen Wasserkapazität (s. o.) entspricht, schädigt unter allen Umständen das Gedeihen der Kulturpflanzen. Andererseits beginnen die Pflanzen bereits Not zu leiden, wenn der Wassergehalt des Bodens unter ein gewisses, bisweilen noch recht hohes Maß sinkt. Letzteres ist bei den verschiedenen Bodenarten sehr verschieden. Es steht offenbar in engster Beziehung zu ihrer Wasserkapazität (§ 78). Bei Versuchen von J. Sachs begann Tabak zu welken auf Lehmboden bei einem Feuchtigkeitsgehalt von 8 $\frac{0}{0}$, auf grobem Sand erst bei einem Feuchtigkeitsgehalt des Bodens von 1,5 $\frac{0}{0}$. Nach Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station wurde das Wachstum von Roggen und Kartoffeln auf unbesandetem Hochmoorboden bereits erheblich geschädigt, als der Wassergehalt der 5 cm mächtigen obersten Bodenschicht auf 150 (!) $\frac{0}{0}$ der trocknen Bodenmasse gesunken war. Auf Gartenboden trat bei den Versuchen von Hellriegel ein Schlawwerden und Welken der Pflanzen ein, als der Boden nur noch 12—14 $\frac{0}{0}$ (der Boden-

trockensubstanz) an Feuchtigkeit enthielt. Bei den meisten Böden scheint die obere Grenze, bis zu der das Bodenwasser noch nicht schädlich wirkt, und bei der andererseits den Pflanzen mit Sicherheit die nötige Wassermenge geboten wird, etwa bei 60 0/0 der größten Wasserkapazität zu liegen. Ein Sinken des Wassergehaltes unter 20 0/0 der Wasserkapazität ist dagegen von Übel.¹⁾

§ 85. Auf die *Herstellung eines für das Gedeihen der Pflanzen förderlichen Bodenwassergehaltes* kann man durch verschiedene *Mafsnahmen* hinwirken, deren eingehendere Erörterung in das Gebiet der Kulturtechnik fällt, soweit es sich um die Ableitung oder Zuführung von Wasser handelt. Aber auch durch die Art der land- und forstwirtschaftlichen Bodenbearbeitung lassen sich die Bodenwasserverhältnisse erheblich beeinflussen. Einer Austrocknung der zur Tränkung der Kulturpflanzen dienenden Bodenschichten in Böden von geringer Wasserkapazität kann man durch Zufuhr quellungsfähiger Stoffe (§ 78) (Ton, Humuskörper) entgegenwirken. Von noch gröfserer wirtschaftlicher Bedeutung sind andere auf die Regelung der kapillaren Wasserleitung gerichtete Mafsnahmen. Eine Lockerung des Bodens an der Oberfläche durch Pflug und Egge erleichtert das Eindringen der atmosphärischen Niederschläge in das Wurzelgebiet der Pflanzen. Auch ein Lockern der tieferen Schichten durch geeignete Mafsnahmen kann insbesondere bei sehr dicht gelagerten Böden deren Wasseraufnahmefähigkeit steigern. So vermochte bei Versuchen von H. Hellriegel Gartenboden in lockerem Zustande $\frac{1}{2}$ mal mehr Regen aufzunehmen und festzuhalten, als derselbe Boden bei dichter Lagerung.

Es liegt ferner auf der Hand, dafs jede Behandlung des Bodens, die den Pflanzenwurzeln ein tieferes Eindringen ermöglicht, ihnen zugleich gröfsere Wasservorräte erschliesst; dahin ist z. B. der Anbau von tiefwurzelnden Pflanzen zu rechnen, die nicht nur die Fähigkeit besitzen, sich selbst aus den tieferen Bodenschichten mit Wasser zu versorgen, sondern die letzteren auch für die Nachfrucht zugänglich machen (Schultz-Lupitz).

¹⁾ Ubrigens ist auch das Aneignungsvermögen für Bodenwasser bei den verschiedenen Pflanzen verschieden grofs. Viele Pflanzen treiben starke „Pfahlwurzeln“, die das Wasser aus grofsen Bodentiefen aufnehmen können und sich durch Seitenwurzeln „1. und 2. Ordnung“ derartig verzweigen, „dafs in dem ganzen Wurzelbereich einer grofsen Pflanze auch nicht *ein* Kubikzentimeter Erde zu finden ist, der nicht von einem Wurzelästchen durchwachsen und ausgebeutet würde“ (F. Noll). Andere wieder sind vermöge der Ausbildung feinsten Würzelchen mit zahlreichen Wurzelhaaren imstande, sich so innig an die festen Bodenteilchen anzulegen, dafs sie diesen selbst einen Teil des durch Flächenanziehung fest anhaftenden Wassers (allerdings nie das ganze) zu entziehen imstande sind.

Obwohl das Lockern der Bodenoberfläche diese vergrößert und daher zuerst die Wasserverdunstung fördert, wirkt sie in ihren Folgen dadurch erhaltend auf die Bodenfeuchtigkeit, daß sie durch Zerstörung zahlreicher Haarröhrenräume den kapillaren Wasseraufstieg hindert.¹⁾

Eine gleiche Wirkung bringt die Bedeckung des Bodens mit nicht oder nur wenig kapillar leitenden Stoffen hervor. Das ist z. B. der Fall bei dem auf dem Boden zurückbleibenden Abfall der Waldbäume (Laub, Nadeln, Zweige), deren Fortnahme (zur Benutzung als Einstreu) insbesondere auf leichten, trocknen Böden verderblich zu wirken pflegt.²⁾

Von dem Schutz, den das Aufbringen von Stoffen mit geringerer Kapillarität auf Böden mit starkem Verdunstungsvermögen gewährt, macht man bei der Rimpauschen *Moordammkultur* (s. Kulturtechnik) ausgedehnten Gebrauch. Die aufgebrachte mineralische Bodendecke wirkt um so stärker feuchtigkeiterhaltend, je grobkörniger sie ist. (Zugleich verhindert sie das Aufreißen der Bodenoberfläche unter dem Einfluß der Sonnenwärme.)

So förderlich eine Verminderung der Kapillarräume in der Oberflächenschicht für die Erhaltung des Bodenwasservorrats sein kann, so schädlich wirkt sie unter Umständen, wo es auf eine Versorgung gerade der oberen Bodenschicht mit Feuchtigkeit ankommt, sei es zum Nutzen keimender Samen, sei es zur Tränkung flachwurzelnder Gewächse. Schon die in vielen Moostorfböden (§ 61) in großer Menge vorkommenden Wurzelstöcke des gemeinen Wollgrases machen sich nach den Beobachtungen von B. Tacke dadurch unangenehm bemerkbar, daß sie den Zusammenhang des im übrigen stark kapillar leitenden Moostorfs unterbrechen.³⁾

Besonders empfindlich zeigen sich Wiesen und Weiden auf Hochmoor gegen ein zu schwaches Kapillarvermögen der Oberflächenschicht. Selbst bei schwacher Senkung des Grundwassers trocknet in regenarmen Zeiten die zur Herstellung eines geeigneten Keimbettes gelockerte Kulturschicht so stark aus, daß die flachwurzelnden Futtergewächse Not leiden. Schon der Tritt des Weideviehs, unter dem das Moor sich verdichtet und seine

¹⁾ „Eine häufige Bodenlockerung kann eine regelmäßige Bewässerung ersetzen.“

²⁾ Allerdings kann nach E. Ramanns Untersuchungen diese natürliche Bodendecke den Bodenwassergehalt auch ungünstig beeinflussen, wenn sie als „Rohhumus“ dem Boden so dicht auflagert, daß sie die schwächeren Niederschläge in sich aufsaugt, den stärkeren das Eindringen in den Boden erschwert. Er empfiehlt für solche Fälle eine Lockerung der Humusschicht und ein Vermischen mit dem darunter lagernden Mineralboden.

³⁾ In solchen Fällen empfiehlt es sich, die der Vererdung lange Zeit widerstehenden Pflanzenreste zu entfernen.

Haarröhrenkraft wiedergewinnt, schafft hier bis zu einem gewissen Grade Abhilfe. Als ein weit vollkommneres Mittel zu gleichem Zweck hat sich nach den neueren Versuchen der Moor-Versuchs-Station die häufige Verwendung sehr schwerer Beton- oder Eisenhohlwalzen mit Wasserfüllung bewährt.¹⁾

Der Austrocknung des Bodens durch die die Verdunstung befördernden Winde sucht man in manchen Gegenden durch die Anlage von Hecken und von Baumanpflanzungen entgegen zu wirken.²⁾

Einer Übersättigung des Bodens mit Wasser kann man durch möglichstes Abfangen des Zuflusses, sowie durch Abführung des eingedrungenen Wassers nach der Tiefe oder nach den Seiten hin (durch Anlage von Brunnen, Gräben, Drains, wo nötig nach Durchbrechung undurchlässiger Bodenschichten) und ferner durch Begünstigung der Verdunstung entgegenarbeiten. Maßregeln, die den kapillaren Aufstieg befördern, werden hier nützlich wirken, also auf der einen Seite möglichste Vergrößerung der Oberfläche (durch Anlage von Rücken, Rabatten), andererseits ein Dichtwalzen der obersten Schicht, Entfernung von nicht oder wenig kapillar leitenden Bodenbedeckungen³⁾ (s. o.).

§ 86. Die künstliche Bewässerung. Endlich bietet die direkte Zufuhr von Wasser, wie sie bei der künstlichen Bewässerung von Wiesen und Ackerland (s. d. Abschnitt „Kulturtechnik“) vielfach geübt wird, ein Mittel, um den Bodenwassergehalt günstiger zu gestalten. Allerdings hat man bei jener Maßnahme allermeist nicht ausschließlich die Anfeuchtung des Bodens, sondern noch andere Zwecke im Auge. So kann das Überstauen und Berieseln einer Wiese im Frühjahr deren *Temperaturverhältnisse* günstig beeinflussen, weil das Wasser zu dieser Zeit wärmer als der

¹⁾ Die mit der Verdichtung der Bodenoberfläche eintretende Zunahme der Feuchtigkeit konnte B. Tacke ziffermäßig nachweisen. Es enthielt die 5 cm starke Oberflächenschicht eines gewalzten Bodens im Liter 649 ccm, eines nicht gewalzten nur 505 ccm Wasser. Infolge des Walzens steigen die Durchschnittserträge auf Hochmoordauerwiesen in wenigen Jahren von 5000 auf 7000 kg Heu für 1 ha. Übrigens hat sich auch bei Grasländereien auf Niedermoor der Gebrauch der schweren Glattwalzen in hohem Grade bewährt. (Krahmer in der Festschrift des Ver. z. Förd. d. Moorkultur — s. Literaturverzeichnis.)

²⁾ Andererseits sind jedoch derartige Anlagen geeignet, die Gefahr der Spätfröste (s. § 90, Anmerkung) zu verstärken.

³⁾ So hat sich bei Rimpauschen Moordämmen, die ungenügend entwässert waren, ein zeitweiliges, streifenweises Bloßlegen des Moores bewährt. Die obigen Erörterungen lassen zugleich erkennen, daß auf Moorböden, die sich nicht genügend entwässern lassen, das Aufbringen von Bodenarten mit geringerem Kapillarvermögen, als es das Moor selbst besitzt, von Übel ist.

Boden zu sein pflegt.¹⁾ Nicht zu unterschätzen ist ferner die „bodenreinigende“ Tätigkeit des mit Luftsauerstoff beladenen Wassers, denn dieser verhindert die Bildung pflanzenschädlicher Reduktionsprodukte im Boden (§§ 55 und 84) oder zerstört sie, wo sie bereits entstanden sind. Es liegt auf der Hand, daß diese heilsamen („Oxydations“-) Vorgänge nur eintreten können, wenn das Wasser Gelegenheit hatte, reichliche Mengen von Sauerstoff aufzunehmen. Bereits zur Berieselung benutztes Wasser wirkt schwächer oder selbst ungünstig, weil es den gelösten Sauerstoff zum Teil oder ganz verloren und sich dafür mit Kohlendioxyd und mit schädlichen Zersetzungsprodukten des Bodens (z. B. mit Schwefelwasserstoff) angereichert hat. Die reinigende Wirkung des Wassers wird in solchem Fall wieder hergestellt, wenn bei ausgiebiger Berührung mit der atmosphärischen Luft das Kohlendioxyd entweichen kann, die schädlichen Zersetzungsprodukte durch Oxydation zerstört und neue Sauerstoffmengen aufgenommen werden. Man bezeichnet diesen (bereits den alten Römern bekannten) wichtigen Vorgang als die „Selbstreinigung der Wasserläufe“.

Eine *düngende* Wirkung kommt dem Bewässerungswasser zu, wenn es aus dem anstehenden Gestein, aus den Abgängen menschlicher Niederlassungen oder gewisser gewerblicher Betriebe²⁾ größere Mengen von Pflanzennährstoffen in sich aufgenommen hat. Diese können im Wasser gelöst sein oder als Bestandteile ungelöster Schlammstoffe vom *bewegten* Wasser schwebend erhalten werden („Schlick“, „Suspendierte“ oder „Sink“-stoffe).³⁾ Letztere werden auf den bewässerten Böden zum größten Teil abgesetzt, die ersteren fließen, soweit sie nicht von den wachsenden

¹⁾ Nach Untersuchungen der *Landwirtschaftlichen Versuchs-Station zu Münster* (s. König, Literaturnachweis zum I. Abschn.) betrug z. B. die Durchschnittstemperatur bei 33 cm Tiefe:

	Vom 30. Nov. bis 10. Dezbr. 1880.	Vom 15.—17. März 1881.
Im berieselten Boden . . .	4,8° C.	3,8° C.
Im nicht berieselten Boden .	4,3° C.	3,5° C.

²⁾ Nicht selten werden allerdings die natürlichen Wasserläufe auch mit schädlichen Abgängen aus technischen Betrieben derart angereichert, daß sie für landwirtschaftliche Nutzung ganz ungeeignet erscheinen, so namentlich mit freien Säuren, mit Salzen der schweren Metalle (Kupfer, Zink, Eisen u. a.), mit übergroßen Mengen von Natrium-, Magnesium-, Calcium-Chloriden und Sulfaten, die entweder als Pflanzengifte oder auch dadurch ungünstig wirken, daß sie den Boden verschlämmen (§ 76) oder durch Wechselersetzung (§ 18, Anm. und § 46) wertvolle Bodenbestandteile in Lösung und damit leicht in Verlust bringen.

³⁾ Nach Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station (F. Seyfert: „Das Wasser im Flußgebiet der Weser“. Bremen. M. Nöfslers, 1893) wurden in 1000 Liter Weserwasser im Durchschnitt der wärmeren Jahreszeit der Jahre 1888—1890 bei einer Tiefe von 1½ m gefunden:

Pflanzen aufgenommen oder vom Boden absorbiert¹⁾ werden, mit dem ablaufenden Wasser wieder von dannen.

§ 87.

Die Bodenluft und die Durchlüftbarkeit („Permeabilität“) **des Bodens.** Alle nicht von Wasser eingenommenen Hohlräume des Bodens sind mit Luft erfüllt. Die Bodenluft ist zwar ein Teil der atmosphärischen Luft, sie ist aber in ihrer Zusammensetzung durch im Boden sich vollziehende physikalische, chemische und biologische Vorgänge stark beeinflusst. Das Bodenwasser löst die Hauptbestandteile der Luft, Sauerstoff und Stickstoff nicht in gleichem Maße und bewirkt so eine Verschiebung des Mischungsverhältnisses zwischen beiden Gasen. Es entzieht ferner der Luft ihre leichtlöslichen zufälligen Bestandteile: Ammoniak-, Salpetersäure-, Salpetrigsäure-Verbindungen. Auch die Flächenanziehung der festen Bodenteile mag Veränderungen in dem ursprünglichen Verhältnis von Sauerstoff und Stickstoff herbeiführen. Hauptsächlich aber sind es die Vorgänge chemischer und biologischer Natur, die die Zusammensetzung der Bodenluft bestimmen. Die Oxydation anorganischer Bodenbestandteile (§ 39), besonders aber die Atmung der lebenden und die langsame Verbrennung der abgestorbenen Pflanzen entzieht der Bodenluft große Mengen von Sauerstoff, und die letztgenannten Vorgänge bereichern sie dafür mit Kohlendioxyd. Die Fäulnis organischer Stoffe führt ihr Schwefelwasser-

Etwa 20 km unterhalb der Stadt Bremen:	Feste Stoffe	Kali	Kalk	Magnesia	Schwefel- säure	Phosphor- säure	Chlor
	g	g	g	g	g	g	g
Im Wasser gelöst . . .	291,0	6,5	76,3	15,4	57,0	Spur	49,7
In Form von Schlick . .	14,5	0,4	0,7	0,8	0,2	0,3	0,3
Zusammen:	305,5	6,9	77,0	16,2	57,2	0,3	50,0

Etwa 60 km unterhalb der
Stadt Bremen (erheb-
licher Einfluss des See-
wassers!):

Im Wasser gelöst . . .	8561,3	143,6	176,0	413,1	454,5	Spur	4342,5
In Form von Schlick . .	258,6	5,5	12,8	6,9	2,2	1,3	7,3
Zusammen:	8819,9	149,1	188,8	420,0	456,7	1,3	4349,8.

¹⁾ Über Bodenabsorption s. u. Die Menge der absorbierten Stoffe richtet sich hauptsächlich nach der Beschaffenheit des Bodens. Besitzt dieser kein großes Absorptionsvermögen, so kann das Bewässerungswasser selbst reicher an gelösten Stoffen abfließen, als es aufgeflossen ist, so daß also die Bewässerung geradezu eine Verarmung des Bodens herbeiführt. Am ehesten kann man noch auf eine Absorption der allerdings meist nur in Spuren vorhandenen Phosphorsäure und des Kali rechnen.

stoff und Sumpfgas zu. Ein Teil ihres Stickstoffs wird durch die Tätigkeit stickstoffbindender Bakterien festgelegt. Je nachdem diese Vorgänge mehr oder weniger energisch verlaufen und je nach der Zusammensetzung der verschiedenen Böden wird natürlich auch die Zusammensetzung der Bodenluft in weiten Grenzen schwanken. Im allgemeinen aber läßt sich sagen, daß die Bodenluft ärmer an Sauerstoff, etwas reicher an Stickstoff und um ein Vielfaches reicher an Kohlendioxyd ist, als die atmosphärische Luft.

In 100 Raumteilen enthält

atmosphärische Luft:

Stickstoff	Sauerstoff	Kohlendioxyd
79,1 Raumteile	20,9 Raumteile	0,03—0,04 Raumteile.

Dagegen fand Boussingault in 100 Raumteilen

Bodenluft:

Stickstoff	Sauerstoff	Kohlendioxyd
78,80—80,24 Raumteile	18,80—20,03 Raumteile	0,72—5,79 Raumteile.

Die Bestimmung des Kohlendioxydes in der Bodenluft bietet ein Maß für die Energie der Zersetzung bei den organischen Bodenbestandteilen. Nach Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station (R. Kifsling und M. Fleischer) enthielten z. B. 100 Raumteile Bodenluft (auf 760 mm Barometerdruck und 0° berechnet):

Datum	Durchschnittl. Lufttemperatur ° C.	Hochmoorboden.				Niederungsmoorboden.	
		Unbesandet:		Mit Sand gedeckt:		Mit Sand gedeckt:	
		Bodentemperatur ° C.	Raumteile CO ₂	Bodentemperatur ° C.	Raumteile CO ₂	Bodentemperatur ° C.	Raumteile CO ₂
5. April	10,60	2,00	0,55	2,70	0,18	7,00	1,29
20. August bis 1. September	25,25	19,18	1,68	20,32	1,27	19,49	4,21

Hiernach ist der Gehalt der Bodenluft an Kohlendioxyd in der wärmeren Jahreszeit weit höher als in der kälteren. Ferner: die Bedeckung des Hochmoorbodens mit Sand vermindert den Gehalt der Bodenluft an Kohlendioxyd und endlich: der Kohlendioxydgehalt der Bodenluft des Niederungsmoores ist weit größer als der des Hochmoores. Und aus diesen Ergebnissen wird man mit großer Sicherheit schließen dürfen: in der wärmeren Jahreszeit ist die Umsetzung der organischen Bodenbestandteile eine weit energischere als in der kälteren. Die Bedeckung des Hochmoorbodens mit Sand setzt die Umsetzung der organischen Bodenbestandteile herab. Die Zersetzung der niederungsmoorbildenden Pflanzenteile erfolgt schneller als die der hochmoorbildenden.

Aus den früheren Erörterungen über die Bedeutung der Bodenluft für die Kulturpflanzen (§ 84) geht hervor, daß deren Gedeihen an einen häufigen Wechsel der Bodenluft, namentlich an den Ersatz ihres zu Oxydationsprozessen und zur Wurzelatmung der Pflanzen verbrauchten Sauerstoffs durch atmosphärischen Sauerstoff und an die Entfernung der dem Pflanzenleben schädlichen Gase gebunden ist. Der Luftaustausch zwischen Boden und Atmosphäre wird im wesentlichen durch drei Faktoren vermittelt: durch *Temperaturunterschiede* der Bodenschichten und der Luft, durch die *Diffusion* der Gase und durch verdunstendes und *fließendes Wasser*. In der kälteren Jahreszeit steigt die wärmere Bodenluft nach oben und wird durch die kältere und daher schwerere atmosphärische Luft ersetzt. Die *Diffusion*, d. i. das allen gasförmigen Körpern eigene Bestreben, sich gegenseitig zu durchdringen und, unabhängig von ihrer spezifischen Schwere, sich gleichmäßig miteinander zu vermischen, kommt in allen Jahreszeiten zur Geltung, sobald nur die Bodenbeschaffenheit den Ein- und Austritt von Luft gestattet. Sie vollzieht sich um so leichter, je größer und zahlreicher die Hohlräume im Boden sind. Sehr dicht gelagerte Bodenschichten, sowie die Erfüllung der Hohlräume mit Wasser können sie völlig verhindern. Nach dem Diffusionsgesetz diffundiert ein Gas um so schneller, je geringer sein spezifisches Gewicht ist. Das bei der Oxydation der humosen Bodenbestandteile sich bildende Kohlendioxyd (CO_2) ist von allen hier in Frage kommenden Luftarten die schwerste; es vermischt sich am langsamsten mit den übrigen Luftbestandteilen, und auch deswegen ist die Bodenluft stets reicher daran als die atmosphärische Luft. Endlich wird der Luftwechsel im Boden durch Verdunstung des Bodenwassers und durch Eindringen von atmosphärischem Wasser in den Boden gefördert. Durch die Bodenverdunstung wird ein großer Teil der Bodenhohlräume dem Eindringen der atmosphärischen Luft geöffnet. Das auf den Boden fallende und einsickernde Regenwasser bereichert durch den eigenen Gehalt an Luftsauerstoff, namentlich aber dadurch den Boden, daß es beim Einsickern eine saugende Wirkung auf die atmosphärischen Gase ausübt.

§ 88. *Einfluß menschlichen Eingreifens auf die Durchlüftung des Bodens.* Es liegt auf der Hand, daß alle auf die Herstellung des Krümelzustandes und auf sonstige Lockerung des Bodens gerichteten Maßnahmen, wie Pflügen, Hacken, das Einbringen von auflockernden Materialien (von frischem strohigen Stalldünger, groben Torfstücken u. dergl.), ferner das Durchbrechen sehr dichtgelagerter Bodenschichten (z. B. des Tones, des Ortsteins, des Raseneisensteins), endlich eine tiefere Wasser-senkung, das Eindringen der atmosphärischen Luft erleichtern müssen. In ähnlicher Weise, wie es durch den Regen geschieht, sucht man auch

durch die seitliche Zufuhr von Wasser über die Bodenoberfläche („Berieselung“) den Boden mit Luftsauerstoff zu versorgen. Je mehr Luftsauerstoff das Rieselwasser vorher aufnehmen konnte, um so wohltätiger wird nach dieser Richtung hin seine Wirkung sein (§ 86).

§ 89.

Das Verhalten des Bodens gegen die Wärme. Das Gedeihen der Pflanze ist an gewisse Wärmegrade gebunden, unterhalb und oberhalb deren ihre Lebenstätigkeit gefährdet wird und aufhört. Die ihr zur Verfügung stehende Wärmemenge richtet sich einerseits nach den klimatischen Verhältnissen, andererseits nach der Beschaffenheit des Bodens, den man als ein von den Sonnenstrahlen gespeistes Wärmereservoir¹⁾ ansehen kann. Je mehr Wärme dieses aufnimmt, je mehr es davon für die Pflanzen verfügbar hält, um so wohler werden sich die letzteren im allgemeinen befinden.

Absorption der Sonnenstrahlen. Der Boden empfängt unter sonst gleichen Verhältnissen²⁾ von der Sonne um so mehr Wärme, je günstiger seine Lage zu den auffallenden Sonnenstrahlen und je größer sein Absorptionsvermögen für die letzteren ist. Gegen *Süden* und *Osten* geneigte Flächen werden stärker von der Sonne bestrahlt, als *nördliche* und *westliche* Hänge, und müssen daher im allgemeinen wärmer sein als die letzteren. Die Strahlenmenge, die vom Boden aufgenommen und zu seiner Erwärmung verwendet wird, richtet sich nach der Beschaffenheit der Bodenoberfläche. Je *rauer* die Oberfläche, um so mehr Bodenteilchen

¹⁾ Allerdings besitzt die Erde auch eine gewisse, nur zum Teil von den Sonnenstrahlen bedingte Eigenwärme, die sich in größeren Tiefen sehr bemerklich macht, aber den Pflanzen an der Oberfläche nur in Ausnahmefällen zugute kommen dürfte. Ferner wird durch die unablässig, insbesondere im *gedüngten* Boden sich vollziehenden chemischen Umsetzungen Wärme erzeugt, deren Mengen aber wahrscheinlich gleichfalls so unbedeutend sind, daß wir sie unberücksichtigt lassen können. Auch durch physikalische Vorgänge kann eine Erwärmung hervorgerufen werden. So entwickelt sich bei der Aufnahme von Wasser durch trockenen Boden infolge der hierbei stattfindenden Verdichtung des Wassers an der Oberfläche der Bodenbestandteile Wärme, die man nach A. Mitscherlich als „Benetzungswärme“ bezeichnet. Ihre Menge ist von der Art, Form und Größe der Bodenbestandteile abhängig, aber zu gering, um für den Pflanzenwuchs in Frage zu kommen. Ihre Bestimmung bietet jedoch ein brauchbares Maß für die Größe der Bodenoberfläche (Summe der Oberflächengrößen sämtlicher festen Bodenteilchen), der der genannte Forscher eine besonders große Bedeutung für den Fruchtbarkeitszustand eines Bodens zuschreibt.

²⁾ Es wird hier von den Umständen abgesehen, die eine Verminderung der Bestrahlung herbeiführen, wie z. B. die Beschattung des Bodens, das Bedecken desselben mit schlechten Wärmeleitern, ein dichter Pflanzenbestand u. a. m.

können durch die Sonnenstrahlen Wärme empfangen, je *dunkler* ihre Farbe, um so mehr Strahlen werden von ihr absorbiert und in Wärme umgesetzt.¹⁾

§ 90. Die von den Sonnenstrahlen der Erdoberfläche mitgeteilte Wärme pflanzt sich durch *Leitung* in die tieferen Bodenschichten fort, und zwar um so schneller, je größer das *Wärmeleitungsvermögen* des Bodens ist. Von den Bodenbestandteilen leitet die Bodenluft die Wärme bei weitem am schlechtesten (fast 30mal schlechter als das Wasser). Das Leitungsvermögen der *festen* Bodenbestandteile scheint von dem des Wassers nicht sehr verschieden, aber etwas größer zu sein. Man wird daher im allgemeinen sagen können, daß sich die Wärme um so schneller fortpflanzen wird, je weniger luftfassende Hohlräume der Boden enthält, oder je mehr die vorhandenen Hohlräume mit Wasser erfüllt sind. Eine erhebliche Bedeutung für den Pflanzenwuchs scheint jedoch dem verschiedenen Wärmeleitungsvermögen der verschiedenen Bodenarten nicht zuzukommen.

Die Erwärmung des Bodens hängt aber nicht bloß von der durch die Sonnenstrahlen ihm zugeführten Wärmemenge und von deren Fortpflanzung, sondern in hohem Grade auch von der größeren oder geringeren Erwärmungsfähigkeit der Bodenbestandteile, von ihrer „spezifischen Wärme“ oder „Wärmekapazität“ ab.

§ 91. Die *spezifische Wärme*²⁾ der verschiedenen festen *mineralischen* Bodenbestandteile ist nach den vorliegenden Untersuchungen keine wesentlich verschiedene.³⁾ Die Unterschiede kommen für die natürlichen

¹⁾ Die von der Sonne ausgehenden Wärmestrahlen sind teils dunkel, teils hell. Die letzteren bezeichnet man auch als „Lichtstrahlen“. Von hellen Böden werden im wesentlichen nur die dunklen Wärmestrahlen aufgenommen, die hellen zurückgeworfen. (Nur deswegen erscheinen uns diese Böden hell.) Dunkle Böden nehmen nicht nur die dunklen, sondern auch die hellen Strahlen auf und verwerten beide Strahlengattungen zur Erwärmung ihrer Masse.

²⁾ *Spezifische Wärme* oder *Wärmekapazität* eines Körpers nennt man die Wärmemenge, die ihm zugeführt werden muß, um seine *Gewichts-* oder *Raumeinheit* (also 1 g oder 1 ccm) um einen Grad des 100teiligen Thermometers zu erwärmen. Beim Wasser ist es gleichgültig, ob man die spezifische Wärme auf Gewicht oder Raum bezieht, bei den übrigen Körpern liegen die einerseits auf Gewicht und andererseits auf Volum berechneten Zahlen um so weiter auseinander, je mehr ihr spezifisches Gewicht von dem des Wassers abweicht. Da für die Pflanzen das ihnen zur Verfügung stehende *Bodenvolum* wichtiger ist als das *Bodengewicht*, so ist es praktischer, die spezifische Wärme des Bodens und der Bodenbestandteile auf das Volum zu beziehen (s. weiter Anm. 3).

³⁾ Nach C. Lang beträgt, auf die Raumeinheit bezogen, die spezifische Wärme von

Verhältnisse kaum in Betracht gegenüber der weit überwiegenden Wärmekapazität des flüssigen Bodenbestandteils, des *Bodenwassers*. Um Wasser um einen Grad zu erwärmen, bedarf es einer etwa doppelt so großen Wärmemenge, als zu gleicher Erwärmung des gleichen Volums von einem festen Bodenbestandteil erforderlich ist. Da nun gerade die Humusstoffe in hervorragendem Maße das Wasser aufzunehmen und festzuhalten vermögen, daher stets die wasserreichsten Bodenbestandteile sind, so kommt die geringe spezifische Wärme des *trockenen* Humus im Boden eigentlich nie zur Geltung, ja, man wird bei ihrer stetigen Vergesellschaftung mit großen Wassermengen geradezu sagen dürfen, daß unter natürlichen Verhältnissen die Humussubstanzen unter allen festen Bodenbestandteilen die höchste Wärmekapazität besitzen. Ganz allgemein aber gilt der Satz: Je nasser ein Boden ist, um so größerer Wärmezufuhr bedarf er zur Erhöhung seiner Temperatur, um so schwerer erwärmt er sich. Dazu kommt noch, daß bei nassen Böden die *Verdunstung* größer ist als bei trockneren, und stärkere Verdunstung stets mit einem größeren Wärmeverlust verbunden ist. Bei nassen Böden wird mithin ein größeres Quantum von Wärme zur Erhöhung der Bodentemperatur und zur Überführung von Wasser in Wasserdampf verbraucht, das für die Pflanzen verloren geht, und es erscheint der von der Praxis aufgestellte Satz: „*Nasse Böden sind kalte Böden*“ durchaus gerechtfertigt.

Wie aber bei Zufuhr gleicher Wärmemengen ein Raumteil Wasser nur etwa halb so stark erwärmt wird, als ein gleicher Raumteil fester Bodenbestandteile, so kühlt sich bei Entziehung gleicher Wärmemengen das Wasser auch nur halb so stark ab, wie die trocknen Bodenbestandteile. Die Temperatur eines wasserreichen Bodens sinkt daher bei Abkühlung der Außenluft auch langsamer als die eines trocknen, und die *Temperaturschwankungen* sind mithin in dem ersteren geringer als in dem letzteren,¹⁾ soweit nicht durch starke Wasserverdunstung große Temperaturerniedrigungen hervorgerufen werden.

§ 92. Wärmeausstrahlung. Von der durch die Sonnenstrahlen dem Boden übermittelten Wärme geht durch Ausstrahlung in den Welt-

Quarzsand	Kalksand	Ton	Torf
0,517	0,582	0,576	0,601 Kalorien,
	auf die Gewichtseinheit bezogen:		
0,196	0,214	0,233	0,477 Kalorien,

oder, wenn man die Wärmemenge, die einem Kubikzentimeter oder einem Gramm Wasser zugeführt werden muß, um es um 1° C. zu erwärmen, als eine „Kalorie“ bezeichnet, so bedarf zu gleichen Zwecken 1 cbcm Quarzsand einer Wärmezufuhr von 0,517, 1 g Quarzsand einer solchen von 0,196 Kalorien.

¹⁾ Der Gleichmäßigkeit des *Seeklimas* und den großen Temperaturschwankungen des *Kontinentalklimas* dürften dieselben Ursachen zugrunde liegen.

raum ein Teil wieder verloren.¹⁾ Wie groß dieser ist, und inwieweit er durch die verschiedenen Bodenbestandteile, also durch die Beschaffenheit des Bodens beeinflusst wird, lässt sich aus den bisher ausgeführten Untersuchungen nicht mit Sicherheit erkennen. Nur scheint von vornherein festzustehen, dass der durch Strahlung herbeigeführte Verlust um so bedeutender sein wird, je größer die Bodenoberfläche, je rauher der Boden ist.

§ 93. *Beeinflussung der Bodenwärme durch menschliches Eingreifen.* Durch geeignete Erarbeiten sucht man für besonders wertvolle Pflanzen (z. B. in Weinbergen) die *Neigung* der Bodenoberfläche für das Auffallen der Sonnenstrahlen günstiger zu gestalten. Das Aufbringen *dunkel gefärbter* mineralischer Bodenarten (z. B. dünner Lagen von Basaltschutt) begünstigt die Absorption der Wärmestrahlen. Die Bedeckung des Bodens mit lockeren *lufthaltigen* Materialien (Sägespänen, Gerberlohe, trockenen Torfstücken u. a.) in kalter Jahreszeit verringert die Wärmeleitung und damit die Wärmeabgabe an die Außenluft.²⁾ Weit wichtiger als derartige, nur in kleinem Umfang ausführbare Operationen sind die Maßnahmen, die auf eine *günstigere Gestaltung der Wasserhältnisse*, also auf die Verringerung der Wasserkapazität und der Verdunstungsgröße gerichtet sind. Dahin gehört in erster Linie eine genügende Wassersenkung und eine Verminderung der Bodenverdunstung, wie sie z. B. durch das Bedecken von Böden mit großem Kapillarvermögen (Moorboden, Tonboden) mit grobkörnigem Sande und die übrigen in § 85 besprochenen Maßnahmen erzielt wird. (Näheres hierüber s. u. § 112.)

B. Der Boden als Nährstoffbehälter für die Pflanzen.

§ 94.

Allgemeines. Die höhere Pflanze bedarf zum Aufbau ihres Leibes und zur Erfüllung ihrer sonstigen Lebensfunktionen einer Reihe von Stoffen, die sie zum Teil aus der Luft durch ihre oberirdischen Organe,

¹⁾ Auf die Wärmeausstrahlung des Bodens, die namentlich in klaren Nächten sehr groß sein kann und die den Boden und die mit ihm in unmittelbarer Berührung befindliche Luftschicht abkühlt, führt man die „Spät-“ oder „Nachtfröste“ zurück, die nicht selten in klaren Frühjahrs- und selbst in Sommernächten die Hoffnungen des Landwirts zu schanden machen. Trübe Atmosphäre, Überhängen von Baumkronen u. a. vermindern die Wärmeausstrahlung und damit die Gefahr der Nachtfröste. (Entwicklung von Rauchwolken als Schutzmittel für die gefährdeten Flächen.) Auch Luftströmungen, die die unter 0° abgekühlte Luftschicht durch wärmere Luft ersetzen, wirken dem Erfrieren der Pflanzen entgegen. Dagegen sind die in Bodenvertiefungen oder im Schutz von höheren Gegenständen befindlichen Gewächse am stärksten gefährdet.

²⁾ Aber auch die Fortpflanzung der von ihrer obersten Schicht absorbierten Sonnenwärme nach der Tiefe hin.

zum Teil vermöge ihrer Wurzeln aus dem Boden aufzunehmen angewiesen ist. Die ersteren, die „Blattnährstoffe“, sind *Kohlendioxyd* (vulgo „Kohlensäure“) und *Sauerstoff*, die in unerschöpflichen Mengen die atmosphärische Luft bietet; die anderen, die „Wurzelnährstoffe“, sind neben *Wasser* und ungebundenem *Sauerstoff*: *Stickstoff*, *Kalium*, *Calcium*, *Magnesium*, *Eisen*, *Schwefel* und *Phosphor*. Alle diese Stoffe sind für die Ernährung der höheren Pflanzen unentbehrlich; ob sich ein Gleiches von anderen Bodenbestandteilen, z. B. vom Natrium, Aluminium, Chlor, Silicium, behaupten läßt, erscheint mindestens fraglich, nachdem Untersuchungen ergeben haben, daß sehr viele Pflanzen auch ohne Anwesenheit jener Stoffe sich normal entwickeln können. Während der in der Bodenluft vorhandene Sauerstoff im freien Zustande von der Pflanze aufgenommen und für ihre Lebenstätigkeit nutzbar gemacht wird, können die übrigen namhaft gemachten Elemente ausschließlich in Form von Verbindungen den höheren Pflanzen als Nahrung dienen. Nur der *Stickstoff* macht scheinbar eine Ausnahme insofern, als die zur Familie der Leguminosen gehörigen Pflanzen imstande sind, stickstoffhaltige Pflanzenstoffe zu bilden, selbst wenn ihnen der Stickstoff nur in unverbundener Form zu Gebote steht. Wie früher dargelegt wurde, verdanken sie diese Fähigkeit der Vergesellschaftung mit einem pflanzlichen Organismus niedrigster Art (§ 50), der den freien Stickstoff der Luft in Verbindungen überführen und mit diesen die mit ihm zusammenlebenden Pflanzen versorgen kann. Zur Ernährung der höheren Pflanzen sind Kalium, Calcium, Magnesium, Schwefel und Phosphor in Form von *Karbonaten*, *Silikaten*, *Phosphaten*, *Nitraten*, *Sulfaten*, *Chloriden* geeignet, *Humate* werden wahrscheinlich vor der Aufnahme in Karbonate umgewandelt; zur Versorgung mit *Stickstoff* dienen *Salpetersäure* und *Ammoniumsalze*¹⁾ und solche Stoffe, die bei ihrer Zersetzung im Boden jene Verbindungen liefern (humose Substanzen, Stallung, Knochenmehl u. a.). Manche der genannten notwendigen Pflanzennährstoffe sind in vielen Böden in so geringer Menge enthalten, daß zur Erzeugung befriedigender Ernten ihre Zufuhr von außen her (z. B. durch die Düngung) erfolgen muß. Wir werden daher im folgenden nicht nur den natürlichen *Gehalt* des Bodens an wichtigen Stoffen, sondern auch sein *Verhalten* gegen die zur Vervollständigung seines Nährstoffvorrates künstlich zugeführten Substanzen zu betrachten haben.

§ 95.

Die chemische Zusammensetzung des Bodens. Der Boden setzt sich aus den Bestandteilen der an seiner Bildung beteiligten Gesteine,

¹⁾ Ob die Ammoniumverbindungen unmittelbar von den Pflanzen als Nährstoff verwendet werden, ist eine noch offene Frage. Wahrscheinlich geht eine Umwandlung in Salpetersäuresalze vorher.

soweit sie nicht durch Wasser oder Wind fortgeführt wurden, den von aufsen her aus der Atmosphäre und durch die Düngung in ihn gelangten *festen* Stoffen, den Resten des tierischen und pflanzlichen Lebens, das sich in ihm abgespielt hat, dem *Bodenwasser* mit den darin gelösten festen und luftförmigen Stoffen und der *Bodenluft* zusammen; er besteht mithin aus einem Gemenge von *festen*, und zwar von *unorganischen* (mineralischen) und *organischen Stoffen*, *Wasser* und *Luftarten*.

Über die Bodenluft, ihre Zusammensetzung und ihre Bedeutung für den Pflanzenwuchs ist das Nötige bereits oben (§ 84, § 87) besprochen worden.

§ 96. *Die festen Bodenbestandteile* umfassen die oben genannten, für den Pflanzenwuchs unentbehrlichen, und andere Stoffe, die zwar für die Pflanzenernährung nicht notwendig zu sein scheinen, aber gewisse wichtige Bodeneigenschaften beeinflussen. Dafs die festen Bodenbestandteile in den verschiedenen Böden in äußerst wechselnden Verhältnissen vertreten sind, kann bei der Verschiedenartigkeit der Muttergesteine und der Mannigfaltigkeit der Bodenentstehungsbedingungen nicht wundernehmen. Die folgende Übersicht, die das Ergebnis einer Reihe von Bodenanalysen wiedergibt, läfst die großen Unterschiede in der Zusammensetzung verschiedener Bodenarten deutlich erkennen.

Tabelle I.

In 100 Teilen trockenen Bodens wurden gefunden:

	Mineralböden:				Humusböden: humos. Tonböden ⁵⁾	Moorböden:		
	Sandböden ¹⁾	Lehm Böden ²⁾	Tonböden ³⁾	Kalkböden ⁴⁾		Hochmoorböden ⁶⁾	Niederungsmoorböden ⁶⁾	Übergangsmoorböden ⁶⁾
Organische Stoffe	0,47	4,63 ⁷⁾	8,54	12,06	21,40	93,29	84,18	89,09
Stickstoff	—	?	0,26	0,25	0,78	1,30	3,35	2,00
Mineralstoffe	99,53	95,37	91,46	87,94	78,60	6,71	15,82	10,91
Kali (K ₂ O)	0,97	1,06	2,60	0,85	1,96	0,05	0,06	0,06
Natron (Na ₂ O)	0,47	0,37	1,17	0,22	1,16	0,05	0,04	0,08
Kalk (CaO)	0,19	2,86	5,97	29,96	1,94	0,23	4,06	1,17
Magnesia (MgO)	0,05	0,88	2,22	0,48	1,71	0,23	0,25	0,19
Eisenoxyd (Fe ₂ O ₃)	0,20	5,20	4,60	1,16	4,11	} 0,60	4,68	2,45
Tonerde (Al ₂ O ₃)	3,10	7,04	15,12	6,82	15,20			
Kieselerde (SiO ₂)	94,72	76,14	54,53	25,44	52,23	5,24	5,63	6,01
Schwefelsäure (SO ₃)	Spur	0,01	0,17	0,10	0,01	0,20	0,87	0,33
Phosphorsäure (P ₂ O ₅)	0,05	0,18	0,20	0,22	0,20	0,08	0,29	0,20
Kohlendioxyd (CO ₂)	0	1,63	4,63	23,54	0,03	0	0	0
Chlor (Cl)	?	?	0,11	—	Spur	Spur	Spur	Spur

¹⁾ Diluvialsandboden (E. R a m a n n). — ²⁾ Diluviallehm Boden (E. R a m a n n). — ³⁾ Wesermarschboden (Moor-Versuchs-Station). — ⁴⁾ Weifser Jura-Kalkboden (E. v. W o l f f). — ⁵⁾ Russische Schwarzerde (Tschernosem, C. S c h m i d t). — ⁶⁾ Moor-Versuchs-Station. — ⁷⁾ Darunter etwas chemisch gebundenes Wasser.

§ 97. Die vorstehenden Zahlen spiegeln zwar die verschiedenartige Zusammensetzung der festen Masse verschiedenartiger Böden wieder, geben aber kein richtiges Bild von den Stoffmengen, die in einem *bestimmten Bodenvolum* den Pflanzen geboten werden. Um hierüber Kunde zu erlangen, muß man das *Volumgewicht* der verschiedenen Böden kennen, d. h. wissen, wieviel Trockenmasse unter gewöhnlichen Verhältnissen in einem gewissen Raumteil Boden durchschnittlich enthalten ist.¹⁾ Bei einem dem Pflanzenwuchs zusagenden Feuchtigkeitsgehalt enthält 1 cbm an festen Stoffen:

	Sand- boden	Lehm- boden	Ton- boden	Kalk- boden	Humoser Tonboden	Hochmoor- boden	Niederungs- moorboden	Übergangs- moorboden
etwa:	1500	1200	1000	800	600	120	250	175 kg
Wasser- gehalt:	10 %	20 %	35 %	20 %	40 %	70 %	65 %	68 %.

Aus diesen Daten und den Zahlen der vorstehenden Tabelle berechnet sich der „absolute“ Gehalt der verschiedenen Böden an wichtigeren Stoffen wie folgt:

Tabelle II.

1 cbm Boden enthält bei seinem durchschnittlichen Feuchtigkeitsgehalt:

	Mineralische Böden:				Humus- boden: humusreicher Tonboden	Moorböden:		
	Sand- boden	Lehm- boden	Ton- boden	Kalk- boden		Hoch- moorboden	Niederungs- moorboden	Übergangs- moorboden
	kg	kg	kg	kg	kg	kg	kg	
Organische Stoffe	7	56	85	96	128	112	210	156
Stickstoff	?	?	2,6	2,0	4,7	1,6	8,4	3,5
Mineralstoffe . .	1493	1144	915	704	472	8	40	19,0
Kali	14,6	12,7	26,0	6,8	11,8	0,06	0,15	0,1
Kalk	2,9	34,3	59,7	239,7	11,6	0,2	10,2	2,1
Phosphorsäure .	0,8	2,2	2,0	1,8	1,2	0,1	0,7	0,3

¹⁾ Unter „Volumgewicht des Bodens“ versteht man gewöhnlich das Gewicht eines Raumteils des *völlig trocknen* oder auch des *lufttrocknen* Bodens im Verhältnis zu dem Gewicht eines gleichen Raumteils reinen Wassers (von 4° C.). Da hierbei auch die Kontraktion, die manche Böden beim Austrocknen erleiden (§ 79), unberücksichtigt bleibt, ein Rückschluss aus dem Ergebnis der Ermittlung auf die unter natürlichen Verhältnissen, im feuchten Boden, vorhandene Trockenmasse also nicht möglich ist, so erscheint es zweckmäßiger, unter Volumgewicht das Gewicht der festen Stoffe zu verstehen, die ein gewisses Bodenvolum bei einem den natürlichen Verhältnissen entsprechenden durchschnittlichen Wassergehalt enthält.

§ 98. Die Zahlen der vorstehenden Tabelle berechtigen zu den folgenden, für alle Böden gültigen Schlusfolgerungen: Unter den festen Bodenbestandteilen überwiegt zwar bei den eigentlichen Moorböden die Menge der *organischen Stoffe* weit den Humusgehalt der *mineralischen* Böden (Tab. I), indessen bringt es das geringe Volumgewicht der ersteren mit sich, daß die in einem bestimmten Bodenraum enthaltenen Mengen an organischen Stoffen bei manchen Mineralböden hinter dem Gehalt mancher Moorböden (Hochmoorboden) kaum zurückstehen, ja in humusreichem Mineralboden den letzteren übertreffen können (s. o. Tab. II). Der *absolute* Gehalt an *Stickstoff*, der bei allen Böden fast ausschließlich als ein Teil der humosen Stoffe anzusehen ist, kann im Hochmoorboden sogar weit geringer sein als in den humoseren mineralischen Bodenarten.¹⁾

Wie Tabelle I erkennen läßt, herrschen bei allen Böden ohne Ausnahme unter den mineralischen Stoffen *Silicium-* und *Aluminium-*Verbindungen, bei einigen auch Verbindungen von *Eisen* und *Calcium* vor, während der Gehalt an *Kalium-*, *Magnesium-*, *Schwefelsäure-* und *Phosphorsäuresalzen* weit geringer ist. Hinsichtlich des prozentischen wie des absoluten Gehaltes an notwendigen Pflanzennährstoffen zeigen die verschiedenen Bodenarten die auffälligsten Unterschiede. (Man vergleiche den *Kaligehalt* der Moorböden mit dem der mineralischen, den *Kalkgehalt* des Sandbodens mit dem des Kalkbodens, den *Phosphorsäuregehalt* des Hochmoorbodens mit dem Gehalt des Niedermoores und der reicheren Mineralböden usw.)

§ 99.

Beurteilung der Bodenfruchtbarkeit nach der chemischen Zusammensetzung. Die durch die Gesamtanalyse eines Bodens ermittelten Zahlen, wie sie die vorstehenden Tabellen enthalten, geben wohl Aufschluß über seinen Gehalt an den für die Ernährung der Kulturpflanzen nötigen Stoffen, nicht aber darüber, ob deren Menge ausreicht, um das Bedürfnis einer reichen Ernte zu decken. Zwar läßt sich unschwer feststellen, wieviel Stickstoff, Kali, Phosphor, Kalk usw. die verschiedenen Pflanzen aufnehmen müssen, um zu reichlicher Produktion befähigt zu werden, aber es entzieht sich in den meisten Fällen unserer Kenntnis, wie weit sie imstande sind, die im Boden vorhandenen Nährstoffmengen zu ihren Zwecken nutzbar zu machen, denn die Stoffaufnahme durch die

¹⁾ Diese bei oberflächlicher Beurteilung des Bodengehalts auf Grund der chemischen Analyse allermeist übersehene Tatsache klärt es auf, warum die meisten Hochmoorböden trotz des hohen prozentischen Stickstoffgehalts ihrer festen Masse zur Hervorbringung einer befriedigenden Ernte der Stickstoffzufuhr im Dünger bedürfen, die bei den Niedermoores gewöhnlich nicht nötig ist.

Pflanzen hängt nicht blofs von den vorhandenen *Stoffmengen*, sondern auch von der mechanischen Beschaffenheit der Bodenteilchen¹⁾ und ganz besonders von dem Löslichkeitszustand der vorhandenen Pflanzennährstoffe ab. Die Pflanzenwurzel ist ohne Zweifel befähigt, mit Hilfe der in ihr enthaltenen lösenden Agenzien (Säuren)²⁾ selbst schwerlösliche Bestandteile der in unmittelbare Berührung mit ihr gelangenden Bodenpartikel sich anzueignen; aber die hierbei stattfindende Nährstoffaufnahme ist insofern ungenügend, als die Wurzel auf dem Wege durch das Stoffgemenge, das wir „Boden“ nennen, doch immer nur auf eine beschränkte Anzahl von festen, zu ihrer Ernährung geeigneten Substanzen stöfst. Die Ernährung kann daher allermeist nur dann eine vollständige sein, wenn auch der bewegliche, überall mit der Wurzel in Berührung kommende Bodenbestandteil, nämlich das Bodenwasser, die zur Speisung der Pflanzen nötigen Stoffe aufgelöst enthält.

Um über die Nährstoffmengen, die in den verschiedenen Böden den Pflanzen wirklich zur Verfügung stehen, den Aufschluss zu erhalten, den die Gesamtanalyse des Bodens nicht gibt, ist man seit langer Zeit bemüht gewesen, Lösungsmittel ausfindig zu machen, die etwa dasselbe leisten, wie die Pflanze selbst, also aus dem Boden die Nährstoffmengen in Lösung bringen, die für die Pflanzenwurzel unter günstigen Verhältnissen aufnehmbar sind. Das Ergebnis derartiger Versuche hat natürlich unter allen Umständen nur einen beschränkten Wert. Es läfst die Mitwirkung der Pflanzenwurzel an der Löslichmachung der festen Stoffe, mit denen sie in Berührung kommt, unberücksichtigt. Ferner sind die Mengen von

¹⁾ Diese ist in hohem Grade von der Art der bodenbildenden Gesteine abhängig. J. Dumont fand in einer Ackererde von

Grignon	La Creuse
8,94 % Kali	8,53 % Kali.

Trotz des fast gleichen Kaligehaltes verhielten sich beide Böden gegen Kalidüngung ganz verschieden. Eine weitere Untersuchung zeigte, dafs von dem vorhandenen Kali entfielen im Boden von

	Grignon	La Creuse
auf <i>Feinsand und Ton</i> . . .	83,45 %	29,07 %
auf <i>Grobsand</i>	16,55 „	70,93 „

Dementsprechend verlangte der Boden von La Creuse eine Kalidüngung, der von Grignon nicht.

Es ist ferner klar, dafs die Bodenbestandteile pflanzlicher Natur ihre mineralischen Nährstoffe der Vegetation um so ausgiebiger zur Verfügung stellen werden, je leichter zersetzlich und je mehr sie in der Zersetzung vorgeschritten sind.

²⁾ Neben Kohlensäure scheinen hier auch sog. Pflanzensäuren, wie Äpfelsäure, Weinsäure, Oxalsäure u. a., in Betracht zu kommen.

Pflanzennährstoffen, die die verschiedenen Pflanzen in sich aufnehmen, sehr verschieden, sie hängen zum Teil von der Tiefe und Stärke ihrer Bewurzelung, zum Teil aber auch von dem jeder Pflanzengattung eigentümlichen, bei den verschiedenen Pflanzen verschieden großen Lösungs- und Aneignungsvermögen ab. Die natürliche Nährstoffaufnahme durch die Pflanzen erstreckt sich über einen langen Zeitraum, innerhalb dessen die mannigfaltigsten, in ihrem Verlauf wiederum von den verschiedenartigsten Verhältnissen (Temperatur, Bodenfeuchtigkeit, mechanischer Zusammensetzung des Bodens u. a. m.) abhängigen, die Löslichkeit der Bodenbestandteile beeinflussenden Vorgänge im Boden, Tätigkeit der Bodenbakterien, Bodenabsorption (s. u.) und -Adsorption sich vollziehen, während die chemische Analyse immer nur die im *Augenblick der Untersuchung* in irgend einem Lösungsmittel löslichen Stoffmengen nachweist. Das Bestreben, durch ein Lösungsmittel — man hat dazu stark verdünnte Mineral- und Pflanzensäuren, ganz oder zum Teil gesättigte Kohlensäurelösungen oder auch Lösungen von gewissen in den Pflanzen vorkommenden Salzen benutzt — den Vorrat an *verfügbaren* Bodennährstoffen zu ermitteln, zieht sich daher mehr und mehr auf den Versuch zurück, die Gesamtmenge derjenigen Nährstoffe zu bestimmen, welche in absehbarer Zeit für das Pflanzenwachstum nutzbar werden können.

Als ausgeschlossen muß es nach dem Gesagten jedenfalls erscheinen, auf rein chemischem Wege einen ziffermäßigen Ausdruck für die Gesamtwirkung der mannigfaltigen Kräfte zu gewinnen, welche im Boden, sowie auch in der Pflanzenwurzel auf die Erschließung und auf die Festlegung der Pflanzennährstoffe gerichtet sind, oder mit anderen Worten diejenigen Mengen an Pflanzennährstoffen zu ermitteln, welche der Boden selbst den jeweilig angebauten Pflanzen zur Erzeugung einer Maximalernte zur Verfügung stellt. Dagegen wird man an der Hoffnung festhalten dürfen, daß es der zielbewußten, d. h. auf erreichbare Ziele gerichteten agrarkulturchemischen Bodenforschung gelingen wird, die in einem Boden vorhandenen Nährstoffmengen nach ihrer größeren oder geringeren Zugänglichkeit quantitativ in Gruppen zu scheiden. Und auch damit wäre für die Bemessung der Düngung viel gewonnen. Die bisherigen, mit einem gewaltigen Zeit-, Arbeits- und Kostenaufwand ausgeführten Untersuchungen auf diesem wichtigen Arbeitsgebiet haben zweifellos manche wichtige Fingerzeige gegeben. Sie legten die früher kaum geahnten Schwierigkeiten¹⁾ klar,

¹⁾ Diese Schwierigkeiten beginnen bereits bei der Entnahme brauchbarer, d. h. den Durchschnittscharakter der zu untersuchenden Fläche darstellenden Bodenproben, sowie bei der Abzweigung der verhältnismäßig kleinen Bodenmengen für die chemische Untersuchung. Zur Gewinnung eines Durchschnittsmusters ist bei den meisten Böden ein vorheriges Trocknen des Bodens kaum

die sich der Bearbeitung des Problems entgegenstellen, und ihre Ergebnisse warnen vor übertriebenen Erwartungen. Sie würden vielleicht noch mehr erreicht haben, wenn man auf Grund der gesammelten Erfahrungen schon früher über einheitliche, bei der chemischen Bodenuntersuchung zu befolgende Methoden sich verständigt hätte.

Übrigens darf nicht verschwiegen werden, dafs auch die chemische Gesamtanalyse des Bodens, in Verbindung mit der Feststellung des Gehalts an feinsten Teilchen und der mineralogischen Beschaffenheit der gröberer Gesteinstrümmen (gröberer Quarz, Kalk, Phosphate, schwerer oder leichter verwitternde Silikate u. a. m.), nach mehr als einer Richtung schätzbare Anhaltspunkte für die Beurteilung des augenblicklichen und des dauernden Fruchtbarkeitszustandes mancher Bodenarten bietet. Sie belehrt darüber, ob man von einem Boden eine gewisse *Nachhaltigkeit* erwarten darf oder auf baldige *Erschöpfung* rechnen mufs. Sie läfst ferner mit größter Sicherheit erkennen, ob gewisse, für die Pflanzen notwendige Stoffe in so geringer Menge vorhanden sind, dafs sie, selbst wenn völlig aufnehmbar, für die Erzielung gröfserer Ernten nicht ausreichen. So ist leicht zu berechnen, dafs der *Kali-* und allermeist auch der *Phosphorsäure*gehalt der *Moorböden*, bisweilen auch der *Sandböden*, nicht ausreichen würde, um normale Ernten weniger Jahre zu versorgen. Auch der durch die Analyse ermittelte *Kalk-* und *Stickstoff*gehalt der Sand- und Moorböden läfst in den allermeisten Fällen einen zuverlässigen Schlufs zu, ob ihnen in der Düngung diese Stoffe zugeführt werden müssen oder nicht. Weit schwieriger liegen die Verhältnisse bei den *Ton-* und *Lehmböden*.

Nach den vorstehenden Erörterungen erscheint in den meisten Böden ein reiches Gedeihen der Pflanzen nur dann gesichert, wenn diese die notwendigen Nährstoffe nicht blofs in Form der festen Bodenbestandteile, sondern auch im Bodenwasser gelöst vorfinden. Der Gehalt der Bodenflüssigkeit an Pflanzennährstoffen steht aber in innigster Beziehung zu einer allen Böden in gröfserem oder geringerem Mafs eigentümlichen Fähigkeit, gewisse im Bodenwasser gelöste Stoffe aus ihrer Lösung auszuscheiden und bis zu einem gewissen Grade festzulegen. Diese Fähigkeit nennt man das *Absorptionsvermögen* des Bodens.

§ 100.

Die Bodenabsorption. Läfst man durch einen Boden eine Lösung von Kaliumchlorid hindurchsickern, so wird ein Teil des Kaliums von ihm festgehalten; das ablaufende Wasser enthält den anderen Teil des

zu vermeiden. Hierbei erleiden aber, wie unten (s. Bodenadsorption) dargelegt werden wird, wichtige Bestandteile (Stickstoff, Phosphorsäure) hinsichtlich ihrer Löslichkeit erhebliche Änderungen.

zugeführten Kaliums, während das Chlor in ganzer Menge wiedererscheint, nun aber zu einem dem Kaliumdefizit entsprechenden Teil an ein anderes, aus dem Boden aufgenommenes Metall, z. B. an Natrium oder Calcium, gebunden ist. Diese Erscheinung bezeichnet man als *Bodenabsorption*. Das Absorptionsvermögen des Bodens macht sich, wie schon das obige Beispiel erkennen läßt, für verschiedene Stoffe in sehr verschiedenem Maße bemerklich. Im allgemeinen läßt sich sagen, daß von den in Frage kommenden Stoffen *Phosphorsäure*, *Kalium* und *Ammonium* am stärksten, in geringerem Grade *Natrium*, noch schwächer *Calcium* und *Magnesium* und gar nicht oder fast nicht *Chlor*, *Schwefelsäure* und *Salpetersäure* absorbiert werden. Am leichtesten verständlich ist die Absorption solcher Stoffe, die unmittelbar mit gewissen Bodenbestandteilen unlösliche oder schwerlösliche Verbindungen eingehen. Lösliche *Phosphorsäuresalze* finden im Boden Calcium- oder Eisenverbindungen, mit denen sie sich zu schwer löslichem Calciumphosphat oder Eisenphosphat umsetzen, das dann als fester Bodenbestandteil zurückbleibt. In ähnlicher Weise kann die Anwesenheit freier Humussäure, freier Kieselsäure (deren Vorkommen im Boden allerdings problematisch ist, § 12) auf die Abscheidung von gelöstem *Kalium*, *Calcium*, *Magnesium* u. a. in Form der schwerlöslichen Humate und Silikate hinwirken. Der größere Teil der Absorptionserscheinungen ist aber zweifellos auf verwickeltere Vorgänge, nämlich Wechselersetzungen der im Boden vorkommenden Doppelsilikate mit den im Bodenwasser gelösten Salzen, also auf Wirkungen zurückzuführen, die wir früher als „komplizierte Verwitterung“ bezeichnet und eingehender erörtert haben (§§ 45, 46).

Insbesondere sind es die in der *Feinerde* der Böden enthaltenen *wasserhaltigen*, leicht zersetzlichen *Doppelsilikate* und unter diesen besonders die Zeolithe,¹⁾ die mit den im Bodenwasser gelösten Verbindungen in Wechselwirkung treten, z. B. in der Weise, daß ein wasserhaltiges Natrium-Aluminiumsilikat in Berührung mit gelöstem Kaliumsulfat gegen einen Teil seines Natriums Kalium eintauscht (also Kalium „absorbiert“), während das ausgetretene Natrium mit der frei gewordenen Schwefelsäure Natriumsulfat bildet und der Auswaschung durch das Bodenwasser verfällt. So ist ferner neuerdings eine Festlegung von Ammoniak durch Calciumzeolith nachgewiesen worden (Th. Pfeiffer und A. Einecke).

¹⁾ In der Bodenkunde rechnet man gewöhnlich zu den „Zeolithen“ alle jene Doppelsilikate, denen eine besonders große Umsetzungsfähigkeit mit Salzen eigen ist (z. B. auch den Leucit). Daß diese Mineralien in erster Linie die Absorptionserscheinungen hervorrufen, geht namentlich daraus hervor, daß die Böden mit hervorragendem Absorptionsvermögen besonders reich an Zeolithen sind, und daß die Absorptionskraft durch die Zerstörung der letzteren, durch Einwirkung von starken Säuren (§ 16) oder durch Glühen vernichtet, dagegen durch Zusatz gewisser Silikate erhöht werden kann.

Das *Mafs* derartiger Umsetzungen und die *Art der Endprodukte* hängt, wie früher eingehend besprochen wurde, von der chemischen Affinität (Verwandtschaft) und der Menge der in Wirkung tretenden Stoffe, so namentlich auch des Wassers, ab. Sind die auf die festen Bodenbestandteile, z. B. auf den Zeolith einwirkenden Salze in *grofsen* Wassermengen gelöst, so wirkt auch immer nur eine geringe Menge von Salzpartikeln auf die festen Partikel des Zeoliths ein, die Umsetzung vollzieht sich langsam, es kann ein grofser Teil der absorptionsfähigen Stoffe durch das Bodenwasser aus dem Bereich des chemischen Vorganges entfernt, ja, wenn sich die Wassermenge noch vermehrt, der bereits absorbierte Stoff mit den absorbierenden Bodenbestandteilen wieder in Lösung gebracht und ausgewaschen werden. Umgekehrt wird, falls die absorptionsfähigen Salze in *kleinen* Wassermengen gelöst sind, der Angriff auf die festen Bodenbestandteile ein energischerer sein und die Absorption schnell erfolgen.¹⁾

§ 101. Die soeben geschilderten Vorgänge lassen sich durchweg durch chemische Umsetzungen erklären, bei denen gewisse früher leicht bewegliche Stoffe in schwerlöslichen Verbindungen festgelegt werden. Andere Festlegungen erfolgen unter Umständen, die die Wirkung chemischer Kräfte ausschliessen. Es ist eine bekannte Tatsache, dafs manche feste Körper, z. B. Holzkohle, Platin u. a., Gase in ihren Poren oder auch an ihrer äufseren Oberfläche verdichten und mit grofser Energie festhalten. Tonsubstanzen saugen begierig Fette und Öle in sich auf. Tierische Kohle entzieht gefärbten Flüssigkeiten ihren Farbstoff. Auch bei diesen Erscheinungen kann man von Absorption sprechen. Aber sie wird hier nicht durch chemische Umsetzungen, sondern durch die Flächenanziehung hervorgerufen, die gewisse feste Stoffe auf andere luftförmige, flüssige oder feste Stoffe ausüben. Nach dem Vorschlag von W. Ostwald bezeichnet man diese auf „Oberflächenenergie“, also auf einem physikalischen Vorgang beruhenden Absorptionserscheinungen als *Adsorption*.

Es kann keinem Zweifel unterliegen, dafs Adsorptionsvorgänge auch im Boden stattfinden. Von der Adsorption des Wassers ist bereits früher

¹⁾ Mit diesen Erwägungen steht eine grofse Reihe von leicht zu beobachtenden Tatsachen in vollem Einklang. Die Menge der absorbierten Stoffe schwankt je nach den *Mengen*, in denen diese dem Boden zugeführt werden, und nach ihrer *Verbindungsform*. — Aus *konzentrierteren* Lösungen werden gröfsere Mengen absorptionsfähiger Stoffe durch den Boden zurückgehalten, als aus *verdünnteren*. — Starke Regengüsse oder seitlich in den Boden eindringende Wassermassen können dem Boden grofse Mengen von bereits absorbierten Stoffen *entziehen*. — Bei Bewässerungsanlagen werden durch das Rieselwasser nicht selten gröfsere Nährstoffmengen aus dem Boden ausgelaugt als zugeführt, wenn dasselbe an Nährstoffen selbst sehr arm ist (§ 86) u. a. m.

(§ 78) berichtet worden. Dafs gewisse Bodenbestandteile aber auch auf andere — gasförmige und feste — Stoffe „adsorptiv“ wirken können, ist längst bekannt. Tonige Stoffe sind nach G. H. Quincke und nach Gerstmann imstande, Kaliumkarbonat, Magnesiumchlorid, Natriumchlorid, ferner Säuren und Basen aus ihren Lösungen festzuhalten. Nach Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station (A. König) besitzen saure Moorböden, auch wenn sie ganz frei von Zeolithen sind, ein auffällig hohes Festhaltungsvermögen für Ammoniak und kohlen-saures Ammonium.¹⁾

Wie bei den Erörterungen über die Wasseradsorption dargelegt wurde, ist deren Gröfse in hohem Grade abhängig von dem Gehalt des Bodens an quellungsfähigen (kolloidalen) Bestandteilen. Die Annahme liegt nahe, dafs dieser auch auf das Adsorptionsvermögen des Bodens für andere Stoffe von grösstem Einflufs ist, und sie gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch die Tatsache, dafs die Adsorptionskraft eines Bodens durch Mafsnahmen geschädigt wird, welche auf eine Zerstörung der Kolloide hinwirken. Neben den tonigen Bestandteilen treten hauptsächlich die Humussubstanzen, die desorganisierten Rückstände des pflanzlichen und tierischen Lebens, als Bodenkolloide auf. Frühere Untersuchungen der *Moor-Versuchs-Station*²⁾ zeigten, dafs stickstoffreiche Moorböden nach dem *Austrocknen* weit mehr Stickstoff an schwache Lösungsmittel abgeben, als im frischen Zustande. Sehr auffällig sind weiterhin die Beobachtungen derselben Forschungsstätte über das Verhalten der Phosphorsäure im Moostorfboden. Diese Bodenart enthält im natürlichen Zustande eine sehr geringe Menge von leichtlöslicher, den Pflanzen leicht zugänglicher Phosphorsäure. Nach Ausübung der Brennkultur nimmt jedoch ihr Gehalt an leichtlöslicher Phosphorsäure derartig zu, dafs eine Zufuhr dieses Nährstoffs vorerst unterbleiben kann, ohne die Ernten zu schädigen.³⁾

Weiterhin wurde gefunden,⁴⁾ dafs diese Wirkung schon eintritt, wenn das Moor an der Luft abtrocknet, und in noch stärkerem Grade, wenn die Trocknung bei höherer Temperatur erfolgt.⁵⁾ Ja, sie zeigt sich schon deutlich, wenn man dem Moor bei gewöhnlicher Temperatur durch

¹⁾ Es kann sich dabei nicht um eine Festhaltung durch Bildung schwerlöslicher Verbindungen handeln, da das entstehende Ammoniumhumat sich leicht in Wasser löst.

²⁾ C. Brunnemann (im II. Bericht über die Arbeiten der Moor-Versuchs-Station, 1886).

³⁾ M. Fleischer (im III. Bericht über die Arbeiten der Moor-Versuchs-Station, 1891).

⁴⁾ B. Tacke, IV. Bericht über die Arbeiten der Moor-Versuchs-Station, 1898.

⁵⁾ J. Vanha wies nach, dafs auf einem Boden, den man zur Zerstörung schädlicher Mikroorganismen erhitzt hatte, die Ernten um so höher ausfielen, je energischer der Boden ausgetrocknet worden war.

Behandlung mit gewissen Stoffen (Alkohol, Äther, Glyzerin) einen Teil seines Wassers entzieht (Tacke). Da durch das Austrocknen der Bodensubstanz die darin vorhandenen Kolloide nachweislich stark verändert werden, so ist der Schlufs kaum abzuweisen, dafs ein Teil der Bodenphosphorsäure und (wie Tackes Versuche dartun) auch anderer Bodenbestandteile, wie Kalk, Kali, Magnesia, wenigstens im Moorboden durch kolloidale Adsorption festgehalten und den Pflanzen erst zugänglich werden, wenn die kolloidale Beschaffenheit zerstört wird.¹⁾

Auch die günstigen Erfolge des „Rasenbrennens“²⁾ auf Tonboden dürfen zu einem grofsen Teil auf die Zerstörung der Bodenkolloide zurückzuführen sein.

§ 102. *Bedeutung der Absorptions- und der Adsorptionsvorgänge.* Das Absorptionsvermögen für gewisse wichtige Pflanzennährstoffe ist für den Haushalt des Bodens und in erster Linie für seine Aufgabe, den Pflanzen als Nährstoffbehälter zu dienen, von gröfster Bedeutung. Die Absorptionsvorgänge verhüten es, dafs jene Nährstoffe, mögen sie von Natur im Boden enthalten sein und durch den unablässig fortschreitenden Verwitterungsprozefs löslich werden, oder mögen sie durch den Dünger in die Acker- und Wiesenerde gelangen, in ganzer Menge dem auswaschenden Einflufs der atmosphärischen Niederschläge verfallen. Ferner stehen sie einer erheblichen *Konzentrierung der Bodenflüssigkeit* entgegen. Es ist festgestellt, dafs Nährstofflösungen, die in 1000 Teilen mehr als wenige Teile gelöster Salze enthalten, auf das Gedeihen der Pflanzen unheilvoll wirken. Je mehr aber infolge der Verdunstung der prozentische Gehalt des Bodenwassers an gelösten Nährstoffen steigt, um so energischer wird die Absorption (s. o.), um so mehr wird durch die Bodenbestandteile festgelegt, also der Lösung entzogen. Aus der Bodenlösung nehmen die Pflanzen den gröfseren Teil ihrer Nahrung auf. Dadurch wird sie fortwährend verdünnt und somit fähig gemacht, die vorher absorbierten Stoffe wieder

¹⁾ Ob nicht auch die vielfach beobachtete günstige Einwirkung starken Frostes auf den Fruchtbarkeitszustand mancher Böden zu einem Teil durch Aufhebung der kolloidalen Adsorptionsvorgänge zu erklären ist, möge hier dahingestellt bleiben.

²⁾ Bei diesem eigentümlichen, in früheren Jahren vielfach üblichen Kulturverfahren (in der Eifel als „Schiffeln“ bezeichnet) wird die flach geschälte Pflanzendecke in kleinen Haufen über die Fläche verteilt und nach dem Austrocknen verbrannt. Nach den vorliegenden Beobachtungen sind es dabei weniger die Aschenbestandteile der Gräser, Unkräuter und Hölzer, die das Wachstum der Kulturpflanzen fördern, als die Veränderungen, die der Boden durch die Erhitzung erfährt. Der Ton soll nach dem Brennen eine „milde“, krümelige Beschaffenheit annehmen und leichter zu bearbeiten sein als vorher (F. Arends, Das Rasenbrennen. Hannover 1826. Verlag der Hahnschen Hofbuchhandlung).

aufzulösen. Das Absorptionsvermögen übt mithin auf die *Verhinderung von Nährstoffverlusten* und auf die *gleichmäßige Ernährung* der Pflanzen den heilsamsten Einfluss aus.

Auf der andern Seite kann sie einer *schnellen und reichen Versorgung* der Vegetation mit Nährstoffen im Wege stehen, weil die dem Boden in leichtlöslicher Form zugeführten Nährstoffe zunächst zur Sättigung des Bodenabsorptionsvermögens und erst in zweiter Linie zur Versorgung der Pflanzen verwendet werden. Nur so ist es zu erklären, dass nach längerer Unterlassung z. B. einer Kalidüngung Jahre vergehen können, ehe eine Kalizufuhr in der Entwicklung der Pflanzen sich bemerkbar macht. Diese Erscheinung lässt zugleich erkennen, dass die Wiederauflösung der absorbierten Nährstoffe eine gewisse Zeit erfordert und daher nicht immer in ausreichendem Maße gerade dann erfolgt, wenn die Pflanze nach besonders reicher Nahrung verlangt. Es ist daher von Wichtigkeit, dass die gleichen Wechselwirkungen, die die Absorption der Nährstoffe hervorrufen, die absorbierten Stoffe auch wieder in Lösung bringen können. Treten mit Zeolithen, die Kalium absorbiert hatten, *größere* Mengen von Natrium-, Calcium-, Magnesium-Verbindungen (Carbonate, Sulfate, Nitrate, Chloride) in Wechselwirkung, so erfolgt nach den früher erörterten Gesetzen wieder ein Austausch der Metalle in der Weise, dass ein Teil des Kaliums wieder in Lösung übergeführt und durch ein in überwiegender Menge vorhandenes Metall ersetzt wird.

Einer der wichtigsten Pflanzennährstoffe, die *Salpetersäure*, unterliegt nicht der Bodenabsorption. Daher kommt es, dass einerseits die Zufuhr von leichtlöslichen Nitraten zu stickstoffbedürftigen Pflanzen eine auffällig schnelle Wirkung ausübt, und dass andererseits die von den Pflanzen nicht aufgenommene Salpetersäure sehr bald dem auswaschenden Einfluss des Bodenwassers verfallen kann.

Das größte Absorptionsvermögen für Kalium- und Ammoniumverbindungen zeigen im allgemeinen die an leicht zersetzlichen Doppelsilikaten besonders reichen Bodenarten, und dahin gehören in erster Linie die *Ton- und Lehmböden*, in zweiter erst die Kalkböden, weil hier die vorwiegenden Calciumverbindungen einer Wiederauflösung des festgelegten Kaliums und Ammoniums, sowie einer Überführung der Ammoniumsalze in nicht absorbierbare Salpetersäureverbindungen günstig sind. Die Phosphorsäure wird in allen drei Bodenarten etwa gleich stark absorbiert.

Durch ein besonders geringes Absorptionsvermögen zeichnen sich im allgemeinen die Sand- und die Moorböden und unter den letzteren namentlich die Hochmoorböden aus.

Die Adsorption der Pflanzennährstoffe wird vornehmlich durch einen höheren Gehalt des Bodens an tonigen Substanzen und an Humus begünstigt. Dass sie für das Pflanzenwachstum auf manchen Böden eine

nicht unwichtige Rolle spielt, zeigen die oben mitgeteilten Beispiele, und es erscheint nicht ausgeschlossen, daß die neuere Bodenforschung den Adsorptionsvorgängen und ihren wichtigsten Trägern, den Kolloidstoffen, eine hohe physiologische Bedeutung zuerkennen wird.

§ 103. *Beeinflussung der Bodenabsorption und der Adsorption durch menschliches Eingreifen.* Während es bei den stark absorbierenden Böden (s. o.) im Interesse einer schnellen und ausgiebigen Versorgung der Pflanzen mit Nährstoffen eher darauf ankommen wird, das Absorptionsvermögen zu mäfsigen, empfiehlt es sich bei den Sand- und Moorböden, zur Verhütung grofser Nährstoffverluste, auf dessen Steigerung hinzuwirken. Im ersteren Fall bietet die Zufuhr von Natrium- und Calciumverbindungen (Kochsalz, Chilisalpeter, Gips, Kalkmergel),¹⁾ im letzteren das Aufbringen von tonigen Stoffen, z. B. von Tonmergel, Seeschlick u. dergl., ein wirksames Mittel, den gewünschten Zweck zu erreichen.

Daß die Zufuhr toniger und humoser Stoffe auch das Adsorptionsvermögen des Bodens für Wasser und Pflanzennährstoffe steigert, und daß andererseits Mafsnahmen, die auf die Zerstörung der Bodenkolloide gerichtet sind (Moorbrennen, Schiffeln toniger Böden, vielleicht auch die Begünstigung der Frostwirkung), die adsorptiv gebundenen Nährstoffe beweglich und für die Pflanzen aufnehmbar machen, haben die früheren Erörterungen dargetan.

§ 104.

Das Bodenwasser. Das in den Boden eindringende und dessen Hohlräume erfüllende Wasser bringt aus der atmosphärischen Luft die aus dieser aufgenommenen Gase und festen Stoffe mit. Da das Lösungsvermögen des Wassers für Kohlendioxyd weit gröfser ist als für Sauerstoff und für Sauerstoff gröfser als für Stickstoff, so ist das Verhältnis dieser drei Luftarten im Bodenwasser ein ganz anderes als in der Atmosphäre.²⁾ Infolge des Sauerstoffverbrauchs innerhalb des Bodens und der Kohlendioxyd-Bildung bei der Oxydation der organischen Bodenbestandteile verschiebt es sich immer mehr zuungunsten des Sauerstoff- und zugunsten des Kohlendioxydgehalts. Aufser diesen gasförmigen

¹⁾ Soweit diese Substanzen nicht einen für die Pflanzen notwendigen Nährstoff zuführen sollen, bezeichnet man sie der lösenden Wirkung wegen, die sie auf die im Boden vorhandenen Pflanzennährstoffe ausüben, als *indirekte Düngemittel*.

²⁾ Auf 100 Raumteile Sauerstoff kommen
in der Atmosphäre . . . 378 Rtl. Stickstoff und ca. 0,15 Rtl. Kohlendioxyd
in einem mit diesen Gasarten gesättigten Wasser 50 „ „ „ „ 3333 „ „

Bestandteilen enthält das in den Boden eindringende Wasser stets etwas Ammoniak, das aus den Fäulnisvorgängen, die sich an der Erdoberfläche vollziehen, in die Atmosphäre gelangt, sowie salpetersaures und salpetrigsaures Ammonium. Die Menge dieser Stoffe ist sehr gering und sehr wechselnd.¹⁾ In Berührung mit den festen Bodenbestandteilen nimmt das Bodenwasser eine Reihe von Stoffen auf, deren Art und Menge im wesentlichen abhängig ist von der Beschaffenheit der ersteren, dem Gehalt des letzteren an Kohlendioxyd und von dem Mengenverhältnis, worin Wasser und Boden zueinander stehen. Über die Zusammensetzung des Bodenwassers sind wir deswegen im unklaren, weil es nur durch Zufuhr großer Wassermengen aus dem Boden sich herausdrängen läßt, hierbei aber infolge der Veränderung des Verhältnisses zwischen Wasser und festen und gelösten Bodenbestandteilen in seiner Zusammensetzung Veränderungen erleiden muß. Die Beschaffenheit des aus dem Boden fließenden Wassers, des „Sicker-“ oder „Drainwassers“, das nur bei einem Wasserüberschuß im Boden austritt, läßt daher nicht ohne weiteres auf den Gehalt der Bodenflüssigkeit unter normalen Verhältnissen, sondern höchstens darauf schließen, ob sie an diesem oder jenem Stoff hervorragend reich oder arm ist.

§ 105. Das *Sicker-* oder *Drainwasser*. So wenig Aufschluß das aus den Böden absickernde Wasser über die Beschaffenheit des flüssigen Bodenbestandteils gibt (s. o.), so ist die Zusammensetzung der Drainwässer doch insofern von Wichtigkeit, als sie die Mengen von Nährstoffen beurteilen läßt, die durch das Wasser dem Boden entzogen werden, und als das Drainwasser unter Umständen dazu benutzt werden kann, um anderen Böden befruchtende Stoffe zuzuführen. Seine Beschaffenheit richtet sich unter sonst gleichen Verhältnissen nach der Art und Behandlung (Bodenbearbeitung, *Düngung*) des Bodens, dem es entstammt, und nach der Wassermenge, die darauf einwirkte. Drainwässer von Böden, die aus *sauren* Gesteinen (§ 31, 1) entspringen, pflegen an *Kalium-* und *Natrium-*verbindungen reich zu sein, während die aus *basischen* Gesteinen (§ 31, 2) gebildeten Böden an *Calcium-* und *Magnesiumsalzen* reiche Wässer liefern. Die ersteren nennt man (wegen ihres Verhaltens beim Waschen) „weiche“, die letzteren „harte“ Wässer. Starke Düngung des Bodens mit Kalisalzen erhöht den Gehalt der Drainwässer an Calciumverbindungen sehr beträchtlich (Wechselzersetzung). (Bei Versuchen der *Moor-Versuchs-Station*²⁾ vermehrte sich der Kalkgehalt des Sickerwassers bei Hoch-

¹⁾ Nach vielfachen Untersuchungen dürfte die jährlich auf 1 ha Bodenfläche in Form der genannten Stickstoffverbindungen gelangende Stickstoffmenge etwa 12 kg betragen.

²⁾ B. Tacke, IV. Bericht über die Arbeiten der Moor-Versuchs-Station.

moorboden um 64 kg, bei Niederungsmoor um 209 kg für je 100 kg des in der Düngung zugeführten Kalis.) Bei starkem Humusgehalt des Bodens ist das Sickerwasser braun gefärbt, falls die Humusstoffe sauer reagieren oder weiches Wasser auf sie einwirkte, gelblich oder farblos, wenn die Humusstoffe in Form von humussauren Salzen (Calciumhumat, Magnesiumhumat) vorhanden sind oder unter dem Einfluss von hartem Wasser stehen.

Ferner müssen die Stoffe, für die der Boden ein geringeres Absorptionsvermögen besitzt, im Sickerwasser reichlicher vertreten sein. Im allgemeinen wird dieses reicher an *Natrium-, Calcium-, Magnesium-*verbindungen sein als an *Kalium*verbindungen. *Schwefelsäure* und *Chlor* werden in größeren Mengen dem Boden entzogen, die *Phosphorsäure* dagegen, die mit Calcium und Eisen schwerlösliche Salze bildet, bleibt im Boden zurück, und die Drainwässer sind fast stets sehr arm daran. Aus Böden, in denen die Bedingungen für Bildung von *Salpetersäure* günstig liegen, oder denen diese im Dünger zugeführt wird, laugen die Drainwässer große Mengen dieses wertvollen Stoffes aus, während das leicht absorbierbare Ammoniak (§ 100) nur in geringem Grade in das Drainwasser gelangt.

Höhere Bodentemperatur steigert den Gehalt der Sickerwässer an gewissen Stoffen, so an Nitraten infolge der verstärkten Salpetersäurebildung (§ 52); an anderen Salzen, weil durch die vermehrte Kohlensäurebildung ein größerer Teil der Bodenbestandteile in Lösung gebracht wird.

In den allermeisten Fällen ist der Gehalt des Drainwassers an festen Stoffen sehr gering, er überschreitet nur selten ein Tausendstel der Wassermenge. Dennoch kann unter Umständen die durch das Drainwasser fortgeführte Menge an wichtigen Bodenbestandteilen sehr groß sein.

Nach Untersuchungen von v. Seelhorst, Kreydt und Wilms verlor ein auf 1,25 m Tiefe drainierter Lehmboden in guter Kultur durch das abfließende Wasser auf ha und Jahr:

Stickstoff in Form von Salpetersäure, salpetriger Säure und Ammoniak	Kali	Kalk	Magnesia	Schwefelsäure	Phosphorsäure (geschätzt zu etwa)
4,4 kg	8,4 kg	630 kg	140 kg	182 kg	2 kg.

An freiem Sauerstoff pflegen aus früher besprochenen Ursachen die Drainwässer ärmer, an Kohlendioxyd reicher zu sein als die mit der atmosphärischen Luft in Berührung befindlichen Wässer. Auch können sie unter Umständen pflanzenschädliches Schwefelwasserstoffgas enthalten. Falls die Sickerwässer zur Befeuchtung anderer Böden benutzt werden sollen, empfiehlt es sich daher, sie vorher längere Zeit mit dem atmosphärischen Sauerstoff in Berührung zu bringen, wobei ein großer Teil

des Kohlendioxyds entweicht, der Schwefelwasserstoff zerstört¹⁾ und freier Sauerstoff aufgenommen wird (vergl. auch § 86).

Auf einem mit Pflanzen bestandenen Boden sind infolge der gesteigerten Verdunstung die Sickerwassermengen kleiner als auf dem nackten Boden, und es wird durch das abfließende Wasser dem bewachsenen Boden an Stoffen weniger entzogen als dem nackten, obwohl die aus dem ersteren austretenden Lösungen unter Umständen konzentrierter sein können als die Sickerwässer des nicht bewachsenen Bodens.²⁾

Die folgende Tabelle gibt die Zusammensetzung einiger Drainwässer aus verschiedenen Bodenarten wieder.

Zusammensetzung einiger Drainwässer

(nach Wolff, Krocker, Moor-Versuchs-Station).

In 100000 Teilen Wasser waren enthalten:

Bodenart	Organische Stoffe	Kohlen- säure	Salpeter- säure	Mineral- stoffe	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Chlor	Kiesel- säure
Lehmiger Sand . . .	2,6	12,4	Spur	32,1	0,2	2,4	12,3	1,5	Spur	0,6	1,4	0,7
Tonboden auf Kalk- unterlage	2,5	7,2	0,1	39,1	0,2	1,4	13,4	3,5	0	12,2	0,5	0,7
Niederungs - Moor- boden (stark mit Kainit gedüngt) .	22,9	6,5	17,0	130,1	6,3	15,8	43,3	2,9	0,1	33,8	24,2	2,2
Hochmoorboden . . .	11,4	0,2	0,3	12,4	1,2	2,3	2,9	0,4	0,02	2,5	1,3	2,1

¹⁾ Der Schwefelwasserstoff scheidet hierbei häufig freien Schwefel aus: $(\text{H}_2\text{S} + \text{O} = \text{H}_2\text{O} + \text{S})$.

²⁾ Sehr deutlich wird dies durch Untersuchungen von Dr. J. Hanamann zur Anschauung gebracht. Aus 50 kg eines als calciumkarbonathaltiger Alluviallehm zu bezeichnenden Bodens traten an Sickerwasser und in diesem gelösten festen Stoffen (in g) aus:

Boden	Sickerwasser	Gelöste Stoffe:								
		Kohlen- säure	Salpeter- säure	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Schwefel- säure	Chlor	
Unbewachsen	7080	0,42	0,21	0,17	0,19	0,57	0,11	0,39	0,09	
Bewachsen mit Klee .	2650	0,24	0,09	0,05	0,05	0,38	0,05	0,20	0,05	
Bewachsen mit Sommer- weizen	2041	0,22	0,01	0,04	0,04	0,28	0,05	0,17	0,07	

Dabei waren enthalten in 100000 Teilen des Sickerwassers:

	in dem unbewachsenen	dem mit Klee	dem mit Weizen bewachs. Boden
an festen Stoffen	46,4	53,0	50,7 Teile.

Kapitel V.

Kurze Charakteristik der Hauptbodenarten.¹⁾

§ 106.

Die Steinböden oder Böden mit einem so hohen Gehalt an nicht oder nur wenig zersetzten gröberen Gesteinstrümmern, das sie die wichtigsten Bodeneigenschaften wesentlich beeinflussen. Bilden die Gesteinstrümmen nahezu die einzigen Bestandteile, so bezeichnet man diese Böden als eigentliche *Schuttböden* („Schotter-“, „Breccien-“, „Tuffböden“), falls sie noch auf dem Muttergestein aufliegen; als *Geröllböden*, wenn sie durch Wasser oder Eis von ihrer Bildungsstätte fortgeführt sind. Derartige Böden sind, gleichgültig welchem Gestein sie entstammen, höchstens zur Holzzucht geeignet.

Ist bereits ein Teil der Gesteinsbrocken zu *Feinerde* (§ 75) zerfallen, oder haben sich neben dem Geröll zugleich feinerdige Verschwemmungsmassen abgesetzt, so können diese Böden einen hohen Grad von Fruchtbarkeit besitzen. Dieser richtet sich namentlich nach der Beschaffenheit des Muttergesteins. Von ihr hängt es natürlich ab, ob die Steinböden unter dem Einfluß der Verwitterungsagenzien in kürzerer oder längerer Zeit in Sandboden, Lehm-, Ton- oder Kalkboden übergehen.

Im allgemeinen sind die Steinböden den *trockenen* und *warmen* Böden zuzurechnen.

§ 107.

Die Sandböden. (Vergl. auch § 32, 2.) Als Sandböden bezeichnet man solche Böden, in denen mit dem bloßen Auge erkennbare, im Wasser schnell zu Boden sinkende sandige Gemengteile überwiegen und den Charakter des Bodens bestimmen. Die Sandpartikel können aus reinem Quarz oder auch aus noch unzersetzten, feinkörnigen Gesteinselementen: Glimmer, Feldspat, Hornblende, ferner aus Eisenoxyd, Calciumkarbonat u. a. bestehen. Wenn auch die Sandböden, entsprechend ihrem überwiegenden Gehalt an reinem Quarzsand, durchweg zu den leichten (§ 76, Anm. 1), an Pflanzennährstoffen nicht besonders reichen Bodenarten gehören, so weisen sie doch je nach ihrer Zugehörigkeit zu dieser oder

¹⁾ Nach der eingehenden Behandlung der „bodenbildenden Gesteine“ (§§ 30 bis 33) und der „Vorgänge bei der Bodenbildung“ (§§ 34—64) glaube ich mich hier kurz fassen und bezüglich zahlreicher Einzelheiten auf die genannten Kapitel verweisen zu können.

jener Formation,¹⁾ ihrer Herkunft von reicheren oder ärmeren Gesteinen sehr große Unterschiede in ihrem natürlichen Fruchtbarkeitszustande auf. Je nach dem Vorwalten gröberer oder feinerer Korngrößen unterscheidet man zwischen *Kies*, *Grand*, *grobem Sand*, *Perlsand* und *feinem Sand*. Nach den früheren Bemerkungen (§ 33, 2) über den Einfluss der Korngröße auf den Gehalt der diluvialen Sande und Grande an Quarz, Feldspat und Kalk wird man von vornherein in den Sandböden des Diluviums mit einem beträchtlicheren Gehalt an groben Körnern (2—0,5 mm) einen weit größeren Reichtum an Feldspat und Calciumkarbonat, also eine höhere Fruchtbarkeit zu suchen haben, als in den Sandböden, in denen die (fast nur aus Quarz bestehenden) Körner von 0,5—0,05 mm bei weitem vorwiegen. Den letzteren sind auch die Dünen- und Flugsandböden des Alluviums ähnlich, die zu über 95 % aus reiner Kieselerde zu bestehen pflegen. Dagegen wird man in den staubfeinen Sandböden häufig einen hohen Kalkgehalt erwarten dürfen.²⁾ Beimengungen von Ton und Humus werden durch die Bezeichnungen: *lehmiger Sand*, *humoser* (oder auch „*anmooriger*“) *Sand*, größere Beimengungen von Eisenoxyd oder Eisenhydroxyd durch die Bezeichnung „eisenschüssig“ oder „eisenstreifig“ angedeutet. Falls sie nicht tonige oder humose Stoffe enthalten, besitzen die Sandböden meist Einzelkornstruktur; ihre Wasserkapazität ist in diesem Fall sehr gering, und zwar um so geringer, je grobkörniger sie sind. Mit dem gröberem Korn nimmt auch das Wasserdurchlassungsvermögen zu. Die Sandböden gehören daher im allgemeinen zu den *trockenen* Böden. Ihre Durchlüftbarkeit ist infolgedessen groß, ihre spezifische Wärme, entsprechend dem geringen Wassergehalt, klein. Sie erwärmen sich schnell, kühlen sich aber auch rasch ab. Bei ihrem geringen Wassergehalt, ihrer guten Durchlüftung und starken Erwärmung zersetzen sich in den Sandböden die humusbildenden Stoffe sehr rasch (daher die Bezeichnung: „*tätige*“ oder auch „*warme*“ Böden).

Bei dem geringen Absorptionsvermögen der Sandböden werden die infolge der fortschreitenden Verwitterung löslich werdenden und die in der Düngung zugeführten Nährstoffe leicht ausgewaschen. Die Düngung wirkt schnell, aber nicht nachhaltig.

Zufuhr von tonreichen und humusbildenden Stoffen (z. B. von Moorerde, Stalldung, Ton- und Lehmmergel, Seeschlick, Teichschlamm, Be-

¹⁾ Beispielsweise zeichnen sich die Keuper-Sandböden von den Böden der Buntsandsteinformation meist durch einen höheren Gehalt an Kalk und Ton aus. (S. ferner das verschiedene Verhalten der Alluvial- und der Diluvialsande S. 56.) Es empfiehlt sich daher, bei der Kennzeichnung eines Sandbodens seine Zugehörigkeit zu dieser oder jener Gesteinsformation zum Ausdruck zu bringen. Ein Gleiches gilt auch für die Ton-, Lehm- und Kalkböden.

²⁾ In der Tat sind die „Mergelsande“ (§ 33, 2) nicht selten gute Weizenböden.

wässerung mit schlickreichem Wasser u. a.) ist das beste Mittel, um die der Kultivierung der Sandböden ungünstigen Eigenschaften abzuschwächen. Ton- und humushaltige Sandböden in feuchter Lage sind vom landwirtschaftlichen Standpunkt aus den dankbareren Böden zuzurechnen (s. § 111).

Im entschiedensten Gegensatz zu den Sandböden stehen:

§ 108.

Die Tonböden. (Vergl. auch § 33, 3.) Das sind *Bodenarten, die zu mindestens 50 0/0 aus abschlämmbaren festen Teilen bestehen*, deren Menge aber auch auf 75 0/0 steigen kann. Steinige und grobsandige Beimengungen fehlen in den eigentlichen Tonböden (Unterschied von den „Lehmböden“). Die Eigenschaften der Tonböden können je nach ihrer Struktur und nach dem Vorhandensein oder Fehlen von Beimengungen, die auf die Eigentümlichkeiten der Tongesteine mildernd einwirken, sehr verschieden sein. Je freier der Ton von derartigen Beimengungen ist, um so mehr tritt die *Einzelkornstruktur* mit ihren für den Pflanzenwuchs ungünstigen Folgen hervor (§ 76). Die Bezeichnungen: „bindig“, „zäh“, „steif“, „streng“, „verschlossen“ sind charakteristisch für den reinen Tonboden.¹⁾ Er besitzt eine sehr hohe *Wasserkapazität*, geringe *Durchlässigkeit* für Wasser und ist daher, namentlich wenn auch seine Unterlage von schwer durchlässigen Schichten gebildet wird, den *nassesten* Bodenarten zuzurechnen. Auf der anderen Seite ist seine *Kapillarität* und daher auch sein *Verdunstungsvermögen* sehr groß. Beim Austrocknen vermindert er sein *Volum*, er wird hart und rissig, und die verkleinerten Bodenkapillaren setzen dem Eindringen des Wassers große Schwierigkeiten entgegen. Bei der sehr geringen Anzahl nicht kapillar wirkender Hohlräume ist die *Durchlüftung* des Tonbodens von Natur eine sehr mangelhafte, und da auch wegen des meist vorhandenen Wasserreichtums seine *spezifische Wärme* sehr hoch, seine Erwärmbarkeit also gering ist, so erfolgt die Zersetzung der humusbildenden Pflanzenteile langsam und nimmt nicht selten einen für das Gedeihen der Kulturpflanzen ungünstigen Verlauf.

Alle diese für die Kultivierung des Tonbodens wenig günstigen Eigenschaften werden erheblich abgeschwächt, wenn er unter geeigneter Behandlung *Krümelstruktur* annimmt, oder wenn ihm von Natur Stoffe beigemischt sind, die die *Plastizität* des Tons vermindern (Sand, Kies, Steine) oder den Eintritt der Krümelstruktur befördern (Calciumverbindungen, humose Stoffe u. a.).

An *Pflanzennährstoffen* pflegen die Tonböden hervorragend reich zu sein. Ihr *Absorptions-* und ihr *Adsorptionsvermögen* (§§ 99 ff.) ist besonders

¹⁾ Zu den reinsten Tonböden sind die der Tertiärformation angehörigen zu rechnen.

grofs; deswegen und wegen der oben angedeuteten Eigenschaften gehören sie zu den *wenig tätigen* oder *trägen* Böden. Aus allen diesen Ursachen kann kaum eine andere Bodenart für zweckmäßige Kulturmafsregeln sich so dankbar erweisen, als der Tonboden. Diese haben vor allem die *Beseitigung des schädlichen* Wasserüberflusses, die Beförderung der *Durchlüftung* durch Wasserentziehung, durch mechanische *Auflockerung* und Zufuhr lockernder Stoffe, durch Herbeiführung der *Krümelstruktur*, Herabminderung der *Absorption* durch Calciumverbindungen und andere geeignete Stoffe („indirekte Düngemittel“) ins Auge zu fassen.¹⁾

Auf der anderen Seite aber setzt keine andere Bodenart der Kultivierung so grofse Schwierigkeiten entgegen, als die reinen Tonböden, und die jeweiligen *Witterungsverhältnisse* sind so ausschlaggebend für das Gelingen der Kulturmafsnahmen (*Verschlämmung*, Rissigwerden!), dafs selbst bei vorsichtigster Behandlung die Tonböden den *unsichersten* Bodenarten zuzurechnen sind.

§ 109.

Die Lehm Böden (vergl. auch § 33, 3) bestehen aus einem meist eisen- und kalkhaltigen *Gemisch von tonigen und sandigen Teilen*, *worin die letzteren überwiegen*. Sie enthalten im Gegensatz zu den Tonböden auch grobkörnigere Bestandteile. Der Gehalt an feinsten abschlämbaren Teilchen kann etwa 20—30 % betragen. Die Lehm Böden mit größerem Sandgehalt bezeichnet man als *sandige* (auch „milde“ oder „mürbe“), die mit geringerem als *tonige* (auch „strenge“, „zähe“ oder „schwere“) Lehme. Der Sand läfst sich beim Anfühlen und mit dem Auge bei den ersteren deutlich, bei den letzteren nur beim Aufschlämmen in Wasser erkennen. Je nach dem größeren oder geringeren Sandgehalt sind die Eigenschaften der Lehm Böden sehr verschieden. Während die „strengen“ Lehm Böden hinsichtlich ihres Verhaltens zum *Wasser*, zur *Durchlüftung* und *Erwärmung* den Tonböden nahe kommen, erscheinen die charakteristischen Eigenschaften des Tones bei den sandigen Lehm Böden in hohem Grade abgeschwächt. Diese sind weniger „*bindig*“ und der *Krümelbildung* günstiger, ihre *Wasserkapazität* ist geringer, ihre *Durchlässigkeit* größer. Sie trocknen daher leichter aus, sind aber dem eindringenden Wasser zugänglicher. Sie erwärmen sich schneller, die Durchlüftung stöfst auf geringere Schwierigkeiten, die Zersetzung der humusbildenden Pflanzenreste geht in ihnen schneller vor sich. An *Pflanzennährstoffen* pflegen die Lehm Böden nicht so reich zu sein als die Ton-

¹⁾ Zu den wertvollsten Tonböden gehören die Seemarschböden des nord-westlichen Deutschlands, ferner die Flufsmarschböden in den Tälern der Elbe, Oder, Weichsel, Memel.

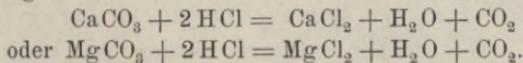
böden, auch ist ihr *Absorptionsvermögen* im allgemeinen geringer, den gewöhnlichen Sandböden sind sie nach beiden Richtungen erheblich überlegen. Besonders geschätzt sind die Lößlehmböden, wie sie sich in großer Ausdehnung im Oder-, Elbe- und im Rheingebiet finden.

§ 110.

Kalk- und Mergelböden (vergl. § 33, 4 und 5) nennt man solche Böden, die neben wechselnden Mengen von tonigen und sandigen Bestandteilen einen erheblichen Gehalt an Calciumkarbonat oder an Calciumkarbonat und Magnesiumkarbonat aufweisen. Bilden diese Karbonate den Hauptbestandteil des Bodens, so daß sandige und tonige Beimengungen ganz zurücktreten, so hat man es mit *eentlichen Kalkböden* oder, wenn neben Calciumkarbonat auch Magnesiumkarbonat in etwa gleicher Menge vorhanden ist, mit *Dolomitböden* zu tun. Sind in einem Boden erheblichere Mengen von Calciumkarbonat gleichmäßig in einer sandigen oder tonigen oder sandig-tonigen Grundmasse verteilt, so wird er als *Mergelboden* (oder, bei gleichzeitiger Anwesenheit größerer Mengen Magnesiumkarbonat, als „dolomitischer Mergelboden“) bezeichnet.

Die *eentlichen Kalkböden* gehören nicht bloß wegen ihrer Armut an wichtigen Pflanzennährstoffen, sondern auch wegen ihrer ungünstigen physikalischen Eigenschaften (namentlich wegen ihrer Trockenheit) zu den unfruchtbarsten Bodenarten. Dagegen sind die *Mergelböden* landwirtschaftlich von hoher Bedeutung. Je nach dem größeren oder geringeren Gehalt an Calcium- (bzw. Magnesium-) Karbonat¹⁾ unterscheidet man zwischen *tonigem* oder *lehmigem Mergelboden* und *mergeligem Ton- oder Lehm Boden*. Der erstere enthält 30 bis 80 0/0, der letztere 2 bis höchstens 30 0/0 Calciumkarbonat. In den Mergelböden mit mittlerem Ton- und

¹⁾ Von der An- oder Abwesenheit von Karbonaten kann man sich leicht dadurch überzeugen, daß man auf eine Probe des Bodens verdünnte Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure, § 10) gießt. Karbonate werden dadurch z. B. nach folgender Gleichung zersetzt:



Das entweichende Kohlendioxyd macht sich durch „Aufbrausen“ bemerklich, dessen größere oder geringere Stärke auf einen größeren oder schwächeren Gehalt an Karbonaten schließen läßt. Ein Aufbrausen durch die ganze mit Säure benetzte Masse hindurch deutet auf eine gleichmäßige Verteilung des Karbonates. Ist letzteres nur in größeren Partikeln dem Boden beigemischt, so findet das Aufbrausen auch nur stellenweise statt. *Calciumkarbonat* kann in dieser Weise mit Salzsäure schon in der Kälte, ja auch mit starkem Essig (verdünnte Essigsäure) nachgewiesen werden. Die Zersetzung von *Magnesiumkarbonat* (Dolomitböden) erfolgt meist erst beim Erwärmen des mit Säure über-gossenen Bodens.

Kalkgehalt sind die charakteristischen Eigenschaften des Tones durch die Beimengung von Calciumkarbonat in glücklichster Weise gemässigt. Die Mergelböden sind zur *Krümelbildung* sehr geneigt, die *Wasserkapazität* des Tons ist auf ein für die *Durchlüftung* und *Erwärmung* günstiges Mafs herabgedrückt. Die *Humusbildung* erfolgt unter diesen Verhältnissen, befördert durch die Anwesenheit des Karbonates, leicht; zugleich ist das letztere der Überführung des *Pflanzenstickstoffs* in *Salpetersäure* günstig. Der Gehalt an Pflanzennährstoffen ist häufig ein sehr hoher, das *Absorptionsvermögen* für Phosphorsäure ist hoch, für Kali nicht so hoch, dafs es einer schnellen Verwertung des Bodenkalis durch die Pflanzen im Wege steht. Die Mergelböden gehören mithin zu den „tätigen“ Böden. Am günstigsten für die Kultur verhält sich der zu den mergeligen Ton- und Leimböden gehörige, oft bis auf grofse Tiefe stark humose *Löfsboden* (z. B. Magdeburger-Börde), ferner die gleichfalls dem Diluvium angehörige *russische Schwarzerde* („Tschernosem“), sowie der ihm nach Entstehung und Aussehen verwandte „Cujavische“ Boden im östlichen Teil der Provinz Posen und der im übrigen dem Löfs nahe stehende, aber ebenso wie Tschernosem und Cujavischer Boden an Humus, den Rückständen einer tüppigen Grasvegetation, besonders reiche Steppenboden des mittleren und südlichen Rufslands. Dagegen nehmen mit steigendem Kalkgehalt die kulturellen Vorzüge der Mergelböden um so mehr ab, je mehr sie sich den eigentlichen Kalkböden nähern und je mehr der Tongehalt durch sandige Teile ersetzt ist.

Eine bemerkenswerte Eigenschaft aller Kalkböden ist es, dafs das Calciumkarbonat verhältnismässige schnell aus den oberen Schichten in die Tiefe gewaschen wird (§§ 41 und 47, 3).

§ 111.

Die Humusböden (vergl. § 53) sind *Sand-, Ton-, Lehm- und Kalkböden*, die durch gröfsere Beimengungen von humosen Stoffen dunkel gefärbt und auch in ihren übrigen Eigenschaften, nicht selten zum Vorteil für ihre landwirtschaftliche Verwertung, erheblich verändert sind. Wie früher erörtert worden ist, befördert eine Beimengung von Humusstoffen bei den meisten Böden den Eintritt der *Krümelstruktur*: bei den Sandböden (auch bei den sehr kalkreichen Kalkböden), indem sie die Einzelkörner zu Kornaggregaten „verkitten“, bei den Tonböden und Leimböden, indem sie deren Kohärenz verringern. Hierdurch wird zum Nutzen für den Pflanzenwuchs die *Wasserkapazität* der Sandböden vergröfsert, die der Tonböden verringert, in allen Fällen die *Durchlüftung* des Bodens erleichtert und seine *Erwärmungsfähigkeit* erhöht, falls nicht seine Wasserverhältnisse dadurch in ungünstiger Weise verändert worden sind. Sehr wesentlich ist der Humusgehalt insofern,

als durch ihn der Boden zugleich mit *Stickstoff* angereichert wird (s. die Tabelle zu § 97). Der grofse Stickstoffgehalt in Verbindung mit der vorhandenen Bodenfeuchtigkeit ist allerdings zugleich die Ursache für die starke Unkrautwüchsigkeit der humosen Böden. Ungünstig können die Humusstoffe auf den Kulturwert der Böden auch insofern wirken, als sie die Erscheinung der Spätfröste und des Auffrierens (§ 90 Anm. und § 76) fördern. Endlich sind sie namentlich bei mangelhafter Durchlüftung der Entstehung schädlicher Reduktionsvorgänge günstig.

Als ein Übergangsglied zwischen Humus- und Moorböden kann man die „anmoorigen“ Böden ansehen. Man versteht darunter ihrer Hauptmasse nach mineralische, aber mit den Resten torfbildender Pflanzen stark durchsetzte Bodenarten. Es dürften allermeist Böden sein, die zwar Torfpflanzen hervorbringen, bei denen es aber wegen irgend einer Ursache, hauptsächlich wohl wegen nicht ausreichender Bodenfeuchtigkeit, zu einer eigentlichen Torfbildung nicht gekommen ist. Dahin gehören in erster Linie die „*Sandheideböden*“, wie sie unter anderem in sehr großem Umfang im nordwestlichen und im nordöstlichen Deutschland vorkommen (Lüneburger Heide, Tucheler Heide u. a.). Ihre Grundsubstanz, der Sand, kann übrigens verschiedenen geologischen Perioden entstammen. Bei seiner Armut an pflanzlichen Nährstoffen bot er nur anspruchslosen Gewächsen, Heidekräutern und anderen Pflanzen, die wir als hochmoorbildende kennen gelernt haben (§§ 61, 113), einen zusagenden Standort, und ihre Reste bildeten in dem leicht durchlässigen, zu Wasseransammlungen nicht geeigneten Boden einen meist sauren Humus, der seine oberen Schichten durchsetzt und dunkel färbt.¹⁾

Zu den anmoorigen Böden kann man aber auch Bodengebilde ganz anderer Art rechnen. Während die anmoorigen Sandheiden ihrer Vegetation nach den Hochmooren mit abgeschlossenem Wachstum (s. o.) nahe stehen, treten in den Flufs- und Seemarschen anmoorige Böden auf, die entsprechend ihrem großen Reichtum an pflanzlichen Nährstoffen und der häufigen Überflutung mit fruchtbarem Wasser die Vegetation der Niedermoores aufweisen und deren Bodensubstanz ein Gemisch von Seeschlick und einem im wesentlichen aus Rohr und Schilf hervorgegangenen Humus darstellt.²⁾ Bisweilen tritt der letztere so in den Vordergrund, dafs man die Bodenart als „Schlickmoor“ bezeichnen mufste.

¹⁾ Bei feuchter Lage, die sich — wenigstens im westlichen Deutschland — durch das Vorherrschen der *Erica tetralix* kund zu geben pflegt, werden neuerdings derartige Böden unter Zuhilfenahme von kalkreichen Materialien und von Kalisalz und Phosphat mit geringen Kosten aber hohem Nutzen in treffliches Grasland umgewandelt.

²⁾ Solche anmoorigen Schlickböden finden sich u. a. in großer Ausdehnung im Memeldelta.

§ 112.

Die Moorböden. (Vergl. §§ 56—64.) Nach den früheren eingehenden Erörterungen über die Moorbildung versteht man unter Moorböden solche Böden, die im wesentlichen nur aus den Resten abgestorbener Pflanzen bestehen. Von den Mineralböden unterscheiden sich die Moorböden also dadurch, daß ihre mineralischen Bestandteile weit hinter den verbrennlichen zurücktreten (Tab. I, S. 158), durch ihr sehr geringes Volumgewicht in trockenem Zustande (Anm. S. 159) und ihren unter natürlichen Verhältnissen auffällig hohen Wassergehalt. Bei ihrer hervorragenden Wasserkapazität sind die Moorböden im Naturzustande den „nassen“ und „kalten“ Böden zuzurechnen. Sie sind schwer durchlässig, daher auch schwer durchlüftbar und zu ungünstigen Zersetzungsprozessen geneigt. Mit Wasser vollgesogen, erwärmen sie sich nur langsam und unterliegen sehr leicht im Winter dem „Aufrieren“, im Frühjahr den „Spätfrösten“. Beim Austrocknen erleiden sie erhebliche Volumänderungen (§ 79). Eine kräftige Wasserentziehung gestaltet jedoch ihr Verhalten zum Pflanzenwuchs so günstig, daß man zweckmäßig behandelte Moorböden zu den dankbarsten Kulturmedien rechnen darf. Eine allzu starke Wasserabzapfung wirkt — abgesehen von anderen schlechten Folgen — besonders deswegen ungünstig, weil Moor, das bis zu einem bestimmten Grad ausgetrocknet ist, nur äußerst schwer sich wieder benetzt.¹⁾ Ist ein Moorboden auf das richtige Maß entwässert, so erwärmt er sich zufolge seiner dunklen Färbung schnell, und sein hohes Quellungs- und Kapillarvermögen, das ihn befähigt, die auffallenden Niederschläge sehr festzuhalten und in trocknen Zeiten die den Pflanzen nötige Feuchtigkeit aus den tieferen Schichten heraufzuholen, gewährt ihm vor den meisten Mineralböden einen erheblichen Vorzug.

Der Gehalt der verschiedenen Moorböden an Pflanzennährstoffen richtet sich in erster Linie nach der Art der Pflanzen, aus denen sie entstanden sind, und weiterhin nach den Umständen, die bei ihrer Entstehung mitgewirkt haben (§ 56 u. ff.). Alle Moorböden sind arm an Kaliumverbindungen. Nur solche Moore, die Überflutungen mit schlickhaltigem Wasser unterworfen sind, können — auf Trockensubstanz berechnet — bisweilen mehr als 0,1% Kali enthalten. Die Hochmoorböden enthalten gewöhnlich auch so wenig Calcium- und Stickstoffverbindungen, daß für die Erzielung befriedigender Ernten diese Stoffe ihnen zugeführt werden

¹⁾ Wird eine Moorfläche durch irgend einen Vorgang von ihrer natürlichen Pflanzendecke entblößt, so kann sie unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen an der Oberfläche zu einer pulvrigen Masse austrocknen, die Wasser nicht mehr aufnimmt und gleichwie feiner Dünenand vom Winde bewegt wird („Moorwehen“ oder „Mullwehen“).

müssen. Dagegen zeichnen sich die *Niederungsmoorböden* allermeist durch einen hohen Gehalt an *Calcium-* und *Stickstoffverbindungen*, bisweilen auch an *phosphorsauren Salzen* aus. Nach den Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station liegt — auf Trockensubstanz frei von zufälligen Bestandteilen (Sand, Ton u. a.) berechnet — der Kalkgehalt bei den Hochmooren stets unter 0,5%, der der Niederungsmoore stets über 2,5%. Während die Hochmoorböden an zufälligen Bestandteilen höchstens geringe Mengen von übergewehem *Sand-* oder *Tonstaub* enthalten, finden sich in den Niederungsmooren nicht selten gröfsere Beimengungen von *Sand, Ton, Wiesenkalk, Eisenerzen*. Die Übergangsmoore stehen hinsichtlich ihres Gehaltes an mineralischen Bestandteilen und an Stickstoffverbindungen zwischen Hoch- und Niederungsmoorböden. Sie sind daran um so ärmer, je mehr hochmoorbildende Pflanzen sich an ihrer Entstehung beteiligt haben.

Die in den Moorböden enthaltenen Pflanzennährstoffe, und namentlich ihr Stickstoff, sind den Kulturpflanzen um so leichter zugänglich, je vollkommener humifiziert die moorbildenden Pflanzenreste sind. Noch schneller werden die Mineralstoffe des Moorbodens für die Pflanzen aufnehmbar, wenn er gebrannt wird („Brennkultur“, s. Kulturtechnik); hierbei gehen die humussauren Salze in Karbonate über, ein Teil des Moorstickstoffs wird in Ammoniak übergeführt, auch erleiden die Phosphorverbindungen heilsame, ihre Aufnahme durch die Pflanzen erleichternde Umwandlungen, deren Natur noch nicht völlig erkannt ist. Über die lösende Wirkung, welche die mit dem Brennen verbundene Erhitzung des Moores durch Verminderung der Adsorption ausübt, s. § 102. — Im allgemeinen unterliegen die moorbildenden Pflanzen der Niederungsmoore der Zersetzung leichter, als die der Übergangsmoore, und diese leichter, als die der Hochmoore. Kräftige *Durchlüftung* und, bei den Hochmooren, *Zufuhr kalkreicher* Stoffe wirken energisch auf die Humusbildung ein. Sobald die Pflanzenreste ihre pflanzliche Struktur verloren haben, stellt sich auf beiden Moorbodenarten unter dem Einfluß geeigneter Behandlung bald *Krümelstruktur* mit ihren heilsamen Folgen ein.

Die physikalischen Eigenschaften der Moorböden werden auf das günstigste beeinflusst durch Bedeckung oder Vermischung ihrer oberen Schichten mit geeigneten mineralischen Bodenarten. Das erstere geschieht bei der Rimpauschen *Dammkultur* („Sanddeckkultur“), das letztere bei der *Niederländischen „Moorkultur“* (Sandmischkultur“) (s. Kulturtechnik). Beide Kulturverfahren haben zunächst die Wirkung, dafs der lose, weiche Moorboden an seiner Oberfläche *fester* und dem Zugvieh und schwerem Ackerwerkzeug zugänglich wird. Ferner wird das *Kapillarvermögen* der oberen Bodenschicht und damit die *Verdunstung* wesentlich herabgesetzt. Untersuchungen der Moor-Versuchs-Station ergaben, dafs von dem im Verlauf eines Jahres auf den Boden fallenden Regenmengen verdunsteten:

Auf dem nackten Moor	Auf dem an der Oberfläche mit Sand gemischten Moor	Auf dem mit grobem Sand bedeckten Moor ¹⁾
29,3 ‰	25,5 ‰	11,6 ‰

Die Vermischung und mehr noch die Bedeckung der Mooroberfläche mit mineralischem Boden wirkt mithin *feuchtigkeiterhaltend* auf den Moorboden.¹⁾ Einen so behandelten Moorboden wird man daher ohne Gefahr, daß er zu stark austrockne, weit tiefer entwässern *dürfen*, als das nackte Moor. Ja, es kann mit Hilfe der Besandung gelingen, Moorböden, die durch irgend welche Maßnahmen anscheinend viel zu trocken für die Kultivierung gelegt worden sind, selbst für den Anbau feuchtigkeitsliebender Gräser tauglich zu machen. Auf der anderen Seite wird man besandete Moore auch weit tiefer entwässern *müssen*, wenn sie nicht für Kulturpflanzen zu trocken werden sollen.²⁾

Infolge der geringeren Verdunstungsgröße und der geringeren Wasserkapazität der oberen Bodenschicht besitzt der mit Sand bedeckte Moorboden in den wärmeren, für die Vegetation besonders wichtigen Jahreszeiten eine höhere *Durchschnittstemperatur*, als der an der Oberfläche mit Sand gemischte, und dieser eine höhere als der nackte Moorboden.³⁾ Im Durchschnitt eines Jahres wurde die Temperatur bei 11 cm Tiefe wie folgt gefunden:

¹⁾ Die Ursache dieser Erscheinung liegt nahe. Auf dem nackten Moor wird das an der Oberfläche verdunstende Wasser immer wieder vermöge der starken Kapillarkraft des Moorbodens von untenher ersetzt. Bei dem mit Sand bedeckten Moor erfolgt der Ersatz weit langsamer, der Boden trocknet an der Sandoberfläche fast ganz aus, wodurch die Verdunstung erheblich herabgesetzt wird. Bei dem an der Oberfläche mit Sand gemischten Moor kann zwar der vorhandenen Moorteilchen wegen mehr Wasser an die Oberfläche gelangen, immerhin sind aber die aufsaugenden Kapillaren durch die Sandkörner derartig unterbrochen, daß der kapillare Aufstieg ein langsamerer, die Verdunstung also vermindert wird. Es kommt hinzu, daß auch das im Regen auffallende Wasser, das vom nackten Moor schon an der Oberfläche zurückgehalten wird und hier der Verdunstung anheimfällt, durch die durchlässigere Moor-Sand-Mischung und noch mehr durch die reine Sanddecke rasch hindurchdringt und so der Verdunstung entzogen wird.

²⁾ Die Gefahr der übermäßigen Bodennässe ist beim Moorboden besonders groß. Um den Pflanzen zugute zu kommen, müssen dessen Bestandteile erst Umwandlungen erleiden (s. o.), die nur bei kräftiger Durchlüftung sich vollziehen. Fehlt die letztere, so finden bei keinem Boden leichter als hier andersartige, dem Pflanzenwuchs verhängnisvolle Umsetzungen statt (§ 84).

³⁾ Ob die niedrigere Durchschnittstemperatur des nackten Moores zu einem Teil auch auf ein stärkeres Wärmeausstrahlungsvermögen der rauhen und dunklen Oberfläche zurückzuführen ist, wird durch die bisher vorliegenden Versuche noch nicht entschieden.

Im nackten Moorboden	In dem an der Oberfläche mit Sand gemischten Moor	In dem mit Sand be- deckten Moor
7,92°	8,41°	9,01°
	Differenz: 0,5°	Differenz: 0,6°.

An Stelle des von dem Erfinder der Moordammkultur Th. H. Rimpau zum Bedecken des Moores benutzten, ziemlich grobkörnigen Sandes sind mit mehr oder weniger gutem Erfolg auch andere mineralische Bodenarten verwendet worden. Überschreitet die *Grobkörnigkeit* des Sandes ein gewisses Maß, so wirkt er überhaupt nicht mehr kapillar, die Verdunstung wird völlig gehemmt, und es liegt die Gefahr vor, daß das Moor zu nafs bleibt,¹⁾ während die Sanddecke so stark austrocknet, daß die eingesäten Körner nicht zum Keimen gelangen. Sehr *feinkörniger* Sand begünstigt zwar die Verdunstung²⁾, beschränkt aber durch dichte Zusammenlagerung das Eindringen der Luft. Dasselbe läßt sich von sehr *tonreichen* Bodenarten sagen. So gut eine schwache Beimengung von tonigen Bestandteilen insofern wirken kann, als sie den losen Sand befestigt und vor dem Verwehen schützt, so unheilvoll verhält sich eine an Ton sehr reiche Decke. Sie stört die Durchlüftung und wird beim Austrocknen hart und rissig. Eine Beimengung von *Kalk* ist der Entstehung der Krümelstruktur in der Bodendecke und dadurch dem Pflanzenwuchs sehr günstig. Außerdem macht er die aus etwa vorhandenem Eisenkies entstehenden Pflanzengifte unschädlich (§ 23). Falls diese in größerer Menge im Bedeckungsmaterial oder im Moor vorhanden sind, können sie das Gedeihen der Moordammkulturen auf das äußerste gefährden.³⁾

¹⁾ Siehe darüber auch § 81.

²⁾ Bei Versuchen von M. Fleischer verdunsteten auf Moorboden, der mit Sand von verschiedener Korngröße gedeckt war, in dem gleichen (regenlosen) Zeitraum aufs Quadratmeter folgende Wassermengen:

	4	4,7	5,0	6,5	7,1	8,3 kg
Größe der Körner	über					unter
des Decksandes	0,5	0,35—0,5	0,25—0,35	0,2—0,25	0,15—0,2	0,15 mm.

³⁾ Von dem etwaigen Vorhandensein schädlicher Stoffe im Boden kann man sich leicht durch folgenden kleinen Versuch überzeugen (Fleischer: Die natürlichen Feinde der Rimpauschen Moordammkultur. II. Bericht über die Arbeiten der Moor-Versuchs-Station). Der verdächtige Boden wird in kleine Blumentöpfe gefüllt, diese mit einigen keimfähigen Haferkörnern besät und an einen luftigen, hellen Ort gestellt. Die jungen Pflänzchen sind reichlich mit Feuchtigkeit zu versehen. Ist Schwefeleisen im Boden vorhanden, so geht dieses allmählich in Schwefelsäure und Ferrosulfat (§ 23) über, die Pflanzen fangen an zu kränkeln und sterben ab. Zweckmäßig läßt man einen Parallelversuch mit zweifellos giftfreiem Boden nebenher laufen.

Um zu prüfen, ob Fehlstellen auf einer Moordammkultur auf die Anwesenheit schädlicher Schwefelverbindungen zurückzuführen sind, mischt man

§ 113. *Die Prüfung des Moorbodens auf seine land- und forstwirtschaftliche Verwertbarkeit.* Die Nutzung der Moore für landwirtschaftliche Zwecke ist keineswegs neu. Aber die früher zu ihrer Kultivierung eingeschlagenen Verfahren waren fast durchweg rein empirische Kunstgriffe und weit entfernt von einer genaueren Kenntnis der das Gelingen bedingenden Eigenschaften der verschiedenen Moorböden. Zahlreiche Versuche, Kulturmethoden, die sich auf einem Moor bewährt hatten, auf ein anderes zu übertragen, sind an diesem Mangel gescheitert. Nach unserem heutigen Wissen weisen aber die verschiedenen Moore gewisse Merkmale und teilweise zutage liegende Anzeichen auf, deren Kenntnis vor allzu großen Mißgriffen schützt und wertvolle Fingerzeige für die geeignetste Nutzungsweise und das zu wählende Kulturverfahren bietet. Wenn der Verfasser auch bemüht gewesen ist, gelegentlich der Erörterungen über Moorbildung und über Zusammensetzung und Verhalten des Moorbodens diejenigen Eigenschaften besonders hervorzuheben, die bei der Kultivierung eines Moores eine Rolle spielen, so erscheint es ihm doch nicht unnützlich, hier nochmals die Punkte zusammenzufassen, auf die der Landwirt und der Kulturtechniker vor der Inangriffnahme eines Moores sein Augenmerk vornehmlich zu richten hat.

Eingedenk des einschneidenden Einflusses, den ein Zuviel und ein Zuwenig an Wasser im Moor auf das Gedeihen des Pflanzenwuchses ausübt (§ 84, 85), wird er auf das sorgfältigste alle Umstände, die auf die Wasser- verhältnisse einwirken, zu prüfen (s. den Abschnitt „Kulturtechnik“) und ferner zu ermitteln haben, für welche Nutzungsarten und Kulturmethoden die geeignete Entwässerung beschafft werden kann. Ergibt sich hierbei, daß die für Acker-, Wiesen- oder Waldanlagen nötige Wassersenkung mit wirtschaftlich gerechtfertigten Kosten nicht zu erreichen ist, so kann doch allermeist noch eine Verwendung der Flächen zur Herstellung von Fischteichen¹⁾ oder zum Anbau von Dachrohr oder von Streugräsern²⁾ in Frage kommen.

eine Probe des Sandes in einem Wasserglas mit einer Messerspitze fein zerriebenen „roten Blutlaugensalzes“ (aus Drogenhandlungen zu beziehen) und durchfeuchtet dann das Gemenge mit wenig Wasser; die Anwesenheit von Ferrosulfat macht sich dann durch Blaufärbung der ganzen Masse oder durch das Auftreten blauer Punkte bemerklich. (Das rote Blutlaugensalz, eine Verbindung von Kalium, Eisen und dem Radikal Cyan (CN oder Cy) von der Zusammensetzung K_3FeCy_6 , gibt beim Zusammentreffen mit Ferroverbindungen, z. B. mit Ferrosulfat, eine tiefblau gefärbte Verbindung, genannt Turnbulls Blau.)

¹⁾ S. die Abhandlung von K. Knauth: „Die Moorteiche“ in seinem Werk: „Die Karpfenzucht.“ Neudamm 1901.

²⁾ Näheres darüber, über die Pflanzenbestände der Streuwiesen und ihre Behandlung s. F. G. Stebler: „Die Streuwiesen der Schweiz“ im „Landwirtschaft-

Die Verwertung von sehr nafs belegenen Mooren zur Gewinnung von Dachrohr (*Phragmites communis*) und von Gräsern zur Einstreu in Viehställe („Streuwiesen“) ist besonders in der Schweiz, sowie auch in Österreich weit verbreitet und erzielt hier in vielen Fällen Gelderträge, die dem Reingewinn aus besten Futterwiesen nicht nachstehen.

Ob die mit wirtschaftlichen Kosten zu beschaffende Entwässerung für die beabsichtigte Nutzungsart ausreicht, hängt zunächst von dieser und von der ins Auge gefassten Kulturmethode ab. Bei den norddeutschen Mooren ist für die Verwendung des *unbesandeten* Moores als *Acker* im allgemeinen eine Wasserhaltung von 60—70 cm unter Oberfläche, für die Nutzung als *Wiese* eine solche von 40—50 cm, als *Weide* eine solche von 50—60 cm anzustreben.¹⁾ Die Verwendung von Mineralboden zur Bedeckung oder Vermischung der Mooroberfläche bedingt eine Verstärkung der Wassersenkung bei der (nur für gut zersetzte Niedermoores in Frage kommenden) *Rimpauschen Ackersanddeckkultur* auf mindestens 100 cm, bei der *holländischen Ackersandmischkultur* auf etwa 90 cm. Auch *Graskulturen* vertragen und verlangen, wenn sie besandet werden sollen, eine stärkere Wassersenkung.

[Die angegebenen Zahlen beziehen sich auf die Verhältnisse in den norddeutschen, zum überwiegenden Teil im Flachland belegenen Moore. Die süddeutschen, österreichischen und schweizerischen Moore unterscheiden sich zwar hinsichtlich der Zusammensetzung ihrer Torfsubstanz nicht oder doch nicht so wesentlich von den norddeutschen, dafs sie eine *grundsätzlich* verschiedene Behandlung bei ihrer Kultur verlangten. Wohl aber können die eigentümlichen Lage-, klimatischen, Niederschlags- und Bodenwasserverhältnisse der südlichen Moore gewisse Abweichungen von den in Norddeutschland üblichen Entwässerungsmafsnahmen bedingen.²⁾

Ein grofser Teil derselben gehört den *Gebirgsmooren* an. Viele von ihnen lagern auf Gebirgskämmen („Sattelmoores“) oder auf Bergabhängen („Hangmoore“). Obwohl sie vielfach sehr quellig sind, beanspruchen sie bei ihrem meist starken Gefälle (bis zu 8 0/0!) grofse Vorsicht hinsichtlich der Entwässerungsanlagen. Die Mehrzahl dieser Moore liegt auf Moränengeröll, wo sie sich

lichen Jahrbuch der Schweiz“, 11. Bd., 1897 und F. G. Stebler: „Die besten Streupflanzen“, Bern, sowie H. Schreiber: „Leitpflanzen der Sumpfrieder“ im IX. Jahresbericht der Moorkulturstation Sebastiansberg. Staab 1908.

¹⁾ Bei der Bemessung der Wassertiefen sind die klimatischen und insbesondere die Niederschlagsverhältnisse zu berücksichtigen.

²⁾ S. darüber die sehr beachtenswerten Ausführungen von H. Schreiber-Staab in der 26. Mitgliederversammlung des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche, Heft 5/6 des Jahrgangs 1908 der „Mitteilungen“ des genannten Vereins.

über einer aus zerriebenem Moränengestein entstandenen, schwer durchlässigen Ton- oder Schlickschicht gebildet haben. Sie können bisweilen leicht dadurch entwässert werden, dafs man dem Wasser durch ein Durchstoßen der meist dünnen undurchlässigen Schicht nach unten Abflufs verschafft.¹⁾ Bisweilen soll hierbei allerdings auch die Erscheinung „artesischer“ Brunnen auftreten.

Die eigentümlichen Lageverhältnisse der südlichen Moore bringen es ferner mit sich, dafs sie weit häufiger, als es bei den norddeutschen Mooren der Fall ist, vorteilhaft mit fruchtbarem, insbesondere kalireichem Wasser bewässert werden können.

Auch die Höhenlage vieler süddeutscher, österreichischer und schweizerischer Moore (bis zu 2000 m über dem Meere), die infolgedessen lang andauernde Bedeckung mit Schnee, und ferner die gewaltigen Niederschlagsmengen in den Gebirgsmooren (nach Schreiber 400—1800 mm gegenüber 400 bis 700 mm in den norddeutschen Mooren) bedingen naturgemäß nicht selten eine andersartige Beurteilung ihres Kulturwertes.]

Eine *Besandung* des Moores ist bisweilen das einzige Mittel, um sehr trocken gelegte Flächen, bei denen eine Wasserhebung unausführbar ist, für den Grasbau geeignet zu machen.²⁾ Dafs auch die fleißige Anwendung sehr schwerer Walzen mit Vorteil zur Anfeuchtung der trocken gewordenen obersten Moorschicht dienen kann, ist S. 148 erörtert worden.

Eine Übererdung auf ungenügend entwässerten Mooren ist ängstlich zu vermeiden. An Stelle der angestrebten Erhöhung des Bodens über dem Wasserspiegel erzielt man damit namentlich bei tiefgründigen und unvollkommen zersetzten Mooren allermeist das Gegenteil, indem unter dem Druck der mineralischen Decke sich die Oberfläche senkt. Die Beeinträchtigung der Bodenwasserverdunstung (§ 85) durch das Aufbringen von Mineralboden hat, wenn nicht im ersten Jahre, so doch sicher in den folgenden das Auftreten von Sumpfgräsern zur Folge, die bald alle besseren Kulturpflanzen unterdrücken.

Nicht besandete Grasflächen kommen unter Umständen mit einer schwächeren Wassersenkung, als oben angegeben, aus, dann nämlich, wenn die das Moor durchsetzende Feuchtigkeit häufig durch frisches, Luftsauerstoff enthaltendes Wasser ersetzt wird. So kommt es nicht selten vor,

¹⁾ Gleiche Verhältnisse sind auch bei norddeutschen Mooren mehrfach beobachtet worden. So berichtet u. a. A. Jentzsch (Protokoll der 5. Sitzung der Zentral-Moorkommission 1878) von ostpreussischen Mooren, die jetzt hoch über dem Grundwasser liegen, dafs sie das zu ihrer Existenz nötige Wasser nur einer undurchlässigen Torf- oder Schlickschicht auf dem Grunde des Beckens verdanken und durch Senkbrunnen entwässert werden können.

²⁾ So gelang es der *Moor-Versuchsstation*, auf Moorflächen am Elb-Trave-Kanal, der den Wasserspiegel im Moor stellenweise bis auf 4 m unter Oberfläche gesenkt hat, mit Hilfe der Besandung eine Nutzung des Bodens als hochwertiges Grasland zu ermöglichen.

dafs ein nicht eingedeichter Wasserlauf eine Moorfläche durchströmt, der zeitweise die Entwässerungsgräben bordvoll laufen, aber bei sinkendem Wasserstande sich auch wieder entleeren läfst. In solchen Fällen kann sich bei im übrigen zweckmäßiger Behandlung neben einigen Sumpfräsern ein üppiger Wuchs von wertvollen Futterpflanzen entwickeln, wenn dieser Wechsel häufig genug eintritt und durch entsprechende Anlage und Profilierung der Abzugsgräben ein schnelles Abfließen des schädlichen Wassers aus der Vegetationsschicht ermöglicht wird. Es ist ja nicht das Wasser an sich, sondern nur die *stauende* Nässe, das mit pflanzenschädlichen Stoffen beladene, des Luftsauerstoffs entbehrende Bodenwasser, das den Kulturpflanzen gefährlich wird (§ 84).

Ob im übrigen die natürliche Vorflut ausreicht, um die oben angegebenen Entwässerungstiefen zu beschaffen, hängt keineswegs allein von der augenblicklichen, durch das Nivellement zu ermittelnden Höhenlage der Mooroberfläche ab. Durch die Kulturmafsnahmen und insbesondere durch die Entwässerungsanlagen kann, wie oben bereits angedeutet wurde, das Bodenniveau sehr erhebliche Änderungen erleiden. Weist die Torfsubstanz noch zahlreiche, mangelhaft vertorfte Pflanzenreste auf, wie das fast stets bei Mooren der Fall ist, die bisher ganz ohne Entwässerung lagen, so tritt schon mit der Abzapfung des Wassers ein Zusammensacken der aufgequollenen Torfmasse, eine Senkung der Oberfläche ein. Diese nimmt bei kräftiger Durchlüftung des Bodens mit fortschreitender Vererdung um so schneller zu, je unvollständiger die Vertorfung war, je leichter zersetzlich die torfbildende Pflanzenmasse und je tiefgründiger das Moor ist (Peilungen!). Dafs die Oberflächen-Senkung durch das Aufbringen von Mineralboden auf das Moor noch verstärkt wird, liegt auf der Hand.

Wenn nach den vorstehenden Erörterungen für die Beurteilung der Vorflutverhältnisse und für die Bemessung der Grabentiefen der Zersetzungszustand der Moorsubstanz von grösster Bedeutung ist, so verlangt dieser auch bei der Abmessung der Grabenabstände Berücksichtigung. Letztere müssen um so mehr eingeschränkt werden, je gröfser die Wasserkapazität des Moores ist, und da diese mit dem Gehalt des Torfes an unzersetzten (daher besonders stark kapillarwirkenden) Pflanzenteilen steigt, so bedarf ein wenig zersetztes Moor die Anlage zahlreicherer Gräben als ein bereits stark vererdetes.

Bei der grofsen Verschiedenheit, die die verschiedenen Moore hinsichtlich ihres Zersetzungszustandes und der gröfseren oder geringeren Zersetzlichkeit¹⁾ der torfbildenden Pflanzenteile aufweisen, lassen sich ziffermäßige Vorschriften für die Bemessung der Grabentiefen und Ab-

¹⁾ Dieselbe ist im allgemeinen gröfser bei den kalkreichen, niederungsmoorbildenden, geringer bei den hochmoorbildenden Pflanzen (§ 53).

stände für den einzelnen Fall nicht geben. Es muß dem Unternehmer überlassen bleiben, unter Berücksichtigung der allgemeinen Grundsätze und der anderwärts in gleichliegenden Fällen gesammelten Erfahrungen, seinen Entwässerungsentwurf aufzustellen und nach dessen Ausführung sorgfältig darüber zu wachen, ob die Abwässerungsanlagen im Lauf der Zeit einer Änderung bedürfen. Insbesondere auf nicht besandeten Mooren wird eine solche in den meisten Fällen, sei es durch das Verfallenlassen einzelner Gräben und durch Einlegung einfacher Stauvorrichtungen, sei es durch Vertiefung und Vermehrung der vorhandenen Gräben, leicht zu bewerkstelligen sein.

Für die Frage der Behandlung der entwässerten Moorflächen, ihrer Nutzungsart, der anzuwendenden Kulturmethoden, ihrer Düngung und der Auswahl der anzubauenden Pflanzen ist die Feststellung der *Moorart*, mit der man es im gegebenen Fall zu tun hat, unerläßlich.

Über den Charakter der *obersten* Moorschicht gibt allermeist die natürliche Flora¹⁾ sichere Auskunft. Besteht diese im wesentlichen aus Torfmoosen (meist im Verein mit Wollgräsern) oder — bei trockneren Mooren — aus den bekannten Heidepflanzen (*Calluna vulgaris*, *Erica tetralix*), denen bisweilen Rosmarinheide (*Andromeda polifolia*), Sumpfporst (*Ledum palustre*), Gagel (*Myrica gale*), Krähenbeere (*Empetrum nigrum*), Moosbeere (*Vaccinium oxycoccus*), Rauschbeere (*Vaccinium uliginosum*), Sonnentau (*Drosera*) vereinzelt, fast immer Torfmoose und Wollgras, von Holzpflanzen bisweilen Krüppelkiefern (Föhren) und Birken, beigemengt sind, so ist *Hochmoortorf* ihre unmittelbare Unterlage.

Bilden dagegen Gräser, und zwar Süßgräser (hauptsächlich *Festuca*- und *Poa*-Arten, *Phalaris arundinacea*, *Phragmites communis*) und Ried- oder Sauergräser (hauptsächlich *Carex*-Arten, häufig vermischt mit Binsen [*Scirpus*], Schachtelhalm [*Equisetum*], Disteln [*Carduus* und *Cirsium*], Brennesseln [*Urtica*], Ranunkeln, Bitterklee [*Menyanthes trifoliata*] und vielen anderen Krautgewächsen, von Holzpflanzen: Erlen, Eschen, Weiden, Eichen, Fichten, Faulbaum u. a.) den Hauptbestandteil des natürlichen Pflanzenwuchses, so wurzelt dieser in einer *Niederungsmoor-Torfschicht*.

Für das *Übergangsmoor* ist ein aus hochmoor- und niederungsmoorbildenden Gewächsen gemischter Pflanzenbestand bezeichnend. Neben den gewöhnlichen Heidearten finden sich dann, allermeist in größeren Mengen als auf dem reinen Hochmoor, *Ledum palustre*, *Myrica gale*,²⁾ *Andromeda*

1) Über die im folgenden aufgeführten Pflanzen gibt der zweite Abschnitt dieses Werkes („Botanik der kulturtechnisch wichtigen Pflanzen“) Auskunft.

2) *Myrica gale* vorherrschend auf den Mooren des Westens, *Ledum palustre* auf denen des Ostens.

poliifolia, Empetrum nigrum, Vaccinium oxycoccus, von Niedermoorpflanzen Blaugras („Pfeifengras“, „Benthalm“) bot. Molinia coerulea, Rasenschmiele (Aira caespitosa), verschiedene Seggenarten, Hypnummoose.

Wie weit sich die durch den Pflanzenbestand charakterisierte Torfschicht in die Tiefe erstreckt, kann mit Sicherheit nur durch die chemische und die botanische Analyse des Bodens selbst ermittelt werden. Jedoch bieten dem im Beobachten einigermaßen geübten Laien gewisse, auch dem unbewaffneten Auge sich nicht entziehende Pflanzenreste wichtige Anhaltspunkte für die Beurteilung. Die wohlgehaltenen gelben bis braunen, im unentwässerten Moor schwammähnlich mit Wasser vollgesogenen Torfmoose lassen den *jüngeren Moostorf* des Hochmoors deutlich hervortreten, und auch im *älteren*, im wesentlichen aus stark vertorften, dunkel gefärbten, dem bloßen Auge nicht mehr erkennbaren Sphagnum bestehenden *Moostorf* bringen die fast immer vorhandenen zähen Fasern des Eriophorum vaginatum, sowie auch Bruchstücke von Heidestengeln und von Birken¹⁾ und Kiefernholz Klarheit über die Art der betreffenden Torfschicht.

Als ausgezeichnete „Leitfossilien“ für *Niedermoor* können die Reste zahlreicher Seggen, „därmchenartige“ braune oder gelbe Wurzelstockhäute und ganz besonders die glänzende Oberhaut der Wurzelstöcke und Stengel des Dachrohrs (Phragmites comm.) mit ihren charakteristischen Knoten dienen. Auch die infolge ihres hohen Kieselsäuregehaltes schwer vertorfenden Rhizome von Schachtelhalm (Equisetum) mit anhängenden Wurzeln sind leicht zu erkennen und beweisen ebenso wie etwa vorkommende Stamm-, Ast- und Wurzelteile der besonders widerstandsfähigen Eiche das Vorhandensein von Niedermoor. Ebenso lassen gewisse, die Torfschicht durchsetzende oder nesterweise darin auftretende Ablagerungen mineralischer Natur: Ton, Lehm, Schlick, Wiesenkalk, Eisenocker, Wiesenerze (§ 24), Vivianit ohne weiteres auf den Niedermoorcharakter schließen.

Zugleich gibt das Vorkommen einiger dieser Mineralien wichtige Fingerzeige hinsichtlich der Düngung des Moores. Ist dieses reich an *Schlickstoffen* (in diesem Fall ist der Torf meist sehr stark zersetzt, er fühlt sich beim Zerreiben zwischen den Fingern „schliffig“ an; der ausgetrocknete Torf besitzt ein auffallend hohes Gewicht und verbrennt unter Zurücklassung großer Aschenmengen), so deutet dies auf häufige Überflutungen des aufwachsenden Moores mit fruchtbarem Wasser hin, und es empfiehlt sich dann, die chemische Untersuchung der Bodenproben (s. unten) auf die Bestimmung des *Kaligehaltes* auszudehnen, die bei schllickfreien Moorproben in der Regel unterbleiben kann (S. 100).

¹⁾ Besonders leicht an der silberglänzenden Rinde erkennbar.

Das leicht erkennbare Vorhandensein von *Calciumkarbonat*: Wiesen-
kalk, Wiesenmergel (Aufbrausen beim Übergießen der Proben mit Säuren,
auch mit Essig) läßt von vornherein eine Kalkung oder Mergelung des
Moores als unnötig erscheinen.

Eisenreiche Moore pflegen sich zugleich durch einen hohen Gehalt
an *Phosphorsäure* auszuzeichnen (§ 24). Das Vorhandensein größerer
Eisenmengen macht sich durch rötliche Färbung der bei starkem Eisen-
gehalt meist gut zersetzten Torfsubstanz, besonders nach dem Abtrocknen
(Maulwurfhügel, Grabenböschungen!), die gelb bis dunkelrote Farbe der
Torfasche, das Auftreten von körnigem oder größere Stücke bildendem
Raseneisenstein innerhalb des Moores, Überzug des aus dem Moor aus-
tretenden Wassers mit einem schillernden Häutchen und Abscheidung von
gelbrotem Eisenschlamm (§ 18) bemerkbar. Hervorragend reich an Phos-
phorsäure ist das meist nesterweise, bisweilen aber auch in größeren
Lagern auftretende Mineral *Vivianit* (S. 42). Es ist leicht erkennbar an
seiner weißen Farbe, die schon bei kurzem Lagern an der Luft in Blau
übergeht. Beim Übergießen mit Säuren braust es nicht auf (Unterschied
vom Wiesenkalk!).

Ist der Moorboden auf größeren Flächen *gleichmäÙsig* mit Eisen-
verbindungen durchsetzt, so kann in sehr vielen Fällen von einer Düngung
mit Phosphaten abgesehen werden.

Angeführt mag hier noch werden, daß die kalk- und eisenreichen
Moore zum Austrocknen neigen und daher besondere Vorsicht bei der Ent-
wässerung verlangen.

So schätzbar für die Voruntersuchung die oben aufgeführten äußeren
Merkmale sind, — und sie werden sich für den dieser eigentümlichen und
dankbaren Bodenart Interesse entgegenbringenden Kulturtechniker bei
wiederholter aufmerksamer Prüfung an Anzahl immer noch vermehren —
so wird doch der vorsichtige Landwirt und Techniker insbesondere bei
Vornahme größerer Moorkulturen nicht auf eine eingehende *chemische*,
physikalische und *botanische* Untersuchung des Moores verzichten wollen,
wie sie nur von einer mit allen nötigen Hilfsmitteln und insbesondere mit
reichen Erfahrungen ausgestatteten Anstalt erfolgreich durchgeführt werden
kann. Daß hier für norddeutsche Verhältnisse nur das Organ der *Zentral-
Moor-Kommission*,¹⁾ die vor 30 Jahren ins Leben gerufene *Moor-Versuchs-*

¹⁾ Die *Zentral-Moor-Kommission* ist eine im Jahre 1876 von dem da-
maligen Minister der landwirtschaftlichen Angelegenheiten Dr. Friedenthal
als ein Mittelpunkt zur Sammlung, Begutachtung und Förderung aller das
Moorwesen betreffenden Mafsregeln begründete, vom Ministerium für Landwirt-

Station in Bremen, in Frage kommen kann, bedarf keiner näheren Begründung. Ihre *chemisch*-analytischen Untersuchungen geben über den Gehalt des Moores an wichtigen Stoffen Aufschluss. Sie unterrichten den Landwirt darüber, ob es der Zufuhr von Kalk, von Stickstoff, von Phosphorsäure bedarf, in welchen Mengen, in welcher Form die einzelnen Pflanzennährstoffe dem Boden zweckmäßig einzuverleiben sind, ob z. B. die Phosphorsäure in Form der billigeren, schwerer löslichen Phosphate gegeben werden darf. Sollte eine Besandung beabsichtigt werden, so werden die eingeschickten Sandproben auf einen etwaigen Gehalt an Schwefel-eisen und dessen Abkömmlingen (freie Schwefelsäure und Eisenvitriol, § 112), sowie auf ihre Körnigkeit, ihren Humus- und Tongehalt geprüft.¹⁾

Die *botanische* Prüfung der Vegetation sowie der Bodenproben selbst klärt darüber auf, ob die erstere Pflanzen enthält, auf deren Ausrottung bei Wiesen- und Weideanlagen Bedacht genommen werden muß,²⁾ oder welche einen Umbruch des Bodens wünschenswert erscheinen lassen und welche Böden hierfür besonders eingreifende Geräte verlangen.³⁾ Die botanische

schaft, Domänen und Forsten ressortierende Zentralstelle. Ihr unterstellt ist seit 1877 als wissenschaftlich technisches Organ und als eine zur Förderung der Moorforschung und zur unmittelbaren Beratung der Moorinteressenten berufene Anstalt die *Moor-Versuchs-Station* in Bremen.

¹⁾ Von Humus schwarzgefärbte Sande sind als Bedeckungsmaterial für Ackerkulturen möglichst zu vermeiden, auch der Tongehalt des Decksandes und seine Körnigkeit können in hohem Grade seine Brauchbarkeit beeinflussen. (S. darüber die Ausführungen von M. Fleischer in den Mitteilungen des Ver. z. F. d. Moorkultur, Jahrg. 1889, S. 104; 1891, S. 92; 1896, S. 182; 1897, S. 401 und von B. Tacke ebenda, Jahrg. 1905, S. 131—132. Über die Prüfung des Decksandes auf giftige Stoffe, § 112, S. 183, Anmerkung).

²⁾ So verschiedene Giftpflanzen: Die schwer vertilgbare, auf süd- und mitteleuropäischen Niederungsmooren bisweilen in großen Mengen auftretende Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*); gewisse Ranunkelarten: Scharfer Hahnenfuß (*Ranunculus acer*), Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*). Besondere Aufmerksamkeit verlangt der sehr lästige Sumpfschachtelhalm („Duwock“, „Kattensteert“, „Hermus“) bot. *Equisetum palustre*, der nicht selten gerade auf den besten und im übrigen mit erstklassigen Futterpflanzen bestandenen Niederungsmooren auftritt und sie geradezu entwerten kann.

³⁾ Die wichtige Frage, ob der Anlage von Grasflächen ein völliger Umbruch des Moores vorausgehen muß, oder ob man sich auf ein „Wund“eggen der vorhandenen Grasnarbe und eine schwache Neuansaat beschränken darf, wird allermeist nach der Beschaffenheit der augenblicklichen Pflanzendecke zu entscheiden sein. Enthält diese viele schwer vertilgbare Unkräuter (Disteln, darunter besonders die Öldistel, „Pferdekohl“, „Wiesenkohl“, bot. *Cirsium oleraceum*, die Sumpfkrazdistel, *C. palustre*, ferner Brennnesseln mit ihrem starken Bewurzelungsvermögen u. a.), bilden die vorhandenen Gräser zähe Horste und stark

Untersuchung der Bodenproben läßt erkennen, ob die torfbildenden Pflanzen für das zu wählende Kulturverfahren bereits genügend zersetzt sind, und ob die bevorstehenden Entwässerungs- und Durchlüftungsmaßnahmen eine schnelle oder langsame Humifizierung der Moorsubstanz erwarten lassen, Ergebnisse, die, wie oben erörtert wurde, für die Beurteilung der Vorflutverhältnisse, für die Entscheidung über Grabenprofile und Grabenabstände, über Anwendung der Sanddeck- oder der Sandmischkultur maßgebend sein müssen.

Die *physikalische* Untersuchung beschränkt sich für gewöhnlich auf die Bestimmung des *Volumgewichts* (§ 98) des Bodens und dient zur Feststellung seines Dichtigkeitszustandes und zur Berechnung des den Kulturpflanzen gebotenen Vorrats an Bodennährstoffen. Diese Ermittlung ist bei der Untersuchung von Moorböden kaum zu umgehen. Während man bei der Analyse mineralischer Böden aus den Zahlen, die den prozentischen Gehalt des von Wasser freigelegten Bodens ausdrücken, unmittelbar eine Vorstellung von den vorhandenen Nährstoffmengen sich bilden kann, würde ein Vergleich dieser Zahlen mit den in gleicher Weise gewonnenen Gehaltszahlen für Moorböden zu groben Täuschungen führen.

Versteht man unter Volumgewicht das Gewicht an festen Stoffen, welche ein gewisses Bodenvolum, z. B. 1 cbm, bei einem den natürlichen Verhältnissen entsprechenden Wassergehalt enthält (S. 159), so liegt das Volumgewicht von Mineralböden etwa zwischen 800 und 1500 kg, das der Moorböden dagegen etwa zwischen 120 und 250 kg. Es stehen mithin auf dem Moorboden — auch abgesehen davon, daß ihr Wurzelgebiet hier ein beschränkteres zu sein pflegt — den Wurzeln der Kulturpflanzen weit weniger feste Bodenbestandteile zur Verfügung, als auf Mineralboden. Ergibt daher beispielsweise die Bodenanalyse, daß ein fruchtbarer Lehm Boden (mit einem Volumgewicht von 1000 kg) in der Trockensubstanz 0,25 % Stickstoff, ein trocken gedachter Hochmoorboden (mit einem Volumgewicht von 120 kg) 0,75 % Stickstoff enthält, so darf daraus keineswegs geschlossen werden, daß in letzterem den Pflanzen dreimal so viel Stickstoff zur Verfügung gestellt wird, als in ersterem. Vielmehr läßt sich aus dem Volumgewicht erkennen, daß in einem Kubikmeter Lehm Boden 2,5 kg, in einem gleichen Bodenraum des an Stickstoffprozenten weit reicheren Hochmoorbodens aber nur 0,9 kg Stickstoff enthalten sind.

verfilzte, den gewöhnlichen Acker- und Wieseneggen nicht zugängliche Wurzelmassen (*Blaugras*, *Molinia coerulea*, *Rasenschmiele*, *Aira caespitosa* u. a.), so wird zur Schaffung eines guten Keimbettes für die Neusaat von einem Umbruch und von der Anwendung besonders energisch wirkender Umbruchsgeräte nicht abgesehen werden können.

Die chemischen, physikalischen und botanischen Untersuchungen können zu maßgebenden Schlüssen natürlich bloß dann führen, wenn die untersuchten Proben den *Durchschnitt* der zu prüfenden Flächen darstellen. Um eine einwurfsfreie Probenahme möglichst zu sichern, sind von der Moor-Versuchsstation zu Bremen besondere Vorschriften ausgearbeitet worden. Sie finden sich am Schluß dieses Abschnittes als „Anhang“ abgedruckt.

Bei Beachtung der oben dargelegten Gesichtspunkte werden Landwirt und Kulturtechniker aus einer sorgfältigen Untersuchung der Wasser-, Boden- und Vegetationsverhältnisse eine möglichst zuverlässige Unterlage zur Beurteilung des Kulturwertes des vorliegenden Moores und zur Entscheidung der Frage gewinnen, ob es sich zur Verwendung als *Acker*, *Wiese*, *Weide*, als *Gartenland* oder *Holzboden* eignet. Daß das Wesen des Moorbodens dem Gedeihen von Waldbäumen keine grundsätzlichen Hindernisse bereitet, beweist das Vorkommen mächtiger Holzstämme in den tieferen Torfschichten vieler Moore, die oft nachweislich im Moorboden selbst gewurzelt haben, und ferner das vielfach noch heute zu beobachtende fröhliche Wachstum zahlreicher Holzarten auf dem Moor. Auf der anderen Seite stößt die waldbauliche Nutzung nicht nur des Hochmoors, sondern auch der an Pflanzennährstoffen weit reicheren Niederungsmoore auf Schwierigkeiten, die zum Teil wohl in der noch herrschenden Unklarheit über die geeigneten Kulturmethoden, hauptsächlich aber in den hohen Kosten der Entwässerung, Bodenbearbeitung, Düngung und Pflege der Anlagen beruhen. Wenn man diese in einzelnen Fällen, wo es sich beispielsweise um die Gewinnung besonders wertvoller Holzpflanzen (z. B. von Korbweiden) oder um den Anbau von Zierhölzern, um die Anlage von Schutzpflanzungen handelt, nicht scheuen wird, so lassen sie doch eine ausgedehnte Verwendung unserer Moore für den Waldbau nicht mehr als rentabel erscheinen.¹⁾

Günstigere Aussicht bietet die Verwertung, insbesondere auch des Hochmoors, für den Anbau von Gartenpflanzen,²⁾ Gemüsen, Obst, von Ziersträuchern (Koniferen, Rhododendren, Azaleen u. a.), wie er seit langer Zeit in den niederländischen Provinzen Groningen und Dranthe mit ausgezeichnetem Erfolg betrieben wird und auch in den nordwestdeutschen Mooren bereits Eingang gefunden hat.

¹⁾ Siehe u. a. die Mitteilungen des Königlichen Oberförsters Krahmer-Schmolsin in den Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reich, Jahrg. 1908, S. 42 ff.

²⁾ Siehe u. a. die Vorschläge des Ökonomierats Echtermeyer-Dahlem („Gärtnerei auf Moor“) in den Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reich, Jahrg. 1908, S. 50 ff.

Die vorstehenden Erörterungen werden weiterhin den aufmerksamen Leser davon überzeugt haben, wie wichtig die peinlichste Prüfung aller vorliegenden natürlichen Verhältnisse ist, bevor man sich zur Herstellung von *Sanddeck-* oder *Sandmischkulturen* auf dem Moor entschließt.

Dafs bei der Kostspieligkeit derartiger Anlagen auch die ihre Rentabilität beeinflussenden *wirtschaftlichen* Vorbedingungen einer gründlichen Untersuchung bedürfen, kann an dieser Stelle nicht näher besprochen werden, soll aber auch nicht unerwähnt bleiben.¹⁾

¹⁾ S. darüber u. a. M. Fleischer: „Über intensive Moorkultur“, Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur, Jahrg. 1895, S. 97 ff., und ferner W. Beseler: „Ackerkultur auf Moorboden“, ebenda, Jahrg. 1908, S. 24 ff.

Anhang.

Anweisung der Moor-Versuchsstation Bremen zur Entnahme von Bodenproben behufs chemischer und physikalischer Untersuchung.¹⁾

Da die chemischen und physikalischen Eigenschaften der für die Kultivierung bestimmten Moore das Gedeihen der Kulturen wesentlich beeinflussen und sehr häufig für die Art und Weise der Benutzung maßgebend sind, so ist es unerlässlich, vor der Inangriffnahme irgend welcher Kultur auf Flächen, über deren Verwertbarkeit genügende Erfahrungen noch nicht vorliegen — neben Feststellung der Wasserverhältnisse und sonstiger die Vegetation beeinflussender Faktoren —, den Boden auf seine chemische Zusammensetzung und diejenigen physikalischen Eigenschaften zu prüfen, welche für das Pflanzenwachstum besonders wichtig sind.

Soll aber die Untersuchung einwurfsfreie Resultate ergeben, so ist es vor allem geboten, bei der Entnahme der Proben die größte Sorgfalt und alle Vorsichtsmaßregeln zu beachten, um denselben den Charakter der *Durchschnittsproben* zu sichern.

Zu dem Zwecke stelle man zunächst durch Beobachtung des augenblicklichen Pflanzenwuchses und der äußeren Bodenbeschaffenheit fest, ob die in Betracht kommenden Ländereien

- a) einen einheitlichen Charakter tragen,
- b) bedeutende Verschiedenheiten aufweisen.

Im Falle a verteile man die Probennahme gleichmäßig über die ganze Fläche in der Weise, daß man an möglichst vielen Stellen die lebende Bodennarbe möglichst *flach* abschält und

1. Proben von etwa 1—2 kg von der Oberfläche bis zu 20 cm Tiefe,
2. Proben von etwa 1—2 kg von 20 cm Tiefe bis zur Sohlentiefe der vorhandenen oder noch zu ziehenden Entwässerungsgräben aushebt.
3. Für den Fall, daß die Gräben überall oder an einzelnen Stellen schon in den mineralischen Untergrund einschneiden, halte man den (eben-

¹⁾ Die von der Moor-Versuchsstation zu beziehende Vorschrift enthält auch Anweisungen über die Entnahme von Moorproben behufs Untersuchung auf ihre Tauglichkeit zur Torfstreu- und Brenntorfbereitung. Auch gibt sie Auskunft über die Untersuchungskosten.

falls einzusendenden) mineralischen Teil (Probe 3) von dem moorigen Teil der Probe 2 gesondert.

Sämtliche Einzelproben aus der Oberflächenschicht (unter 1) werden auf das sorgfältigste durcheinander gemischt, daraus ein Durchschnittsmuster von mindestens 2—3 kg entnommen und in einen vorher mit unauslöschlicher Farbe nummerierten *reinen* Beutel verpackt. Ebenso gewinnt man je eine Durchschnittsprobe aus den tieferen Schichten (unter 2 und 3).

Im Falle b verfähre man auf jeder einzelnen der untereinander verschiedenen Flächen für sich genau wie auf Fläche a und entnehme somit weitere Durchschnittsproben: 1a, 2a usw., 1b usw.

Ist der Moorstand geringer als 20 cm, so ist in der angegebenen Weise je eine Durchschnittsprobe aus der eigentlichen Moorschicht und aus dem mineralischen Untergrunde zu nehmen.

Finden sich in der Nähe des Moores oder in erreichbarer Tiefe des Untergrundes mineralische Bodenarten: Sand, Lehm, Mergel, Wiesenkalk u. dergl., die möglicherweise für die Meliorierung des Moorbodens Bedeutung gewinnen könnten, so sind auch hiervon Durchschnittsproben von 1—1½ kg zu entnehmen und mit einer genauen Beschreibung der Lageungsverhältnisse, des räumlichen Umfanges usw. zu versehen.

Fragebogen.

1. Zu welchem Moorkomplex gehören die fraglichen Moorländereien?
2. In welchem Flufsgebiet liegen sie?
3. Regierungsbezirk und Kreis?
4. Ist die Fläche bereits zu Torfstich benutzt worden, und welche Eigenschaften hat der Torf? Verbrennt er ohne unangenehmen Geruch?
5. Ungefähre Gröfse der zu untersuchenden Flächen:
6. Ungefähre Gröfse des ganzen Moorgebietes:
7. Durchschnittliche Tiefe des Moorstandes:
8. Gröfste und kleinste Tiefe des Moorstandes:
9. Kommen in der Nähe des Moores oder in erreichbarer Tiefe mineralische Bodenarten vor und welche?
10. Trägt die Fläche ihrer Vegetation nach einen einheitlichen Charakter oder zeigen sich gröfsere Verschiedenheiten?
11. Welche Gewächse trägt das unkultivierte Moor?
12. Ist die Fläche bereits ganz oder zum Teil landwirtschaftlich benutzt und gedüngt worden, und wie?
13. (Event.) Welche Gewächse sind besonders gut gediehen, welche nicht?
14. Bis zu welcher Tiefe läfst sich die fragliche Fläche auf natürlichem Wege entwässern?
15. Welche Art der Melioration ist beabsichtigt?

Die Proben sind *in frischem Zustande, gut und jede für sich verpackt*, zur Untersuchung an die Moor-Versuchsstation in Bremen einzusenden.

Es ist wünschenswert, daß von jeder zu untersuchenden Fläche ein etwa 30 cm langes und breites Stück der ursprünglichen Bodennarbe (Gras-, Heide-, Moosnarbe oder dergl.) mit den darauf befindlichen Pflanzen in unverletztem Zustande eingesandt wird. Die Auswahl des Narbenstückes ist so zu treffen, daß dadurch eine einigermaßen richtige Vorstellung von dem durchschnittlichen gegenwärtigen Pflanzenbestande der Moorfläche gewonnen werden kann. Ist dieser Bestand sehr verschieden, so sollten, falls nicht überhaupt Fall b der Probenahme Platz greift, mehrere Narbenproben von derselben Fläche eingesandt werden. Die Narbenproben werden am zweckmäßigsten nach der Entnahme mit einer Bezeichnung versehen, in besondere Kistchen verpackt und möglichst bald mit der Post abgeschickt, damit die Pflanzen in noch erkennbarem Zustande eintreffen.

Wenn die Anlage von Dauerweiden oder -Wiesen beabsichtigt wird, ist es von allergrößter Wichtigkeit, mehrere derartige Narbenstücke von jeder Fläche einzusenden, und zwar bei Unterschieden im Niveau der einzelnen Fläche mindestens je eines von dem höheren und von dem tieferen Teile. Befinden sich in der Nähe auf demselben Boden gute Dauerweiden oder -Wiesen, so ist es sehr erwünscht, daß auch von diesen eine charakteristische Narbenprobe oder eine etwa 1 kg große Durchschnittsprobe des Heues eingereicht wird.

Da durch die Herstellung der unter 1 genannten Mischprobe die natürliche Lagerung und Struktur des Moorbodens unter Umständen stark geändert werden kann, ist ferner noch die Einsendung mindestens eines, besser mehrerer Bodenwürfel von 10 cm Kante aus der Oberflächenschicht des Moores bis 20 cm Tiefe, welche die durchschnittliche Beschaffenheit der Oberfläche in ungestörter Lagerung darstellen, anzuraten.

Es muß mit Rücksicht darauf, daß die Probenahme vielfach nicht genau nach vorstehender Anweisung geschieht, ausdrücklich darauf hingewiesen werden, daß nur streng nach Vorschrift genommene Proben der Untersuchung unterzogen werden. Insbesondere ist, wenn auch Narbenproben mit einer stärkeren Schicht anhaftender Bodenmasse eingesandt werden, die Herstellung vorschriftsmäßig entnommener *Durchschnittsproben* der Oberflächenschicht nicht zu unterlassen.

Literatur zum I. Abschnitt.

- Appelt, E., Pflanze und Boden. Breslau, W. G. Korn, 1889.
- Baumann, A., Moore und Moorkultur in Bayern. Forst- und naturwissenschaftl. Zeitschr., München 1894—1898.
- Berichte über die Arbeiten der Königlich bayerischen Moorkulturanstalt. München, Rieger, 190?—1906.
- Mitteilungen der Königlich Moorkulturanstalt. Stuttgart, Ulmer, 1907.
- Berendt, G., Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte, Bd. II, Heft 3; Bd. III, Heft 3 u. a.
- Biedermann, B., Beiträge zu der Frage der Bodenabsorption. Chemnitz, E. Focke, 1869.
- Braungart, R., Die Wissenschaft in der Bodenkunde. Berlin u. Leipzig 1876.
- Credner, Elemente der Geologie, X. Aufl. Leipzig, W. Engelmann, 1906.
- Detmer, W., Die naturwissenschaftlichen Grundlagen der allgemeinen landwirtschaftlichen Bodenkunde.
- Fesca, M., Die agronomische Bodenuntersuchung und -kartierung. Berlin, Wiegandt, Hempel und Parey, 1879.
- Beiträge zur agronomischen Bodenuntersuchung und -kartierung. Berlin, Paul Parey, 1882.
- Fischer, A., Vorlesungen über Bakterien. Jena, G. Fischer, 1903.
- Fischer, H., Über Probleme der Bodenbakteriologie. Deutsche Landw. Presse 1908, No. 20, 21.
- von Fischer-Benzon, Die Moore der Provinz Schleswig-Holstein. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins für Hamburg, Bd. XI, Heft 3.
- Fleischer, M., Mitteilungen über die Arbeiten der Moor-Versuchsstation in Bremen, I, II, III. Berlin, Paul Parey, 1883, 1886, 1891.
- Die Torfstreu, ihre Herstellung und Verwendung. Bremen, M. Heinsius Nachf., 1890.
- Zahlreiche Berichte in den Protokollen der Zentral-Moorkommission und in den Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur. Berlin, Paul Parey.
- Früh, J., Torf und Dopplerit. Zürich, J. Wurster, 1883.
- Früh, J., und Schröter, C., Die Moore der Schweiz. Bern 1904.
- Gräbner, P., Handbuch der Heidekultur. Leipzig, W. Engelmann, 1904.
- Die Heide Norddeutschlands. Leipzig, W. Engelmann, 1901.
- Griesebach, Über die Bildung des Torfs in den Emsmooren. Göttinger Studien 1845. Göttingen 1846.

- Gruner, H., Grundrifs der Gesteins- und Bodenkunde. Berlin, Paul Parey, 1896.
— Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte. Blatt Lohm. Berlin, Paul Parey, 1896.
- Hellriegel, H., Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn, 1883.
- Jahrbuch der preussischen geologischen Landesanstalt und Bergakademie, 1900 bis 1904.
- Jentzsch, A., Die Moore der Provinz Ostpreußen. Protokoll der 5. Sitzung der Zentral-Moorkommission. Berlin 1878.
- Keilhack, K., Einführung in das Verständnis der geologisch-agronomischen Spezialkarten des norddeutschen Flachlandes. Berlin 1901.
- Knop, Der Kreislauf des Stoffs. Leipzig, H. Haessel, 1868.
— Die Bonitierung der Ackererde. Leipzig, H. Haessel, 1872.
- Kohlenberg, A., Das schwimmende Land von Waakhausen. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, Bd. XV, 1897.
- König, J., Die Pflege der Wiesen. Berlin, Paul Parey, 1893.
- König, J., und Böhmer, C., Über die Veränderungen und Wirkungen des Rieselwassers bei der Berieselung. Landwirtschaftl. Jahrbücher 1882—1885.
- Koppens, J., und Bersch, W., Zeitschrift für Moorkultur und Torfverwertung. Jahrgang 1903—1907.
- Krische, P., Verwertung d. Kalis i. Industrie u. Landwirtschaft, Halle a. S. 1908.
- Lemberg, J., Über Silikat-Umwandlungen. Inaugural-Dissertation. Dorpat 1877.
- Lorenz, J. B., Über Torfbildung. Entstehung, Verwendung, Wiedererzeugung des Torfs. Salzburg 1854.
- Mayer, Ad., Lehrbuch der Agrikulturchemie. Heidelberg, C. Winter.
- Meitzen, A., Der Boden und die landwirtschaftlichen Verhältnisse des Preussischen Staates, Bd. V. Berlin, Paul Parey, 1894.
- Mitscherlich, A., Untersuchungen über die physikalischen Bodeneigenschaften. Habilitationsschrift. Merseburg 1901.
— Bodenkunde für Land- und Forstwirte. Berlin, Paul Parey, 1905.
- Müller, Arthur, Allgemeine Chemie der Kolloide. Leipzig, Barth, 1907.
- Noeggerath, J., Der Torf. Virchow und v. Holtzendorff, Sammlung wissenschaftlicher Vorträge. Berlin 1875, Ser. X, Heft 230.
- Noll, F., Pflanzenphysiologie und Schenck, H., Kryptogamen in Lehrbuch der Botanik von Straßburger, Noll, Schenck und Korsten, 9. Aufl. Jena 1908.
- Orth, A., Beiträge zur Bodenuntersuchung. Berlin, S. Calvary & Co., 1868.
— Kalk- und Mergeldüngung. Berlin, Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft, 1896.
- Ramann, E., Forstliche Bodenkunde und Standortslehre. Berlin 1893.
— Die v. Postschen Arbeiten über Schlamm, Moor, Torf und Humus. Landwirtschaftliche Jahrbücher, Berlin 1888.
— Anzahl und Bedeutung der niederen Organismen im Wald- und Moorboden. Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen, Berlin 1899.

- Ramann, E., Organogene Ablagerungen der Jetztzeit. Neues Jahrbuch für Mineralogie usw. Bd. X.
- Roth, J., Allgemeine u. chemische Geologie. Berlin, W. Hertz, 1879, 1887, 1893.
— Flufswasser, Meerwasser, Steinsalz. Virchow und v. Holtzendorff, Sammlung wissenschaftlicher Vorträge, Serie XIII, Heft 306.
- Sachse, R., Lehrbuch der Agrikulturchemie. Leipzig, H. Haessel, 1888.
- Salfeld, A., Die Kultur der Heideflächen. Hildesheim, Gerstenberg, 1882.
— Die Bodenimpfung. Bremen, M. Heinsius Nachf., 1896.
- Schacht, T., Einiges über die Entstehung der Moore. Blätter für Moorkultur, Torfverwertung und Meliorationswesen. Deutsche Landwirtschaftliche Presse, Jahrg. X, No. 50.
- Schmidt, C., Chemische Untersuchung der Schwarzerden. Baltische Wochenschrift, Dorpat 1880, 1881.
- Schmoeger, M., Über den Phosphor im Moorboden. Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft, Jahrg. XXVI, Heft 3.
— Untersuchungen über einige Bestandteile des Moores. Landwirtschaftliche Jahrbücher, Berlin 1896.
- Schreiber, H., Österreichische Moorzeitschrift, Jahrgang 1900—1907.
- v. Seelhorst, C., Acker- und Wiesenbau auf Moorboden. Berlin, Paul Parey, 1892.
- Sendtner, O., Die Vegetationsverhältnisse Süd-Bayerns. München 1854.
- Senfft, F., Die Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen. Leipzig, W. Engelmann, 1862.
— Der Erdboden nach Entstehung, Eigenschaften und Verhalten zur Pflanzenwelt. Hannover, Hahn, 1888.
- Svenska, Mosskultur Föreningens. Tidskrift, Jahrgang 1887—1907.
- Tacke, Br., Mitteilungen über die Arbeiten der Moor-Versuchsstation in Bremen, IV. Berlin, Paul Parey, 1898.
— Zahlreiche Berichte und Abhandlungen in den Protokollen der Zentral-Moorkommission und in den Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur. Berlin, Paul Parey u. a.
— Verein zur Förderung der Moorkultur: Die Entwicklung der Moorkultur in den letzten 25 Jahren. Berlin, Paul Parey, 1908.
- Verein zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche, Mitteilungen des Jahrgang 1883—1907.
- Vofslor, O., Die Begründung der landwirtschaftlichen Bodenkunde durch die heutige Geognosie. Festrede. Hohenheim 1868.
- Wahnschaffe, F., Anleitung zur wissenschaftlichen Bodenuntersuchung. Berlin, Paul Parey, II. Aufl. 1903.
- Weber, C. A., Über die Vegetation und Entstehung des Hochmoores von Augstimal im Memeldelta. Berlin, Paul Parey, 1902.
— Bericht über die Tätigkeit des Botanikers der Moor-Versuchsstation. Protokoll der 29. Sitzung der Zentral-Moorkommission. Berlin, Paul Parey, 1897.

- Weber, C. A., Über die Vegetation zweier Moore bei Sassenberg in Westfalen. Abhandlungen des naturwissenschaftl. Vereins zu Bremen, Bd. XIV, Heft 2.
- Über die fossile Flora von Honerdingen usw. Zur Kritik interglazialer Pflanzenablagerungen. Abhandlungen des naturwissenschaftlichen Vereins zu Bremen, Bd. XIII, Heft 3.
- Zahlreiche Mitteilungen in verschiedenen Zeitschriften.
- Wicke, H., Eine Exkursion nach dem schwimmenden Lande von Waakhausen. Journal für Landwirtschaft, Jahrg. 1868.
- Wohltmann, F., Die chemische Untersuchung des Bodens und ihre Bedeutung für die Bonitierung des Ackers. Illustr. Landw. Zeitung, 19. Jahrg., 1899, No. 84 u. 85.
- Wolff, E., Der grobsandige Liaskalkstein von Ellwangen. Stuttgart, E. Schweizer, 1871.
- Der weiße Jura. Stuttgart, E. Schweizer, 1878.
- Wollny, E., Zahlreiche Abhandlungen in der Zeitschrift „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik“.
- Zentral-Moorkommission, Protokolle der Sitzungen der. Jahrgang 1876—1907.

Nachweis der im Text genannten Autoren.

- Ahrens, F. 167.
 v. Bennigsen Förder 132.
 Berendt, G. 129.
 Beseler, W. 194.
 Birkelund 48.
 Boussingault, J. B. J. D. 151.
 Brunnemann, C. 166.
 Credner, H. 57.
 Darwin, Ch. 134.
 Detmer, W. 95.
 Dumont, J. 161.
 Echtermeyer 193.
 Einecke, A. 164.
 Emeis 73.
 Engler, K. 85.
 v. Feilitzen, H. 139.
 Fischer, A. 89.
 Fischer, H. 88.
 Fleischer, M. 47, 139, 151, 166, 183,
 191, 194.
 Früh, J. 111.
 Geologische Landesanstalt 100, 103,
 122, 132.
 Gerstmann, H. 166.
 Griesebach 111, 113.
 Gruner, H. 123.
 Hanamann, J. 172.
 Hellriegel, H. 86, 88, 129, 144, 145,
 146.
 Hiltner 91.
 Jentsch, A. 186.
 Keilhack, K. 125.
 Kifsling, R. 151.
 Klockmann, F. 57.
 Knauthe, K. 184.
 Knop, W. 121, 132.
 König, A. 166.
 König, J. 149.
 Kraemer 148, 193.
 Krämer, G. 85.
 Kreydt 171.
 Krocker, E. 172.
 Kühn, J. 132.
 Lang, C. 154.
 Mitscherlich, A. 153.
 Moor-Versuchsstation 47, 64, 82, 91,
 100, 114, 115, 138, 139, 147, 148,
 149, 151, 158, 166, 170, 172, 181,
 183, 186, 195.
 Nobbe, F. 91.
 Noll, F. 146.
 Ostwald, W. 165.
 Pfeiffer, Th. 164.
 Potonié, H. 99.
 Quincke, G. H. 166.
 Ramann, E. VI, 147, 158.
 Rimpau, H. 134, 141, 147, 148, 181.
 Sachs, J. 145.
 Salfeld, A. 91.
 Schlösing (Sohn) 90.
 Schmidt, C. 158.
 Schöne 132.
 Schreiber, H. 185, 186.
 Schultz-Lupitz 146.
 v. Seelhorst, C. 171.
 Sendtner, O. 113.
 Senft, F. 57.
 Seyfert, F. 149.
 Stebler, F. G. 184, 185.
 Tacke, B. 147, 148, 166, 167, 170,
 186, 191.
 Thaer, A. 120.
 Tolf, R. 111.
 Torell, O. M. 71.
 Vanha, J. 166.
 Weber, C. 99, 100, 109, 111, 112, 113.
 Wilms 171.
 v. Wolff, E. 80, 158, 172.

Zweiter Abschnitt.

Botanik der kulturtechnisch wichtigen Pflanzen.

EINLEITUNG.

Übersicht des Pflanzenreichs. Alle Pflanzen zusammen bilden das Pflanzenreich. Dieses zerfällt in zwei große Haupt-Abteilungen:

- I. *Kryptogamae*, blütenlose oder Sporenpflanzen, niedere Pflanzen.¹⁾
- II. *Phanerogamae*, neuerdings nach Engler *Siphonogamae* genannt, Blüten- oder Samenpflanzen, höhere Pflanzen.

Eine Spore unterscheidet sich vom Samen dadurch, daß in ihr kein Keim, kein Embryo enthalten, während in einem Samen die künftige Pflanze als kleines Gebilde, Embryo, bereits vorhanden ist.

Die Kryptogamae kann man einteilen in folgende Abteilungen:

- I. *Myxothallophyta*, Schleim-Lagerpflanzen.
- II. *Thallophyta*, Lagerpflanzen.
 - I. Klasse: *Schizophyta*, Spaltpflanzen.
 - II. „ *Algae*, Wasserfäden, Algen.
 - III. „ *Fungi*, Pilze.
- III. *Archegoniatae*.
 - I. Klasse: *Bryophyta*, Moospflanzen.
 - II. „ *Pteridophyta*, Farnpflanzen im weiteren Sinne.

Die Phanerogamae zerfallen in:

- I. Klasse: *Gymnospermae*, Nacktsamige (Samen *nicht* in einem Fruchtknoten).
- II. „ *Angiospermae*, Bedecktsamige (Samen in einem Fruchtknoten).

Die letztere Klasse umfaßt fast alle Bäume, Sträucher und Kräuter. Sie zerfällt in:

- I. Unterklasse: *Monocotyledones*, Einkeimblättrige.
- II. „ *Dicotyledones*, Zweikeimblättrige.

¹⁾ Nur beim *ersten* Vorkommen der Pflanzennamen wird, wo es zweckmäßig erscheint, die Betonung angedeutet.

HAUPTABTEILUNG I: KRYPTOGRAMAE.

Kapitel I.

Erläuterung zu den Einzelabteilungen der Kryptogamen.

§ 1.

I. Abteilung, Myxothallophyta. Zu ihr gehören nur die *Myxomycetes* oder Schleimpilze. Es sind Pflanzen ohne Chlorophyll (Blattgrün), deren Vegetationskörper (Plasmodium) eine aus membranlosen Zellen bestehende Protoplasmamasse ist. Die Sporen entstehen meist im Innern von Behältern (Sporangien). Hierher die Lohblüte, bildet dottergelbe Schleimmassen auf Lohe. Die Schleimpilze haben oft eine amöbenartige Bewegung und stehen an der Grenze zwischen den niedersten Pflanzen und niedersten Tieren; man bezeichnet sie auch als Pilztiere.

§ 2.

II. Abteilung, Thallophyta oder Lagerpflanzen haben einen Vegetationskörper, der meist noch nicht in Stamm und Blatt gegliedert ist und deshalb als Thallus oder Lager bezeichnet wird. Sie haben niemals echte Wurzeln und auch keine Gefäßsbündel (Adern oder Nerven), sondern bestehen nur aus Zellen.

1. Klasse: *Schizophyta* sind meist sehr kleine, einzellige Pflanzen, die sich durch Zweiteilung vermehren. Sie zerfallen in zwei Unterklassen:

1. *Schizomycetes*, Spaltpilze oder Bakterien. Meist farblos.
2. *Schizophyceae* oder *Cyanophyceae*, Spaltalgen. Meist blaugrün. Hierher die Wasserblüte, *Anabaena flos aquae* und *Aphanizomenon flos aquae*.

Die 2. Klasse, *Algae*, umfaßt teils einzellige, teils vielzellige, meist im Wasser lebende, gewöhnlich rein grün, auch gelb, braun oder rot gefärbte Pflanzen. Hierher kann man auch die *Flagellatae* oder *Geißelträger* rechnen, einzellige, meist bewegliche Gebilde, Bewegung mittels 1 oder mehrerer Geißeln am vorderen Ende; mit 1 oder 2 pulsierenden Vakuolen, die sich teilweise tierisch ernähren. Viele im Wasser. — Ferner die *Dinoflagellatae* oder *Peridineen*, sehr klein, einzellig, Bewegung mittels einer Längs- und einer Quergeißel, die aus einem Querspalt der Membran hervortritt. Häufig kettenförmig vereint, einen großen Teil des *Planktons*, d. h. der im Wasser schwebenden Organismen bildend und für die Ernährung der Wassertiere wichtig. Ähnlichen Anteil am Plankton nehmen z. T. auch die *kieselchaligen Algen* oder *Diatomeen*, die im abgestorbenen Zustande mitunter mächtige Ablagerungen: Kieselgur,

Infusorienerde, bilden. Auch die sog. efsbaren Erden bestehen aus Diatomeen. — Zu den größeren Algen gehören die meist grünen Wasserfäden (Konferven), die braunen und roten Tange usw.; ferner auch die Gattung Chara, Armleuchter, die einem Schachtelhalm etwas ähnlich sieht und sich in kalkhaltigen Gewässern mit Kalk inkrustiert, z. B. *C. fragilis*, zerbrechliche Chara. (Ähnlich Nitella, ohne Kalkinkrustation.) Beide meist in gutem Rieselwasser, obwohl der Geruch unangenehm, phosphorartig. Die Algen assimilieren die Kohlensäure des Wassers und scheiden dabei Sauerstoff aus, der wieder von den Wassertieren eingeatmet wird und reinigen daher das Wasser. In großen Mengen verunkrauten sie freilich die Gräben usw.

Die 3. Klasse *Fungi*, Pilze sind in mancher Beziehung den Algen ähnlich, haben aber kein Chlorophyll und müssen sich deshalb von anderen Pflanzen oder Tieren als Parasiten oder von organischen Verbindungen als Saprophyten (Fäulnisbewohner) ernähren. Viele sind den Pflanzen schädlich, so der Kartoffelpilz, der Meltau, das Mutterkorn, die Rost- und Brandpilze usw.

§ 3.

III. Abteilung, Archegoniatae. Meist in Stamm und Blatt gegliedert, mit zwei verschiedenen Generationen (Generationswechsel).

1. Klasse, *Bryophyta*, Moospflanzen. Ohne echte Wurzeln und ohne Gefäßbündel (Adern), bei den niedersten Formen noch ein Thallus. Aus der Spore entwickelt sich ein grüner, algenähnlicher, meist verzweigter Faden, Vorkeim, *Protonema* (wörtlich Vorfaden) genannt. Bei

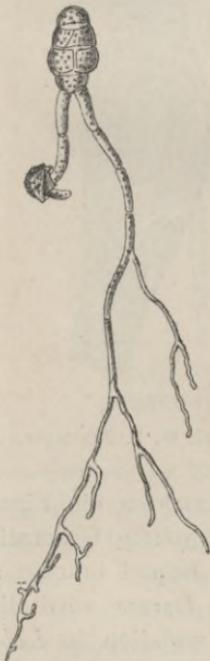


Fig. 1.

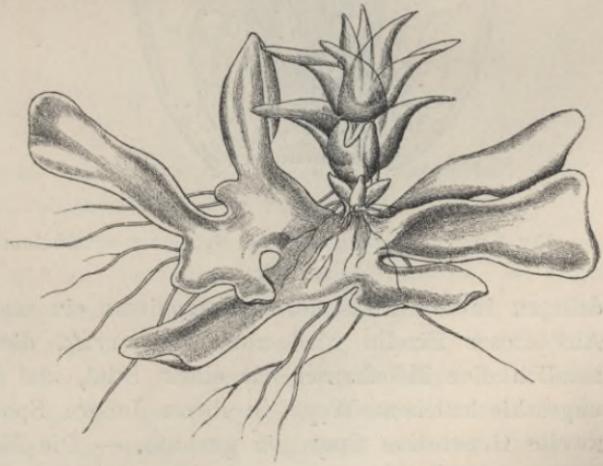


Fig. 2.

Fig. 1 und 2. *Sphagnum acutifolium*. Vorkeim (Protonema mit Knospe) und daraus sich entwickelnde Moospflanze. (Nach Schimper.)

den *Torfmoosen* ist dieses Protonema, wenn die Sporen nicht im Wasser, sondern auf dem Lande keimen, flächenförmig. An diesem Protonema entsteht eine Knospe, die sich zur *Moospflanze* entwickelt (Fig. 1 u. 2). Das Protonema mit der daraus hervorgegangenen Moospflanze wird als *erste* oder proembryonale Generation bezeichnet. Die Moospflanze trägt Archegonien und Antheridien. Die Archegonien (Fig. 3 u. 4) sind die weiblichen (♀) Organe, sie haben die Gestalt einer Flasche oder eines Kochkolbens; im bauchigen Teil dieses Archegoniums bildet sich eine Zelle zur Eizelle aus. — Die Antheridien, die männlichen (♂) Organe (Fig. 5 u. 6), sind kugelige, ei- oder keulenförmige Körper, in deren Innern sich spiralig gewundene Samenfäden, Spermatozoiden bilden. Diese

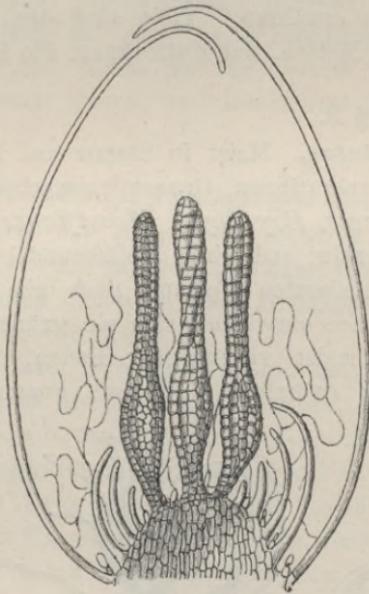


Fig. 3.

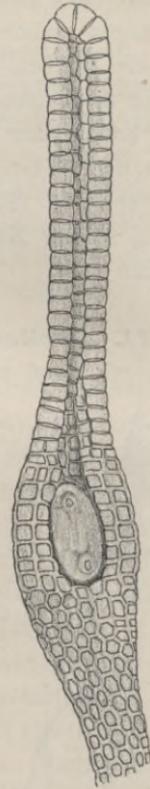


Fig. 4.

Fig. 3 und 4. Archegonien von *Sphagnum acutifolium*. (Nach W. P. Schimper.)

dringen in den Hals des Archegoniums ein und befruchten die Eizelle. Aus dieser Eizelle wird nun eine *zweite*, die embryonale Generation, nämlich eine Mooskapsel mit einem Stiel, und diese Kapsel erzeugt auf ungeschlechtlichem Wege in ihrem Innern Sporen. Darum wird diese zweite Generation Sporogon genannt. — Die Moose zerfallen in *Lebermoose* und *Laubmoose*, zu letzteren gehören auch die Torfmoose, die *Sphagnum*-Arten.

Die *Torfmoose* bilden eine besondere Familie, *Sphagnaceae*, mit nur 1 Gattung, *Sphagnum*, die aber zahlreiche Arten enthält (Fig. 7). Sie leben im Sumpf und bilden große Polster, die durch ihre weißliche Farbe auffallen. Alljährlich, meist gleich nach der Sporenreife (Mitte Sommer), bildet sich unter der Spitze des Hauptstengels ein Seitenspross, welcher ebenso hoch wird wie der unbegrenzt weiter wachsende Hauptstengel und auch ebenso wie dieser Kapseln tragen kann. Die übrigen Zweige stehen anfangs an der Spitze dicht beisammen, später rücken sie auseinander, viele schlagen sich zurück und hängen schlaff am Hauptstengel herunter. Dadurch entstehen gewissermaßen Kapillarräume, in denen das Wasser aufsteigen kann. Aber nicht genug damit. Diese peitschenförmigen Äste haben in ihrem lockeren Rindengewebe besondere

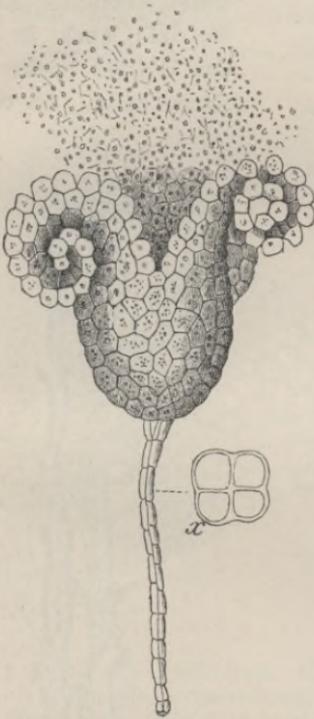


Fig. 5. Antheridium

eines Torfmooses, *Sphagnum acutifolium*, nach W. P. Schimper.

Fig. 6. Spermatozoiden

retortenförmige Zellen, die an der Spitze offen sind (Fig. 8). In diesen kann sich das Wasser lange halten. Indem die Stämmchen von unten absterben und schließlich sich in Torf umwandeln, werden die Tochterspore zu selbständigen Pflanzen. Die peripherischen Zellen der Stämme sind bei einigen Arten, z. B. *Sphagnum cymbifolium*, innen durch zierliche Spiralfasern an der Innenseite der Zellwand versteift (Fig. 9). Außerdem stehen die Zellen durch Löcher mit einander und der Außenwelt in Verbindung.

Die *Blätter* der Torfmoose (Fig. 10 bis 13) sind höchst eigentümlich gebaut. Sie haben zweierlei Zellen: sehr große farblose, etwas langgestreckte, die als *Wasserspeicher* dienen, und zwischen diesen kleine, mit Blattgrün erfüllte. Die großen Wasserzellen sind ähnlich wie die

Rindenzellen des Stammes oft inwendig versteift, meist durch *ringförmige*, seltener spiralförmige Wandverdickungen und haben meist ebenfalls *Löcher*, so daß auch in ihnen das Wasser leicht zirkulieren kann. So vermag



Fig. 7. *Sphagnum cymbifolium*.
Kahnblättriges Torfmoos.
(Fig. 7 und 8 nach W. P. Schimper.)



Fig. 8. *Sphagnum cymbifolium*.
Rindengewebe des Stengels mit
retortenförmigen Zellen.

denn das Torfmoos äußerst leicht das an der Spitze verdunstende Wasser von unten zu ersetzen.

Die Torfmoose bilden den Hauptbestandteil der Hoch- oder Heide-moore; doch kommen auch andere Moose auf diesen vor, namentlich die durch ihre schöne seidenhaarige Mütze auf der Kapsel ausgezeichneten

Polytrichum-Arten (Fig. 13). Alle Moose sind der grofse Schwamm der Natur, alle halten zwischen ihren meist dichtstehenden Blättern das Wasser fest und geben es langsam wieder ab. Sie verhindern das zu schnelle Herabstürzen des Regenwassers von den Bergen und dadurch auch die Überschwemmungen. Viele Moose gedeihen aber nur im Walde; auch in dieser Beziehung ist der Wald sehr nützlich. Wo kein Wald, da wenig Quellen. — Die Sphagna der Hochmoore sind kalkfeindlich.

2. Klasse: *Pteridophyta*, *Farnpflanzen* oder Gefäßkryptogamen. Mit echten Wurzeln und mit Gefäßbündeln. Aus der Spore entsteht nicht gleich eine neue Pflanze, sondern ein sog. Prothallium, d. h. ein Thallus,

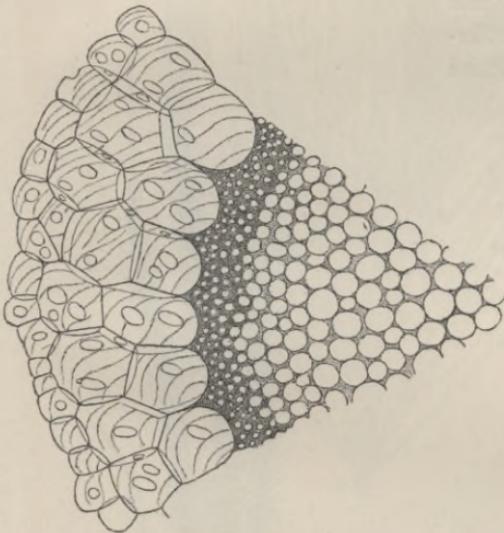


Fig. 9. *Sphagnum cymbifolium*. Ein Teil des Stengels im Querschnitt.
(Fig. 9 bis 12 nach W. P. Schimper.)

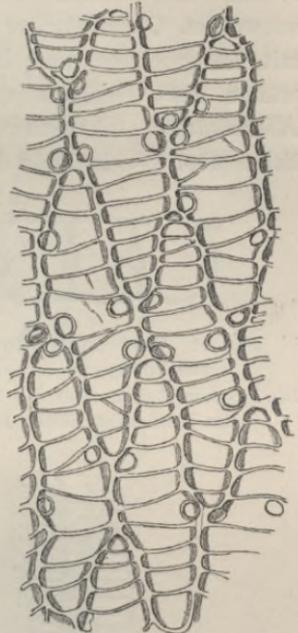


Fig. 10. *Sphagnum acutifolium*. Blatt mit Löchern und ringförmigen Verdickungsleisten.

meist ein flaches, grünes, auf der Erde sitzendes Gebilde. Dieses Prothallium trägt die Geschlechtsorgane, Archegonien und Antheridien, welche im Prinzip ähnlich wie die der Moose gebaut sind. Aus der Eizelle des Archegoniums entsteht nach der Befruchtung die neue Pflanze.

Sie zerfallen in 3 Unterklassen: *Farnkräuter*, *Schachtelhalme* und *Bärlappgewächse*.

Uns interessiert besonders die Familie *Equisetaceae*, Schachtelhalme. Einzige Gattung *Equisetum* (Name bei Plinius, wörtlich Pferdehaar). Ausdauernd. Blätter klein, in Quirlen. Die unfruchtbaren Blätter der einzelnen Quirle miteinander zu einer Scheide verwachsen. Die frucht-

baren Blätter schildförmig, einem Hufnagel ähnlich, am Gipfel der Stengel einen *ährenförmigen* Sporangienstand (Blüte) bildend. Sporen grün, ihre Aufsenschicht in 2 spiralig aufgerollte hygroskopische Fäden (Schleudern) aufgeschlitzt. Unterirdischer Stengel, Rhizom (Wurzelstock oder Grundachse) meist horizontal, 30 cm und mehr tiefliegend, meist schwarz, sehr verzweigt, seine Zweige bei manchen Arten zu rundlichen, rosenkranzförmig angeordneten Knollen angeschwollen. Oberirdischer Stengel hohl, mit Längsleisten und Rillen. Zellwände der Oberhaut oft stark mit *Kieselsäure* inkrustiert. Ausführliches über Wuchs ist in der trefflichen



Fig. 11. Querschnitt durch ein Blatt von *Sphagnum squarrosum*.

Die großen Zellen sind die Wasserspeicher, die kleinen enthalten Blattgrün.

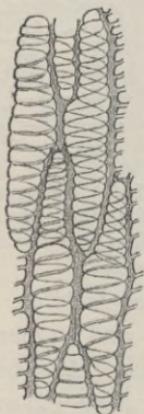


Fig. 12. Zellen aus dem Blatt von *Sphagnum subsecundum* mit spiraligen Verdickungen.



Fig. 13. *Polytrichum commune*, gemeine Schönmütze. (Nach Kienitz-Gerloff.)

Schrift von C. A. Weber, Der Duwock (*Equisetum palustre*), in Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Heft 72, Berlin 1902, dem unsere Fig. 16 mit Erlaubnis der D. L.-G. und des Herrn Dr. Weber entlehnt ist, nachzusehen.

a) Ährentragende und unfruchtbare Stengel verschieden.

Equisetum arvense (Fig. 14), Acker-Schachtelhalm, Kannenkraut, Zinnkraut (dient zum Polieren, noch mehr wird *E. hiemale* dazu benutzt).

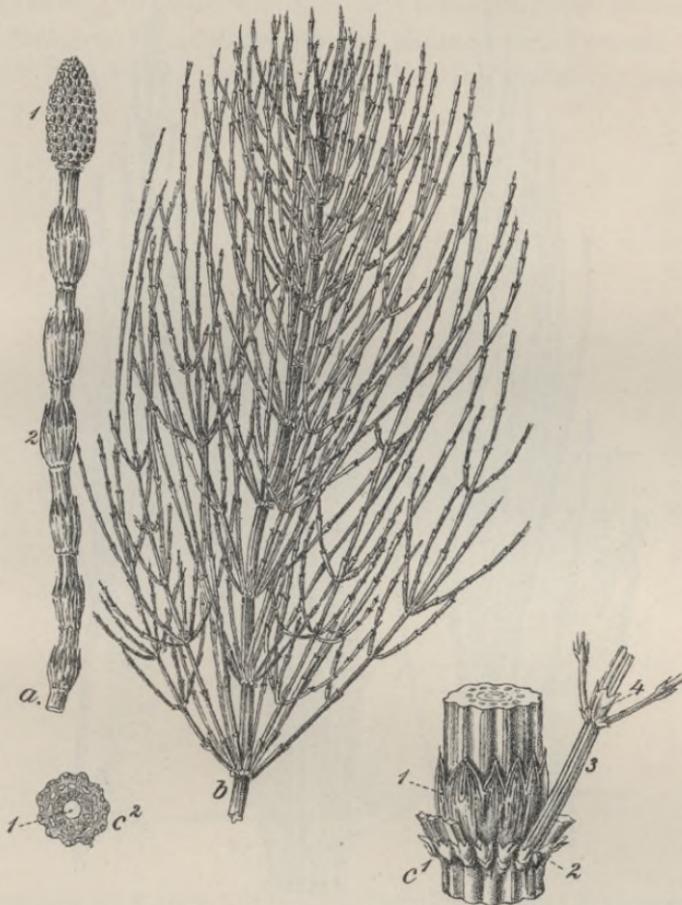


Fig. 14. *Equisetum arvense* L. Acker-Schachtelhalm.

Nach Lohmann. Mit Genehmigung der D. L.-G. aus deren Arbeiten, Heft 100; verkleinert. *a* Fruchtbare Spross: 1 Ähre mit schildförmigen Blättern, hinter denen die Sporenbehälter sitzen; 2 gezähnte Blattscheiden. *b* Unfruchtbare Spross (eine auf dem Felde häufige Form). *c*¹ Stengelstück des unfruchtbaren Sprosses: 1 Stengelscheide mit 8—12 länglich-dreieckigen, schwärzlichen, höchstens *schmal*-weißhäutig berandeten Zähnen; 2 Hüllen der primären Äste; 3 erstes Internodium eines der primären Äste, *länger* als die Stengelscheide; 4 Astscheide. *c*² Querschnitt des unfruchtbaren Stengels: 1 Mittelhöhle, eng.

Ährentragender Stengel 4—30 cm, bleich, unverzweigt, im ersten Frühjahr *vor* dem grünen erscheinend, nach der Sporenreife, die sehr bald erfolgt, absterbend. Unfruchtbare Stengel grün oder graugrün, mit 10 bis 12 Längsriefen und ebensoviel Zähnen an den Scheiden, 15—90 cm hoch, mit mäfsig weiter Zentralhöhle, sehr rau, buschig, seine Scheiden

zylindrisch, anliegend, mit dreieckig-lanzettlichen, schwärzlichen, *schmal* weifsberandeten Zähnen. Äste meist wieder verzweigt, wie bei allen Schachtelhalmen an der Basis der Stengelscheiden entspringend, dort von

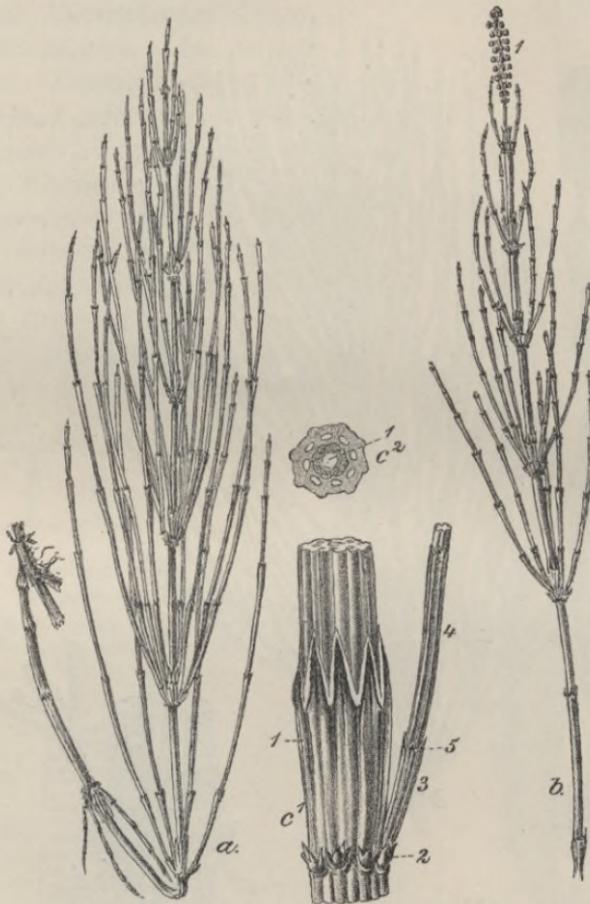


Fig. 15. Equisetum palustre. Sumpf-Schachtelalm; DuRoi.

Nach Lohmann. Mit Genehmigung der D. L.-G. aus deren Arbeiten, Heft 100; verkleinert. *a* Unfruchtbarer Spross (ziemlich reich verzweigte Form). *b* Fruchtbarer Spross: 1 Ähre mit den schildförmigen Blättern, hinter denen die Sporenbälger sitzen. *c*¹ Stück eines Stengels: 1 Stengelscheide mit 7—8 länglich-lanzettlichen, schwärzlichen, breit-weisshäutig berandeten Zähnen; 2 Hüllen der Äste; 3 erstes Internodium eines der Äste, viel *kürzer* als die Stengelscheide; 4 zweites Internodium; 5 Astscheide. *c*² Querschnitt des Stengels: 1 Mittelhöhle, eng.

einer ganz kurzen Scheide (Asthülle), die hier grün oder bräunlich (nicht schwarz) ist, umgeben.

Erstes Glied (Internodium) des Astes mit seiner Scheide *viel länger* als die zugehörige Scheide des Hauptstammes. Äste meist 4—5- (selten 3-) kantig, aufrecht abstehend. Ihre Scheiden mit abstehenden dreieckigen,

lang zugespitzten Zähnen. Besonders auf lehmigem Sandboden lästiges Unkraut. Im allgemeinen den Tieren nicht schädlich.

b) Ährentragende und unfruchtbare Stengel gleichzeitig und gleichgestaltet.

E. palustre, Sumpfschachtelhalm, Katzensteert, Duwock. Weniger buschig als *E. arvense*. Stengel gelblich- oder grasgrün, gefurcht, mit



Fig. 16. Querschnitt durch einen vom Duwock (*Equisetum palustre*) bewachsenen Wiesenboden (etwas schematisiert).

Nach Weber. Mit Genehmigung der D. L.-G. aus deren Arbeiten, Heft 72; verkleinert. a_1 Laubtrieb auf vegetationslosem Boden; a_2 Laubtrieb, zwischen Gräsern gewachsen; b Fruchttriebe; c Fruchttriebe, die nach dem Abreißen eines Laubtriebes in demselben Sommer hervorgewachsen sind; R der kriechende Hauptstamm; k knollenförmig verdickte Stengelglieder; r kriechender Ast des Hauptstammes; v Vertikaltriebe; t Triebe, die im nächsten Jahr hervorbrechen werden; s im Wachstum gehemmter, schlummernder Seitentrieb.

5—8 Längsriefen. Die Äste gewöhnlich nicht wieder verzweigt. Zentralhöhle *eng*, innere und äußere Partie des Stengels leicht trennbar. Stengelscheiden grün, zylindrisch, locker anliegend, oberwärts trichterförmig, die obersten glockenförmig, Zähne 5—8, dreieckig-lanzettlich, oberwärts schwarzbraun, *breit* weiß berandet. Äste meist 5 kantig, ihr *erstes Glied* (Internodium) *viel kürzer als die zugehörige Scheide des Hauptstengels*,

ihre Scheidenzähne aufrecht, 3eckig, mit langer, bald abfallender Spitze. Ähre dünn, meist langgestielt und schwarz. Sumpfwiesen.

Sehr lästiges und besonders dem Rindvieh, seltener auch den Pferden oft sehr schädliches Unkraut. Die giftige Wirkung ist nach Julius Lohmann einem von ihm entdeckten Alkaloid, *Equisetin*, zuzuschreiben. Siehe seine Arbeit „Über die Giftigkeit der deutschen Schachtelhalmarten, insbesondere des Duwocks“ (Arbeiten der D. L.-G. Heft 100, 1904), aus welcher auch mit Erlaubnis der D. L.-G. unsere Abbildungen 14 und 15 entnommen sind.

Von *Equisetum arvense* am besten durch die *schwarzen* Asthüllen und das *kurze* erste Astglied zu unterscheiden.

E. heleöcharis (ἔλος Sumpf, χάρις Anmut, Zierde), *E. limosum* (limosus schlammig), Schlamm-schachtelhalm. Weniger in Sümpfen als in Teichen und fließendem Wasser. Stengel *hoch*, 30—120 cm, ziemlich dick, *einfach*, seltener ästig, glatt, nur gestreift, nicht gefurcht, Zentralhöhle *sehr weit*, innere und äußere Partie des Stengels nicht trennbar. Scheiden kurz, *anliegend*, glänzend, Zähne 15—18, dreieckig-pfriemenförmig, schwarz, mit sehr schmalen weißem Rande. — Meist viel größer als voriger. Soll von Pferden gern gefressen werden.

E. hiemale, Winter-Schachtelhalm. Stengel 1- oder 2jährig, hart, rau, meist *einfach*. Scheiden eng, Zähne mit aufgesetzter, schnell abfallender häutiger Spitze. Feuchte, schattige Waldplätze, Brüche, nicht häufig. Die harten Stengel dienen des Kieselerdegehalts wegen als Poliermittel für Zinn, Holz usw., daher Zinnkraut, Scheuerkraut, Polierkraut.

Die Schachtelhalme lassen sich am besten durch Entwässerung und durch dichten Bestand guter Gräser oder Kleegewächse usw., sowie durch Hackfruchtbau vertilgen.

HAUPTABTEILUNG II: PHANEROGAMAE.

ÜBERSICHT.

Die Phanerogamen (Blüten- oder Samenpflanzen) haben echte Wurzeln und einen beblätterten Stamm (Sprofs). Die Blüte der Phanerogamen ist aufzufassen als ein begrenzter Sprofs, dessen obere Blätter die Geschlechtsorgane tragen. Spermatozoiden kommen nur bei sehr wenigen vor, meist werden Pollenkörner (d. h. Blütenstaub) in den männlichen Organen, den Staubbeuteln, erzeugt. In den weiblichen Organen befinden sich nur bei den Gymnospermen noch mehrere Archegonien, sonst nur eins. Diese Archegonien sind aber sehr reduziert, bei Klasse II bis auf die Eizelle und 2 kleinere Zellen. Aus der Eizelle entwickelt sich eine neue Pflanze, wie bei den Farnpflanzen, aber diese tritt nicht wie dort gleich hervor, sondern bleibt vorläufig klein und liegt im Samen als *Embryo* verborgen. Dieser entwickelt sich gewöhnlich erst nach der Aussaat des Samens.

I. Klasse: *Gymnospermae, Nacktsamige.* Bäume oder Sträucher. Sie schliessen sich insofern näher an die Farne an, als sie noch Archegonien haben. Sie besitzen aber schon Fruchtblätter, indes diese schliessen sich nicht zu einem geschlossenen Behälter (Fruchtknoten) zusammen, sondern tragen an ihren Rändern oder an ihrer freien Oberfläche die jungen Samen, die in diesem jugendlichen Zustande Samenanlagen oder ovula genannt werden.

Hierzu gehören besonders die Familien der *Cycadaceae*, mit gefiederten Blättern, z. B. *Cycas revoluta*, deren Blätter man als sog. Palmenwedel auf die Särge legt, und die *Coniferae*, Zapfenträger oder Nadelhölzer, mit einfachen Blättern. (Bei *Taxus* fehlen die Fruchtblätter.)

II. Klasse: *Angiospermae, Bedecktsamige,* d. h. Pflanzen mit Fruchtknoten. Diese Klasse ist in der Jetztzeit viel gröfser als die vorige. Ein oder mehrere Fruchtblätter verwachsen zu einem geschlossenen Behälter, dem *Fruchtknoten*, welcher die Samenanlagen einschliesst und mit einer Narbe versehen ist, auf welche die Pollenkörner aus den Staubbeuteln gelangen. Sie zerfallen nach der Einleitung (S. 203) in die 2 Unterklassen *Monocotyledones* und *Dicotyledones*.

In den folgenden Kapiteln sollen von deren Pflanzen einige nach dem Mafsstab ihrer kulturtechnischen Wichtigkeit herausgehoben werden, jedoch unter Wahrung der botanischen Übersicht.

Erklärung der Abkürzungen und Zeichen.

A	= Androeum, männl. Organ, Staubgefäße.		die nicht in Kelch und Blumenkrone gegliedert ist.
B	= Blatt.		
Bl	= Blume, Blüte.	O	= Null, fehlend.
Blb	= Blumenblatt.	S	= Same.
C	= Corolla, Blumenkrone.	St	= Stengel, Halm.
Fr	= Frucht.	Stbb	= Staubblätter, Staubge- fäße.
Frb	= Fruchtblätter.		
Frk	= Fruchtknoten.	⊙	= einjährig.
G	= Gynöceum, weibl. Organ, Fruchtknoten.	⊙	= zweijährig.
Gr	= Griffel.	♂	= ausdauernd.
K	= Kalyx, Kelch.	♂	= männlich.
N	= Narbe.	♀	= weiblich.
P	= Perigon oder Perianth, d. i. eine <i>einfache</i> Blütenhülle,	♂♀	= zwitterig.
		♂, ♀	= getrennten Geschlechts.
		∞	= zahlreich, viele.

Kapitel II.

Monokotyledonen, Einkeimblättrige.

§ 4.

Allgemeines. Meist Kräuter, seltener Bäume (Palmen). Embryo mit *einem* Keimblatt. Blätter meist mit *parallelen* Adern oder Gefäßbündeln, Nerven. Stamm auf dem Querschnitt mit zerstreuten Poren, d. h. nicht konzentrische Kreise (Jahresringe) bildenden Gefäßbündeln. Die Gefäßbündel sind geschlossen, d. h. sie haben kein Kambium, kein Bildungsgewebe, können sich daher nicht verdicken. In manchen Fällen treten aber neue Gefäßbündel hinzu und der Stamm wird dadurch dicker, z. B. bei Palmen. Falls die Blüten seitlich stehen, was meist zutrifft, so entstehen sie im Winkel eines Deckblattes (Deckspelze) und haben meist *ein* hintenstehendes Vorblatt (Vorspelze), nicht zwei, wie die Dikotyledonen. Daher fällt dann ein äußeres B der Bl nach vorn. Die Blüten zeigen oft 5 Quirle, von denen jeder 3zählig ist, d. h. 1. Kelch (K) 3blättrig, 2. Krone oder Corolla (C) 3blättrig, 3. u. 4. Staubgefäße oder Andröceum (A) in 2 übereinanderstehenden Quirlen zu je 3, 5. Fruchtknoten oder Gynöceum, 3blättrig. Man kann dies durch folgende Formel, Blütenformel, ausdrücken:

$$K\ 3, C\ 3, A\ 3 + 3, G\ 3.$$

Sind die Fruchtblätter verwachsen zu einer Kapsel oder dergl., so setzt man die betreffende Zahl in Klammern, z. B. $G\ (3)$. Ist der Fruchtknoten oberständig, wie gewöhnlich, so setzt man einen Strich darunter $G\ (\overline{3})$; ist er unterständig, so schreibt man $G\ (\underline{3})$. Kelch und Kronenblätter sind bei den Monokotyledonen oft gleich gefärbt, der Kelch ist z. B. oft nicht grün, sondern bunt, so scheint es dann, als wenn die Blüten 6 Blumenblätter hätten, z. B. die Liliaceen; oder beide Teile, Kelch und Krone, sind grünlich, wie z. B. bei den Juncaceen, Binsen. Wenn man zwischen Kelch und Blumenkrone nicht unterscheiden kann oder nur ein einziger Kreis vorhanden ist, spricht man von einem *Perigon* oder *Perianth* oder einer *Blütenhülle*.

§ 5.

Übersicht der hier in Betracht kommenden *Monocotyledones* nach Engler, Syllabus der Pflanzenfamilien, 5. Aufl., 1907:

A. Vorherrschende Unbeständigkeit in der Zahl der Blütenteile:

1. Reihe: *Pandanáles* (wörtlich Schraubenbaumblütige).Familie 1. *Typháceae*, Rohrkolbengewächse." 2. *Sparganiáceae*, Igelkolbengewächse.2. Reihe: *Helóbiae* (wörtlich: im Sumpf lebende).Familie 3. *Potamogetonáceae*, Laichkrautgewächse." 4. *Juncagináceae*." 5. *Alismáceae*, Froschlöffelgewächse." 6. *Butomáceae*, Blumenbinsen." 7. *Hydrocharitáceae*, Froschbifsgewächse.3. Reihe: *Glumiflórae*, Spelzblütige.Familie 8. *Gramineae*, *Grámina*, echte oder süße Gräser." 9. *Cyperáceae*, Riedgräser, Sauergräser.4. Reihe: *Spathiflórae*, Scheidenblütige.Familie 10. *Aráceae*, Arongewächse." 11. *Lemnáceae*, Wasserlinsen.

B. Typisch 5 Quirle in der Bl, jeder meist 3zählig:

5. Reihe: *Liliiflórae*, Lilienblütige.Familie 12. *Juncáceae*, Binsengewächse." 13. *Liliáceae*, Liliengewächse." 14. *Iridáceae*, Schwertliliengewächse.6. Reihe: *Microspérmae*, Kleinsamige.Familie 15: *Orchidáceae*, Orchideen, Knabenkrautgewächse.

§ 6.

Erste Reihe: Pandanales (Pandanus, Schraubenbaum, in den Tropen). Blüten nackt oder mit Perigon, ♂ und ♀ getrennt. Same mit Nährgewebe.

Fam. 1. Typhaceae, Rohrkolbengewächse. Blüten nackt. ♂ mit 2—5 Staubblättern, ♀ 1 Fruchtb auf zylindrischer, behaarter Achse. Kräuter mit meist dickem kriechendem Rhizom (Wurzelstock), 2 zeiligen, linealischen Blättern und zylindrischen, unten ♀, oben ♂, kolbigen Blütenständen.

Typha, Rohrkolben (*τύφη* Pflanzennamen bei Theophrastos usw.). Windblüher, protogynisch, d. h. Narben eher entwickelt als die Staubgefäße.

Typha latifolia, breitblättriger Rohrkolben (Lieschkolben, Bumskeule, Schmackedutschke). Blätter meist blaugrün, breit-linealisch, Kolben dick, schwarz, ♂ und ♀ Teil dicht beisammen. ♀. 1,5—2,5 m. Juli, August. An Ufern von Seen und Flüssen, in seichten Gewässern und Wiesenmooren.

Typha angustifolia, schmalblättriger Rohrkolben (Fig. 17). B *schmal-linealisch*, ♂ Ähre von der ♀ meist 3—5 cm entfernt, ♀ Bl in der Achsel eines Deckblattes. Kolben weit *dünn*er, braun. ♀. 1—3 m. Juli, August. An Ufern, in Teichen und Sümpfen, auch in Heidemooren (Hochmooren).

Fam. 2. Sparganiaceae, Igelkolbengewächse, Bl ♂, ♀, mit häutigem Perigon (siehe Fig. 18 d). ♀. Sumpf- oder Wasserpflanzen, Ausläufer treibend. B breit, grasartig. Fr eine Steinfrucht. Samen mit mehligem Nährgewebe. Protogynische Windblüher.



Fig. 17. *Typha angustifolia*.
a männliche, b weibliche Blüte, bei c
längs durchschnitten, links mit einem
Deckblättchen.
(Nach Garcke.)



Fig. 18. *Sparganium simplex*.
a männl., c weibl. Blütenstand; b Staub-
gefäß mit einem Schüppchen; d weibl.
Blüte; e Früchtchen mit, bei f ohne
Hülle, bei g quer durchschnitten.
(Nach Garcke.)

Sparganium (Pflanzenname bei Dioskorides), Igelkolben. Laubblätter aufrecht oder im Wasser flutend. Bl in kugeligen Köpfen, untere Köpfe ♀, obere ♂. *S. ramosum*, Ästiger I. Blütenstand rispig verzweigt. *S. simplex* (Fig. 18), Blütenstand einfach; var. *longissimum*, flutende Blätter oft über 1 m lang, trocken meist sehr zerbrechlich. Beide *Sparganium*-Arten in Teichen, Seen und Wasserläufen, seltener in Sümpfen. Zeigen gutes Rieselwasser an.

§ 7.

Zweite Reihe: Helobiae (ἑλος Sumpf, βίωω ich lebe), auch *Fluviales* genannt. Bl meist cyklisch, d. h. in deutlich voneinander getrennten Quirlen: 1. Quirl Kelch, 2. Quirl Krone usw. Nährgewebe im Samen meist 0.

1. Unterreihe.

Bl unterständig, d. h. unter dem Frk, was überhaupt bei den meisten höheren Pflanzen der Fall. Meist ohne Hülle oder mit Perigon (siehe S. 217).

Fam. 3. Potamogetonaceae, Laichkrautgewächse. Bl ♀ oder ♂, ♀, mit 1—4zähligen Quirlen. Untergetauchte oder schwimmende Wasserpflanzen.

A. Blütenstand eine Ähre. Bl ohne Perigon.

I. Ähre mit *flach* gedrückter Achse, zur Blütezeit in der Scheide des obersten Laubblattes. *Zostera marina*, Seegras (ζωστήρη Gürtel).

Ganz untergetauchte Meeresbewohner, Pollen fadenförmig, darin an die auch im Wasser sich bewegenden Spermatozoiden der Kryptogamen erinnernd.

II. Ähre mit *stielrunder* Achse. Hierher die große Gattung *Potamogeton* (ποταμός Fluß, γείτων Nachbar). Stbb 4, mit *perigonartigen* rückenständigen Anhängseln des Mittelbandes (Fig. 19 b). — Flutende Wassergewächse, meist *gutes Rieselswasser* anzeigend, in der Regel untergetaucht oder die oberen Blätter schwimmend. 4. *A. Verschiedenblättrige.* *P. natans*, schwimmendes Laichkraut (Fig. 19). Stengel 60 bis 150 cm lang. B sämtlich langgestielt. Untergetauchte schmaler, lanzettlich, schwimmende oval oder länglich, oft bräunlich. Teiche, Seen, Gräben. — *B. Gleichblättrige.* Blätter alle



Fig. 19. *Potamogeton natans*.

a Blüte, bei b von oben gesehen;
c Fruchtknoten; d die Früchtchen, bei
e eins gesondert.

(Nach Garcke.)

untergetaucht. *P. perfoliatus*, durchwachsenes L. B sitzend, aus *herzförmigem*, stengelumfassendem Grunde rundlich bis länglich-eiförmig. — *P. praelongus*. B länglich-lanzettlich, an der Spitze kappenförmig zusammengezogen, seltener. *P. lucens*, spiegelndes L. B groß, länglich und lebhaft grün, glänzend, kurzgestielt. *P. crispus*, krauses L. Blätter sitzend, lineal-länglich, wellig kraus. — *C. Grasblättrige.* B schmal-lineal, alle untergetaucht. *P. pusillus*, kleines L. — *D. Scheidenblättrige.* B mit enger Scheide den Stengel umfassend, sonst wie C. *P. pectinatus*, kammförmiges L. St $\frac{1}{3}$ —3 m. Dauert durch kurze Ausläufer aus, deren Endglieder knollig anschwellen. Blütezeit der meisten Arten Juni—August.

B. Blüten einzeln oder in Trugdolden.

Zanichellia palustris. Untergetaucht, St oft flutend, fadenförmig. B sehr schmal-lineal.

Fam. 4. Juncaginaceae (Juncago bei Tournefort der Name für Triglochin). Bl bei uns ♀. P 3 + 3, A 3 + 3, G 3 + 3, auch 4—1-gliedrig, in Ähren.

Triglóchin, Dreizackbinse (*τριεῖς* drei, *γλῶχίς* Spitze). Perigon abfallend, Fruchtblätter sich von einem stehen bleibenden Mittelsäulchen ablösend. Blätter grundständig, schmal, linealisch. *T. maritima*, Meeresstrand-Dreizack. Traube dicht, Fr eiförmig, unter der Narbe eingeschnürt, alle 6 Früchtchen ausgebildet. ♀. 15—75 cm. Juni—Aug. Moorwiesen besonders auf *Salzboden*, an der See häufig. — *T. palustris*. Traube locker, Fr linealisch-keulenförmig, am Grunde verschmälert, nur 3 Früchtchen ausgebildet. Moorwiesen, Ufer. ♀. 15—60 cm. Juni—Sept.

Scheuchzeria (nach Joh. Jak. Scheuchzer, Stadtphysikus zu Zürich um 1800, und nach seinem Bruder Johann, einem tüchtigen Gräserkenner). Perigon bleibend. Frb nur am Grunde verbunden, bei der Reife abstehend. *S. palustris*; Moostorfstümpfe. Fr gelbgrün, grofs. Juni—Juli.

2. Unterreihe.

Bl unterständig, meist mit Kelch und Krone. Samenanlagen an der Bauchnaht, d. h. da, wo die zusammengeklappten Fruchtblattränder zusammenwachsen.

Fam. 5. Alismaceae. K 3, C 3, A 6 — ∞, G 6 — ∞, jedes Frb von dem anderen getrennt (wie bei den Ranunculaceae).

Alisma (Name einer Wasserpflanze bei Dioskorides), Froschlöffel. Wurzelstock (Grundachse) senkrecht, kurz, mit vielen Wurzeln. Blätter in grundständiger Rosette. Blütenachse flach. Stbb 6. — *A. Plantago*, gemeiner Froschlöffel (Fig. 20). Wurzelstock knollig-verdickt. Schaft aufrecht, bis 1 m hoch. Blätter langgestielt, eiförmig oder lanzettlich, einem Wegerichblatt (*Plantago*) oder einem Löffel ähnlich, die untersten aber, bei jungen Pflanzen alle, langflutend, linealisch. Rispe sehr grofs, pyramidenförmig. Blumenblätter weifs oder rötlich. Früchtchen *zahlreich*. ♀. Ufer, Stümpfe, Gräben. Juni—Herbst. Enthält giftigen, weissen Milchsaft.

Sagittaria, Pfeilkraut (*sagitta* Pfeil, wegen der Blattform). Blütenachse gewölbt. Stbb und Frb zahlreich. Früchtchen geflügelt und geschnäbelt. Laubblätter in grundständiger Rosette, meist pfeilförmig, mit langem Stiel. Blütenstand endständig, öfter in der Achsel des obersten Laubblattes ein seitenständiger. In den Achseln der andern Blätter bilden

sich öfter verlängerte *Ausläufer*, deren Spitze zu einer *eichelförmigen* Knolle anschwillt. Diese wird im Herbst frei und treibt im Frühjahr abermals einen Ausläufer, an dessen Spitze sich eine neue Rosette bildet. Bl gestielt, in entfernten, meist 3zähligen Quirlen.

S. sagittifolia, gemeines Pfeilkraut (Fig. 21). 4. 30—90 cm hoch, in tiefem Wasser noch höher. Blb weiß mit purpurnem Nagel. Stehende und langsam fließende Gewässer. In tiefen, besonders fließenden Gewässern bilden sich die Pfeilblätter gar nicht aus, sondern nur linealisch



Fig. 20. *Alisma Plantago*.
a Blüte, bei b Längsschnitt; c die im Kreise vereinigten Trockenfrüchtchen (Samen).
(Nach Garcke.)



Fig. 21. *Sagittaria sagittifolia*.
a Fruchtknoten; b reifes Früchtchen; c Fruchtboden mit vielen Früchtchen.
(Nach Garcke.)

flutende, gitterartig geaderte Blätter. Die bis walnufsgroßen Knollen werden mitunter (nicht bei uns) gegessen; als „Bruch-Eicheln“ finden sie sich nicht selten in den Kröpfen der Enten (Ascherson und Graebner, Flora des nordostdeutschen Flachlandes, S. 68).

3. Unterreihe.

Bl unter- oder oberständig. Samenanlagen an der *Innenfläche* der Fruchtblätter.

Fam. 6. Butomaceae. Bl ♀, 3gliedrig. Bei unserer Pflanze nach der Formel $K\ 3, C\ 3, A\ 6 + 3, G\ 6$. Fruchtblätter *getrennt*, mit vielen Samenanlagen an der Innenfläche. Balgfrüchte, d. h. auf einer Längsseite, hier innen, aufspringend. Blütenstand meist doldenähnlich.

Bütomus (Name einer Sumpfpflanze bei Aristophanes). *B. umbellatus*, Blumenbinse, Schwänenblume, Wasserliesch. Wurzelstock fast horizontal, unbegrenzt. Laubblätter zahlreich in grundständiger Rosette, linealisch, 3kantig, steif aufrecht. Schaft trägt eine Scheindolde (aus doldenförmigen Schraubeln). Blütenstiele ungleich lang, Perigonblätter schön, *roseurot*. Stehende und langsam fließende Gewässer. ♀. 90—150 cm. Juli, August.

Fam. 7. Hydrocharitaceae. Bl meist ♂, ♀ mit K und C, 3gliedrig. K 3, C 3, A 3 + (3 + 3 + 3 + 3), G (3 + ...) oder 2—15. Die inneren oder äußeren Stbb bisweilen in Staminodien umgewandelt. Frb verwachsen, unterständig, mit wandständigen Samenträgern und zahlreichen Samenanlagen. Fr 1 fährig, etwas fleischig, unregelmäßig zerreisend.

Unterfamilie 1. Vallisnerioideae. ♂ Bl sich vor der Entfaltung ablösend, entfaltet auf dem Wasser schwimmend. Frb 3. Blätter sitzend (bei unserer Pflanze in Quirlen). Hierher u. a. *Vallisneria spiralis* aus Südeuropa, mit spiralig gewundenem, sehr langem Stiele der ♀ Bl, bei uns in Aquarien, und die kalkhaltigen Boden liebende, nachstehend näher beschriebene

Elodea, richtiger *Helodea* (ἑλώδης sumpfig) *canadensis*, Wasserpest (Fig. 22).

♀. St 30—90 cm lang, flutend bis 3 m lang. Blätter zu 3—4, länglich bis lineal-lanzettlich, spitz, klein gesägt. Bei uns nur die ♀ Pflanze, mit 6blättrigem Perigon, 3 Staminodien, d. h. verkümmerten Staubgefäßen und 3 Narben. In Flüssen Nordamerikas, bei uns aus dem botanischen

Garten in Berlin an 2 Stellen verpflanzt, Potsdam: Sanssouci seit 1859, Eberswalde beim alten Wasserfall seit 1860, von hier aus überall hin verbreitet. Wurde zuerst in Europa 1836 in einem Teiche zu Warrington in Irland, 1841 in Schottland, 1847 im mittleren England bemerkt. Eine Zeitlang allgemein gefürchtet, weil sie Schifffahrt und Fischfang hindert, sowie den Abfluß des Wassers hemmt, gilt sie jetzt meist als weniger schädlich. Sie bietet den Fischen usw. gute Laichplätze. Da nur ♀ Pflanzen bei uns vorhanden sind, vermehrt sie sich nur auf vegetativem Wege, durch Seitensprosse, und überwintert durch Winterknospen, d. h. kurze, dicht beblätterte Sprosse. — Zeigt gutes Rieselwasser an.



Fig. 22. *Elodea canadensis*.

a Stück eines Blattes; b Blüte;
c Fruchtknoten; d dreisamige
Schlauchfrucht, geöffnet.

(Nach Gareke.)

Unterfamilie 2. Stratiotoideae. Laubblätter wechselständig.
♂ Bl sich nicht ablösend. Frb 6—15.

Stratiotes aloides, Wasseraloe, aloebblätterige Krebssehre (στρατιώτης, ägypt. Wasserpflanze bei Dioskorides). Bl zweihäusig, d. h. ♂ und ♀ auf verschiedenen Pflanzen. Stamm mit Ausläufern. Blätter starr, breit-lineal, zugespitzt, unten 3 kantig, oben flach, stachelig gesägt, zu einer dichten Rosette vereinigt, größtenteils untergetaucht. Blütenstände gestielt, ihr Stiel zusammengedrückt, Scheide zweiblättrig, derb, bleibend, platt, daher Krebssehre. Bl weiß, über dem Wasser. Samen auch in diluvialen Ablagerungen. Stehende Gewässer, tiefe Sümpfe. Bei uns ♀ Exemplare seltener. 2. 15—50 cm. Mai—August. Schweinefutter.

Hydrocharis (ὕδωρ Wasser, χαρῆς Freude, Zierde), Froschbifs. 2häusig, ♂ mit 12 Stbb, ♀ mit 6 Staminodien. Stamm mit Ausläufern. Honigblumen.

H. Morsus ranae, Gemeiner Froschbifs. Blätter schwimmend, gestielt, kreisrund, am Grund tief herzförmig, mit 2 großen, durchscheinenden, innerhalb des Blattstiels übereinandergreifenden Anhängen. Bl weiß. 2. Stehende Gewässer. Juli, August. Zeigt gutes Rieselwasser an.

§ 8.

Dritte Reihe: Glumiflorae (Spelzblütige).

Fam. 8. Gramineae oder Gramina, echte oder Süßgräser. Bl mit 1 Deck- und 1 Vorspelze.

Fam. 9. Cyperaceae, Schein-, Halb- oder Sauergräser. Bl meist nur mit 1 Deckspelze, ohne Vorspelze.

☞ Diese beiden Familien werden ihrer Wichtigkeit wegen in den Kapiteln IV bis VI noch besonders besprochen werden.

§ 9.

Vierte Reihe: Spathiflorae. Blüten in Scheiden.

Fam. 10. Araceae (Aroideae). Blüten sehr klein, in Kolben.

Acorus (Name einer Pflanze mit aromatischen Wurzeln bei Theophrastos). Blütenhülle 6 blättrig, bleibend. Frk 3 fächerig. Bl an einem scheinbar seitenständigen Kolben. Blätter schwertförmig, d. h. mit der schmalen Kante gegen den Himmel gerichtet (wie bei Iris). Scheinachse (Wurzelstock) dick, kriechend.

A. Calamus (= gewürztes Schilfrohr; calamus Rohr, Schilf), Kalmus. B linealisch, d. h. überall gleich breit, zugespitzt, am Rande wellig, am Grunde wie der Blütenstiel rötlich. Schaft blattartig, zusammengedrückt, mit einer scharfen und einer rinnenförmigen Kante, in welcher sich ein walzenförmiger Kolben befindet. Hüllblatt (Spatha) den Laubblättern

ähnlich, grün, vielmal länger als der gelbliche Kolben. Ufer von Seen und Flüssen. Ganze Pflanze aromatisch riechend. Bei uns nebst den Birken Symbol des Pfingstfestes. Blüht bei uns selten und bringt nie Früchte. Heimat: heißes Ostasien, erst im 16. Jahrhundert eingeführt!

Calla (Pflanzenname bei Plinius). Hüllblatt oder Blütenscheide bleibend, flach, innen weiß. Stbb meist 6. Frk 1fächerig. Scheinachse kriechend, grün. B 2zeilig. Bl-stand endständig.

C. palustris, Sumpf-Schweinekraut, Schweineuhr, (Schweineohr) (Fig. 23). Laubblätter herzförmig, langgestielt. Kolben zylindrisch. Beeren korallenrot. Waldsümpfe. 15—50 cm. Mai—Juli. Wurzelstock frisch scharf giftig.

Hierher auch *Arum maculatum*, gefleckter Aron. Schattige Laubwälder. Giftig, besonders die Knollen sehr scharf.

Fam. 11. Lemnaceae, Wasserlinsen. Schwimmende Pflanzen mit niedergedrücktem, oft linsenförmigem, thallusartigem St, ohne Blätter. Bl 1häusig. 2 oder 1 ♂ Bl, nur aus 1 Stbb bestehend und 1 ♀, nur aus 1 Frk bestehend, finden sich zusammengestellt in einer seitlichen Ausbuchtung des Thallus.

Lemna (Name einer Wasserpflanze bei Theophrastos), Wasserlinse, Entengrütze. Thallus 2zeilig verzweigt. Wurzeln vorhanden. ♀. *L. minor*, kl. W. Thallus rundlich-verkehrt-eiförmig, mit einer Wurzel. *L. gibba*, buckelige W. Thallus unterseits kugelförmig gewölbt, sonst wie vorige. *L. polyrrhiza*, vielwurzelige W. Thallus rundlich-verkehrt-eiförmig, dick, beiderseits flach, mit zahlreichen Wurzeln. *L. trisulca*, 3furchige W. Thallus länglich-lanzettlich, vorn ausgeschweift-gezähnt, dünn, zuletzt langgestielt, meist mehrere Spross-Generationen zusammenhängend, hellgrün oder rötlich. *L. arrhiza* (*Wolffia arrhiza*). Thallus sehr klein, ohne Wurzeln. Fast alle, mit Ausnahme der letzteren, häufig, namentlich *L. minor*. Teiche und Seen ganz überziehend. Zeigen meist gutes Rieselwasser an.

Anmerkung: Die Wasserblüte, welche zu gewissen Zeiten das Wasser oft ganz grün färbt, wird durch mehrere blaugrüne Algenarten gebildet, namentlich *Anabaena flos aquae* und *Aphanizomenon flos aquae* (siehe S. 204).



Fig. 23. *Calla palustris*. a Blütenkolben, längs durchschnitten; b Blüte mit halbgeöffnetem Fruchtknoten; c Fruchtkolben.

§ 10.

Fünfte Reihe: Liliiflorae. Diese zeigen meist den typischen Charakter der Monokotyledonenblüte: P 3 + 3, A 3 + 3, G (3). Die beiden Perigonkreise meist gleichartig gefärbt, korollinisch. (Eine Ausnahme macht Fam. 12, Juncaceae.) Same mit mehligem, knorpeligem oder fleischigem Nährgewebe.

Fam. 12. Juncaceae, Binsen. Blüten unansehnlich. Perigon 3 + 3, nicht korollinisch, sondern spelzenartig. Stbb 6. Laubblätter meist schmal oder stielrund, dann einem Stengel ähnlich. Blüten einzeln oder in Köpfchen, die wieder zusammengesetzte Blütenstände bilden, deren Äste ersten Grades von unten nach oben immer kürzer werden (Spirren). Windblüher; dichogam, d. h. ♂ und ♀ Geschlechtsorgane nicht gleichzeitig entwickelt. Die Binsen muß man nicht mit den Simsens (Scirpus), die zu den Riedgräsern, Cyperaceae (siehe diese), gehören, verwechseln, die im gewöhnlichen Leben auch Binsen genannt werden. Die Binsen haben aufspringende Kapseln, die Simsens Schließfrüchte (Körner), wie die Gräser.

Übersicht der Gattungen.

Kapsel 3 fächerig, Fächer mehrsamig, Blätter meist pfriemenförmig, kahl, ihre Scheiden offen (Binse) *Juncus*.
Kapsel 1 fächerig, 3 samig, Blätter flach, am Rande meist behaart, Scheiden geschlossen (Marbel) *Luzula*.

Juncus (Name bei Vergilius), Binse. Die unterirdischen Scheinachsen (Wurzelstöcke) bestehen aus den unteren Gliedern der meist Blüten tragenden St. Diese St tragen am Grunde eine Anzahl an ihren Rändern sich deckender Schuppenblätter. Die Hauptknospe steht meist in der Achsel des 2. Blattes.

A. Spirre scheinbar seitenständig. St vom Grunde bis zum Blütenstande unbeblättert. Trag- oder Hüllblatt des untersten Spirrenastes aufrecht, stielrund, scheinbar den St fortsetzend, daher die Spirre seitlich. Unfruchtbarer St kurz, oberhalb der Schuppenblätter nur ein sehr langes, dem Hüllblatt ähnliches stielrundes Laubblatt tragend, welches früher für einen unfruchtbaren St gehalten wurde. (Ascherson und Graebner, Flora des norddeutschen Flachlandes S. 172.)

J. maritimus, Meerstrands-Binse. Rasenbildend. Grundständige Blätter stielrund, stechend, mit brauner Scheide. Tragblatt des untersten Spirrenastes *wenig* länger als die Spirre. Same mit Anhängsel. 30—100 cm. Juli, August. Wiesen an der Ostsee, östl. bis Usedom; ostfries. Inseln.

J. conglomeratus (*J. Leersii*), geknäuelte Binse. Stengel fein gestreift, grasgrün, mit zusammenhängendem Mark. Tragblatt des untersten Spirrenastes *viel* länger als die Spirre. Samen ohne Anhängsel. Stbb

nur 3. Graugrün. Spirre meist *gedrängt*. Kapsel verkehrt eiförmig, gestutzt, Griffelrest auf einer kleinen Erhöhung. Perigon und Kapsel meist *braun*. Feuchte Triften, Gräben, gemein. 30—60 cm. ♀. Wuchs rasenförmig. Scheiden *gelbbraun*.

J. effusus, flatterige Binse. St weniger gestreift. Spirre meist *locker*. Kapsel an der Spitze eingedrückt, Griffelrest in der Vertiefung. Perigon und Kapsel meist *gelbgrün*. Scheiden *rotbraun*. Sonst wie vorige. Beide allbekannte Arten werden auch vereinigt als *J. communis*.

B. Spirre endständig, meist viel länger als ihre Hüllblätter. Unfruchtbarer St, wenn vorhanden, mehrere Laubblätter tragend.

I. Laubblätter nicht fächerig-röhrig.

a) Ausdauernd. 1. Wuchs dicht rasenförmig. *J. squarrosus*, sperrige Binse. Halm blattlos. Torfige Orte. 30 cm. Juli, August.

2. Scheinachse kriechend. *J. compressus*, Halm etwas zusammengedrückt, in der Mitte mit 1 rinnigen B. Nasse Triften. ♀. 15—30 cm. Juli, August. — *J. Gerardi*, ähnlich, auf Salzboden.

b) Einjährig. *J. bufonius*, Kröten-Binse. St mit 1—2 Laubblättern. Spirre wenigästig. Äste aufrecht. Blüten zahlreich, entfernt. Kapsel länglich. Feuchter Sand und Schlamm, gemein. 3—30 cm. Juni—Herbst.

II. Laubblätter querfächerig-röhrig.

(Getrocknet mit vorspringenden Querwänden; auch an den frischen rinnigen, fast stielrunden Blättern spürt man die Querwände, wenn man sie durch die Finger zieht.)

Hierher besonders *J. lamprocarpus*, glanzfrüchtige Binse. Stengelblätter 2—4. Spirrenäste abstehend. Äußere Perigonblätter spitz, innere stumpf. Scheinachse kriechend. Feuchte Wiesen, Triften, gemein. ♀. 20—60 cm. Juli, August.

Alle Binsen sind schlechte, harte Futterpflanzen.

Luzula (zuerst bei Anguillara, herba Luzulae) Hainbinse, Hainsimse, Marbel. Habitus meist *grasähnlich*. Stengel beblättert. Blätter am Rande lang bewimpert. Blüten in Spirren, deren letzte Verzweigung oft köpfchenartig. Von Gräsern durch die Bl-stände und Kapseln unterschieden.

L. campestris, Feld-Hainbinse, gemeine Marbel, Hasenbrot (Fig. 24). Blüten zu mehreren in *kopfförmigen* Ähren, die eine Spirre bilden. Lockerrasig mit kurzen Ausläufern. Blätter linealisch, am Rande schwach behaart, zuletzt kahl. Ähren 2—5, eiförmig, doldig, die seitlichen Köpfchen langgestielt, zuletzt überhängend. Perigonblätter fast gleich

lang, dunkelbraun. Samen mit großem Anhängsel. ♀. Triften, Heiden, Wälder, trockene Grasplätze, meist gemein. März, April. 10—25 cm.

Var. multiflora. Dichtrasig. Stengelhöhe 30—45 cm. Perigon hellbraun.

L. pilosa, behaarte Hainbinse. Bl *einzel*n auf St.

Die Luzula-Arten gelten als schlechte Futterpflanzen (ob mit Recht?).

* **Fam. 13. Liliaceae.** Meist Zwiebel-, seltener Knollengewächse. Bl meist regelmäÙsig. Perigon meist blumenblattartig, unterständig, Stbb 6. Frk 3 fächerig.

Allium, Lauch. Einige Arten machen sich durch ihre vielen Brutzwiebeln auf Grasplätzen lästig. Solche blühen fast nie, sondern treiben nur röhrenförmige Blätter. Viel gefährlicher ist für Wiesen:

Colchicum autumnale (*Κολχικόν*, Name eines giftigen Zwiebelgewächses bei Dioskorides), Herbstzeitlose. Die schöne, glockig-trichterförmige, *fleischrote* Blume erscheint von August bis Oktober in Mittel- und Süddeutschland oft zu Tausenden auf den Wiesen. Ihre lange Röhre sitzt einer Furche der flachen Seite der großen braunhäutigen Knolle an, unterhalb der Röhre kleine unentwickelte Blättchen. Erst im nächsten Frühjahr wachsen diese Laubblätter aus, das Stengelglied zwischen dem 2. und 3. Laubblatt streckt sich und hebt die Kapsel über den Boden. Das Stengelglied zwischen dem 1. und 2. Laubblatt wird dann zur neuen Knolle, welche



Fig. 24. *Luzula campestris*.

a offene Blüte; b Fruchtknoten mit dem Griffel; c FruchtsproÙs; d unreife, e aufgesprungene, reife Frucht.

am Grunde die Hauptknospe trägt, die im nächsten Herbste blüht (Filius ante patrem der alten Botaniker, weil die Bl vor den Blättern erscheint). ♀. *Giftig*, besonders die Samen. Man vertilgt die Herbstzeitlose einmal durch Sammeln der Blüten, zweitens durch Ausheben der tiefliegenden Knollen mittelst geeigneter Werkzeuge oder durch ZerstoÙsen der Knollen mit einer spitzen Eisenstange, die man in die Erde schlägt. Die Vertilgung ist leider sehr schwierig. — Zum Ausgraben der Herbstzeitlose werden die Klauenstecher von J. Heinemann Söhne, Langenau bei Creuzthal (Westfalen) und G. Mödig Söhne, Marchegg, Niederösterreich, empfohlen.

Fam. 14. Iridaceae. So wie die Liliaceae, aber der 2. Staubblattkreis abortiert und Frk unterständig, also $P\ 3 + 3$, $A\ 3 + 0$, $G\ (\overline{3})$.

Iris (Regenbogen), Schwertlilie. Wurzelstock verzweigt, beblätterte Blütenstengel und kurze Triebe mit Laubblättern treibend. Blätter 2 zeilig, schwertförmig (reitend), d. h. in der Medianebene ausgebreitet, mit der schmalen Kante gen Himmel schauend, wie bei *Acorus Calamus* (Kalmus S. 224). Blüten 2—mehrere, von einem Tragblatt umschlossen. Äußere Perigonb zurückgeschlagen. Narben *blumenblattartig*, mit ihrer konkaven Außenfläche die vor ihnen stehenden Stbb schützend. Narbenpapillen an der Unterlippe der an der Spitze 2lappigen Narbe. Hummelblumen.

Iris pseudacorus ($\psi\epsilon\upsilon\delta\omicron\varsigma$ falsch, $\acute{\alpha}\chi\omicron\omicron\varsigma$ Kalmus), Schellblume. 4. Blätter breit. Perigon hellgelb, äußere Abschnitte *ohne* Bart, in der Mitte am Grunde goldgelb. Stehende Gewässer. Zeigt meist gutes Rieselwasser an. — *I. sibirica*. Laubblätter schmal. Perigon blau. Feuchte Wiesen und Waldgebüsch, zerstreut.

§ 11.

Sechste Reihe: Microspermae. Kleinsamige.

Fam. 15. Orchidaceae. Blüten zygomorph (jochgestaltig) oder dorsiventral (rückenbauchig), d. h. nur durch eine Medianebene in 2 symmetrische Hälften teilbar. $P\ 3 + 3$, $A\ 1$ oder 2 , $G\ (\overline{3})$. Blüten meist schön gefärbt; durch Drehung des unterständigen Frk kommt ein größeres Blatt des inneren Perigonkreises nach unten und bildet die oft gespornte Lippe (Labellum). Stbb meist nur 1 (bei *Cypripedium* 2), auf einer Verlängerung der Blütenachse, dem sog. Gynostemium oder Griffelsäule, eingefügt. Auf Wiesen kommen besonders vor:

Orchis (bei Dioskorides Name einer Pflanze mit Knollen von der Form eines Hoden [$\delta\omicron\chi\mu\varsigma$]); *O. latifolia*, breitblättriges Knabenkraut. Lippe gespornt. Knollen *handförmig* geteilt. St *hohl*. B meist 5 (4—6), länglich-eiförmig, meist schwarzbraun gefleckt, das oberste oft den Grund der Ähre *überragend*. Blütenblätter alle, außer der 3lappigen Lippe, helmartig zusammengeneigt. Lilapurpurn. *Feuchte* Wiesen, gemein. 4. Mai, Juni. — *O. maculata*. Ähnlich, aber St *voll*. B 6—9, die unteren länglich, das oberste meist weit *unter* der Ähre. *Trocknere* Wiesen. Juni, anfangs Juli. — *O. incarnata*. B an der Spitze *kappenförmig* zusammengezogen. Bl hell-, seltener dunkelpurpurn, sonst wie *latifolia*. Moorwiesen. Lippe ungeteilt oder undeutlich 3lappig. — *O. militaris*. Knolle *ungeteilt*. Helm außen *weißlich-rosa*. Lippe mit plötzlich vorn verbreitertem Mittelabschnitt. Fruchtbare, nicht zu feuchte Wiesen mit *Mergelgrund*, also *Kalk* anzeigend. Die schönste Art. Noch viele andere

Orchideen zieren unsere Wiesen, namentlich die kalkhaltigen, doch sind sie als Futter ohne Bedeutung.

Kalk anzeigend sind noch: *Orchis purpúrea*, Laubwälder; *Ophrys muscifera*, Wiesen; *Ophrys fuciflora*, Hügel; *Anacamptis pyramidalis*, Bergabhänge, Wiesen; *Cephalanthéra grandiflora*, Laubwälder; *Epipáctis microphylla*, Bergwälder; *Cypripédilum* (*Cypripedium*) *Calcéolus*, Frauenschuh, Laubwälder; alles mehr oder weniger seltene Arten.

Kapitel III.

Dikotyledonen, Zweikeimblättrige.

§ 12.

Allgemeines. Zwei Keimblätter. Laubblätter meist *netzaderig*. Samen oft mit grossem Nährgewebe und kleinem Embryo (z. B. Doldengewächse), oder mit grossem Embryo und fast fehlendem Nährgewebe (z. B. Hülsenfrüchte). Dazwischen viele Übergänge. Die Blüten stehen bei seitlicher Stellung in der Achsel eines Deckblattes (bractea, kurz als b bezeichnet), haben aber nicht 1 Vorblatt wie die Monokotyledonen, sondern 2 (α und β). Sowohl Deckblatt wie Vorblätter können aber fehlen. Blüten meist nach der 5-Zahl oder 2- oder 4-Zahl. Blütenformel also z. B. K 5, C 5, A 5, G 5. Die *Dikotyledonen* lassen sich nicht so gut nach einzelnen Merkmalen einteilen wie die Monokotyledonen. Sie sind auch viel zahlreicher an Arten.

Am einfachsten ist die frühere Einteilung in:

Apétalae, Blumenblätter fehlend,

Polypétalae, Blumenblätter frei,¹⁾

Sympétalae, Blumenblätter verwachsen.

Erstere beiden fafst Engler als *Archichlamydeae* (Ersthüllige) zusammen. Wir geben zunächst eine Übersicht über die für uns wichtigsten Reihen und Familien.

§ 13.

Übersicht der hier in Betracht kommenden Dikotyledonen, nach Engler.

I. Unterklasse: *Archichlamydeae* (Apetalae und Polypetalae). Ohne Perigon, oder mit Perigon, oder mit Kelch und Blumenkrone, im letzteren Falle die Blumenblätter frei, nicht verwachsen.

1. Blüten nackt oder mit grünem Perigon.

7. Reihe: *Urticales*, Nesselgewächse.

Familie 16. *Urticaceae*, Nesselgewächse.

2. Mit gefärbtem Perigon.

8. Reihe: *Polygonales*.

Familie 17. *Polygonaceae*, Knöterichgewächse.

¹⁾ Mitunter fehlen auch den Poly- und Sympetalae die Blumenblätter.

3. Mit Perigon oder bei 20 und 21 meist mit Kelch und Krone. Fruchtknoten meist 1 fächerig, d. h. ungefächert, mit einer einzigen, am Grunde befestigten Samenanlage oder, z. B. bei Nelken, mit vielen, an einem vom Grunde aus sich erhebenden Zapfen befestigten. Embryo gekrümmt.

9. Reihe: *Centrospermae*, Zentralsamige.

Familie 18. *Chenopodiaceae*, Gänsefuß- (Melden-) Gewächse.

„ 19. *Amarantaceae*.

„ 20. *Portulacaceae*, Portulakgewächse.

„ 21. *Caryophyllaceae*, Nelkengewächse.

4. Meist wie alle folgenden mit Kelch und Krone. Fruchtblätter meist frei, d. h. jedes für sich bleibend (apokarp), daher meist keine Kapsel.

10. Reihe: *Ranales*.

Familie 22. *Nymphaeaceae*, Seerosengewächse.

„ 23. *Ceratophyllaceae*, Hornblattgewächse.

„ 24. *Ranunculaceae*, Hahnenfußgewächse.

5. Fruchtblätter zu einer Kapsel verwachsen (synkarp). Blüten wie gewöhnlich *unterhalb* des Fruchtknotens (hypogyn).

11. Reihe: *Rhoeadales*.

Familie 25. *Papaveraceae*, Mohngewächse.

„ 26. *Cruciferae*, Kreuzblütler.

6. Fruchtblätter 1 oder mehrere, frei oder verwachsen. Bl oft *um* oder *auf* dem Fruchtknoten (peri- oder epigynisch).

12. Reihe: *Rosales*.

Familie 27. *Saxifragaceae*, Steinbrechgewächse.

„ 28. *Rosaceae*, Rosengewächse.

„ 29. *Leguminosae*, Hülsenfrüchte.

7. Fruchtblätter meist mehrere, verwachsen, unterhalb des Fruchtknotens, oft doppelt so viel Staubblätter als Blumenblätter.

13. Reihe: *Geraniales*.

Familie 30. *Geraniaceae*, Storchschnabelgewächse.

„ 31. *Polygalaceae*.

„ 32. *Euphorbiaceae*, Wolfsmilchgewächse.

„ 33. *Callitrichaceae*, Tännelgewächse.

8. Fruchtblätter mehrere, verwachsen, Samenanlagen meist an der Wand der Kapsel.

14. Reihe: *Parietales*, Wandständige.

Familie 34. *Guttiferae*.

„ 35. *Cistaceae*.

„ 36. *Violaceae*, Veilchengewächse.

9. Fruchtblätter in die hohle Blütenachse versenkt, oft mit ihr verwachsen, daher Blüten oberständig, Fruchtknoten unterständig. Staubgefäße oft doppelt so viele als Blb oder sehr viele.

15. Reihe: *Myrtiflorae*.Familie 37. *Lythraceae*.„ 38. *Oenotheraceae*, Nachtkerzengewächse.„ 39. *Halorrhagidaceae*, Tausendblattgewächse.

10. Wie vorige. Staubgefäße so viele als Blumenblätter, Blüten meist in Dolden.

16. Reihe: *Umbelliflorae*, Doldenblütler.Familie 40. *Umbelliferae*, Doldengewächse.**II. Unterklasse: Metachlamydeae oder Sympetalae.** Blumenblätter meist verwachsen, selten frei oder fehlend.

11. Fruchtblätter so viele als Blumenzipfel, Staubgefäße doppelt so viele wie Blumenzipfel.

17. Reihe: *Ericales*.Familie 41. *Ericaceae*, Heidekrautgewächse.

12. Fruchtknoten 1fächerig, d. h. ungefächert, mit einer zentralen Placenta, wie Nr. 3.

18. Reihe: *Primulales*.Familie 42. *Primulaceae*, Primelgewächse.„ 43. *Plumbaginaceae*.

13. Fruchtblätter weniger als Blumenzipfel, meist nur 2, bisweilen wenig verwachsen.

19. Reihe: *Contortae*, Bl in der Knospe meist gedreht.Familie 44. *Gentianaceae*, Enziangewächse.„ 45. *Asclepiadaceae*.

14. Fruchtblätter meist 2 zu einer 2fächerigen Kapsel oder Beere verwachsen, oder durch Einschnürung vom Rücken her 4 Nüfchen bildend, siehe Familie 47 und 48.

20. Reihe: *Tubiflorae*.Familie 46. *Convolvulaceae*, Windengewächse.„ 47. *Boraginaceae*, Rauhblättrige Gewächse.„ 48. *Labiatae*, Lippenblütler.„ 49. *Solanaceae*, Nachtschattengewächse.„ 50. *Scrophulariaceae*, Rachenblütler.„ 51. *Lentibulariaceae*.

15. Blüten nach der 4-Zahl, Fruchtblätter 2. Kapsel quer aufspringend.

21. Reihe: *Plantagináles*.Familie 52. *Plantaginaceae*, Wegerichgewächse.16. Blüten oberständig. Fruchtknoten daher *unterständig*. Staubblätter frei.

22. Reihe: *Rubiales*.Familie 53. *Rubiaceae*, Krappgewächse.„ 54. *Valerianaceae*, Baldriangewächse.„ 55. *Dipsacaceae*, Kardengewächse.

17. Wie vorige. Staubblätter zusammenneigend oder die Beutel verwachsen zu einer Röhre.

23. Reihe: *Campanulatae*.Familie 56. *Campanulaceae*, Glockenblumengewächse.„ 57. *Compositae*, Korbblütler.

A. Erste Unterklasse: Archichlamydeae.

§ 14.

Siebente Reihe: *Urticales*, Nesselgewächse.

Fam. 16. *Urticaceae*. Meist ♂, ♀. Perigonb 4—5. Staub 4 bis 5. Fruchtknoten mit 1 aufrechten Samenanlage. Nufs mit geradem Embryo und Nährgewebe.

Urtica, Nessel. Mit Brennhaaren. B gegenständig. *U. urens*, kleine Brennessel. ⊙. 15—60 cm. 1 häusig. B eiförmig. — Gartenland usw. — *U. dioica*, große Nessel. ♀. 30—150 cm, meist 2 häusig. B länglich, am Grunde meist herzförmig, feuchte Wälder, besonders Erlengebüsche.

Verwandt mit den Nesselgewächsen sind *Humulus lupulus*, Hopfen, und *Cannabis sativa*, Hanf. Embryo gekrümmt.

Achte Reihe: *Polygonales*.

Fam. 17. *Polygonaceae*. Perigon kelch- oder kronenartig. Blüten meist nach der Formel $P\ 3 + 3, A\ 3 + 3, G\ 3$, doch kommen auch Perigone mit 4 und 5 Blättern vor, und die Zahl der Stbb kann auch 9, 8 oder 5 sein. Frk 1 fächerig, mit 1 grundständigen, geraden Samenanlage. Same mit reichlichem mehligem Nährgewebe. Blätter mit stark entwickelter geschlossener Scheide (Tute, ochrea).

Übersicht der Gattungen.

1. Perigon 6 teilig, Staubgefäße 9, Frucht 3kantig, geflügelt. *Rheum*, Rhabarber.

2. Perigon 6 teilig, Staubgefäße 6, Frucht 3kantig, von den 3 innern Perigonblättern bedeckt. *Rumex*, Ampfer.

3. Perigon 5- (selten 4- oder 6-) teilig, Staubgefäße 5—8.

a) Blätter nur bei den windenden Arten herzförmig, Frucht nur bei ihnen 3kantig, sonst flach, eingeschlossen. *Polygonum*, Knöterich. —
b) Blätter dreieckig-herzförmig, glänzend, Frucht 3kantig, vorragend, ausfallend. *Fagopyrum*, Buchweizen.

Rheum. R. rhaponticum, gemeiner Rhabarber, aus Ostrumelien. Untere Blätter rundlich-eiförmig, Stiele unterseits gefurcht. *R. undulatum*, welliger R., aus Südostsibirien. — Untere B eiförmig, länger als breit, am Rande stark wellig. Von beiden werden die Blattstiele gekocht als Kompott gegessen. — Die Rhabarberwurzel stammt von *R. palmatum* und *R. officinale*, Westchina.

Rumex (Pflanzenname bei Plautus und Plinius), Ampfer. Perigon meist 6 teilig, die 3 inneren Abschnitte *größer*, nach der Blüte *zusammenneigend* und die 3 kantige Fr bedeckend, häufig alle 3 oder 1—2 aufsen mit einer gelblichen oder rötlichen *Schwiele*.

1. *Blätter pfeil- oder spiefsförmig*, Bl 2häusig, d. h. auf einer Pflanze nur ♂, auf der andern nur ♀. Geschmack sauer, wegen des Gehalts an Kaliumbioxalat.

R. acetosa (zuerst bei Camerarius, acetum = Essig, wegen des sauren Geschmacks), (wilder) Sauerampfer. St aufrecht, untere Blätter langgestielt, groß, meist stumpf, obere kleiner, kurzgestielt, spitz. Tuten gezähnt oder fransig eingeschnitten, äußere Perigonabschnitte klein, zur Fruchtzeit *herabgebogen*, innere zur Fruchtzeit vergrößert, rundlich-eiförmig, mit *einer* herabgezogenen Schwiele. Fruchtstiele meist rot. — ♀. 30 bis 90 cm. Mai, Juni. Wiesen, gemein; dieselben oft mit einem weithin sichtbaren roten Schleier überziehend. (Ascherson; ähnlich wie *Agrostis vulgaris*.) Same länglich-dreikantig, schwarzbraun.

R. acetosella (Diminutivform von *acetosa*), kleiner Sauerampfer. Wurzel Adventivknospen treibend. St aufrecht oder aufsteigend. B spiefsförmig, mit wagerecht abstehenden oder aufwärts gerichteten Spiefsecken. Tuten in eine lanzettliche, zuletzt fransig zerschlitzte Spitze ausgehend. Äußere Perigonblätter *angedrückt*, innere *nicht* vergrößert, *ohne Schwiele*. Trockene Wälder, Wegeränder, Brachen, auf Sand. *Kalkmangel* anzeigend. Mai, Juni. In allen Teilen viel kleiner als *R. acetosa*, aber ähnlich. ♀. Samen 3kantig, kupferbraun.

2. *Blätter nicht pfeil- oder spiefsförmig*. Bl zwitterig. Zur sicheren Bestimmung ist die reife Frucht mit dem sie umgebenden Perigon nötig.

A. Innere Zipfel des Perigons ohne Schwiele.

R. aquaticus, Wasserampfer. B dünn, die unteren sehr groß, länglich-eiförmig, am Grunde tief herzförmig. ♀. Nasse Wiesen. Juli bis August. 1—2 m.

B. Innere Zipfel des Perigons mit Schwiele.

a) Blütentrauben bis zur Spitze beblättert.

R. maritimus. Zur Fruchtzeit oberwärts goldgelb überlaufen. B lanzettlich, innere Perigonzipfel jederseits mit 2 kleinen Zähnen. ☉. Juli—September. Sumpfränder, feuchte Äcker. 7—60 cm.

R. conglomeratus, geknäuelter A. Untere und mittlere B länglich oder länglich-herzförmig, Traube *unterbrochen*. ♀. Gräben. 0,30—1 m.

b) Blütentrauben blattlos oder nur unten beblättert.

α) Untere B am Grunde deutlich herzförmig.

R. sanguineus, blutroter A, innere Perigonzipfel lineal. 0,30—1 m.

R. obtusifolius, stumpfblättriger A. Traube unten beblättert. Innere Perigonzipfel mit je 3—5 Zähnen. 60—130 cm. Feuchte Gebüsche.

β) Untere B nicht herzförmig, am Grunde verschmälert.

R. hydrolápathum, Flufsampfer. Untere B sehr groß, länglich-lanzettlich. Trauben dick. Sumpfwiesen. Juli—August. Sehr hoch. 1—2 m.

R. crispus, krauser A., alle B stark wellig. Traube schmal, oft locker. Wiesen, Gräben, feuchte Äcker, gemein. 60—100 cm.

Alle wilden Rumex-Arten sind lästige Unkräuter, besonders die großen. In geringen Mengen dürfte der auf Wiesen so häufige Rumex acetosa, der infolge seines Gehaltes an Oxalsäure leicht abführend wirkt, dem Vieh zuträglich sein.

Polygonum (Name bei Dioskorides), Knöterich. Perigon meist 5 teilig, meist blumenkronenartig, rosa gefärbt. Stbb 4—8. Frk oft mit einem eingeschnittenen drüsigen Ringe umgeben (Nektarium). Frucht 3kantig oder flach, vom trocknen Perigon umgeben.

1. Stengel einfach.

P. Bistorta (bis doppelt, tortus gekrümmt, wegen der oft ~ gekrümmten Grundachse). Grundblätter groß, länglich-eiförmig oder länglich-lanzettlich, am Grunde gestutzt oder herzförmig, in einen *langen* geflügelten Blattstiel übergehend; obere Stengelblätter lanzettlich bis linealisch, sitzend. Scheinähre endständig, schön rosa oder rötlich-weiß, Fr 3kantig. ♀. 30—90 cm. Juni, Juli. Mäsig feuchte Wiesen, zerstreut, aber sehr gesellig und oft lästig, besonders im Gebirge.

2. Stengel ästig, jeder Ast mit 1 Ähre endend. Ähren dicht.

Polygonum amphibium, Ortwechselnder Knöterich. Wurzelstock kriechend. B länglich bis lanzettlich. Stbb 5. Fr linsenförmig, beiderseits gewölbt, scharfkantig. ♀. Feuchte Orte. Ändert sehr nach dem Standort. a) natans, St flutend, obere B schwimmend, langgestielt, kahl. b) terrestre, St aufrecht, drüsig behaart, B kurz, steifhaarig.

P. Persicaria, Pflirsichblättriger Knöterich. ☉. Blattstiele unter der Mitte der Tuten abgehend. Diese Gesamtart zerfällt in 3 Arten: 1. *P. tomentosum*, filziger Knöterich. Blütenstiel und Perigon *drüsig-rauh*. Perigon an der Fr mit hervortretenden Nerven. B eiförmig, länglich bis lanzettlich, oft in der Mitte mit schwarzem Fleck, unterseits drüsig punktiert, Tuten *locker*. Scheinähren kurz, stumpf, meist

grün. Fr *beiderseits vertieft*. 2. *P. nodosum (lapathifolium)*, knotiger oder ampferblättriger Knöterich. Blütenstiel und Perigon *drüsenlos*, Perigon ohne *starke* Adern. St an den Knoten stark verdickt. B unterseits drüsig punktiert, Tuten *locker*. Scheinähren am Grunde rispig, nach oben verschmälert, *rosa* oder *weiß*, nickend. Fr wie vorige. — 3. *P. Persicaria* (im engeren Sinne), gemeiner Knöterich. B lanzettlich, schwarz gefleckt. Tuten *eng* anliegend, kurzhaarig, ziemlich lang gewimpert. Scheinähren *rosa*, seltener *weiß*, stumpf. Fr *beiderseits flach* oder auf einer Seite gewölbt.

3. Stengel ästig, keine Ähre.

P. aviculäre, Vogelknöterich. Blüten blattwinkelständig. St meist niederliegend. Tuten oberwärts silberweiß. Eins der gemeinsten Unkräuter, besonders auf Wegen.

4. Stengel windend.

P. convolvulus, Windenknöterich. B herzpfeilförmig, Blstiel kürzer als der Fruchtknoten, nahe unter ihm gegliedert. *Auf Äckern lästiges Unkraut*. Fr 3kantig, schwarz, matt.

P. dumetorum. Blstiel so lang als der Fruchtknoten, unter der Mitte gegliedert, äußere Perigonb geflügelt. Fr glänzend, schwarz. Feuchte Gebüsche.

Fagopyrum, Buchweizen (fagus Buche, *πυρός* Weizen). Perigon 5 teilig, blumenkronenartig. Stbb 8. Frk von einem drüsigen Ringe umgeben. Griffel 3. Fr 3kantig. Blüten in sog. Wickeln in den Achseln von Hochblättern, Scheintrauben bildend.

F. esculentum, gemeiner B. St zuletzt meist rot. B so lang als breit, dreieckig-herzförmig. Perigon weiß oder rötlich. Fr mit scharfen Kanten. Aus Mittelasien; bei uns auf leichtem Boden, doch jetzt immer weniger angebaut.

F. tataricum, tatarischer B. B meist breiter als lang. Fr länglich-dreikantig, Kanten ausgeschweift. Perigon und St meist grün. Beides Honigblumen. Griffel verschieden lang (Heterostylie).

§ 15.

Neunte Reihe: Centrospermae. Mit zentraler oder grundständiger Placenta (Samenträger), d. h. Fruchtknoten *ohne Scheidewände*, und bei zentraler Placenta von unten her mehr oder weniger eingestülpt, wie der Boden einer Flasche, und an dieser Einstülpung die *gekrümmten* Samenanlagen.

Fam. 18. Chenopodiaceae, Gänsefußgewächse. B meist spiralig, d. h. wechselständig, zuweilen unentwickelt. Blüten oft mit 2 perigonartigen Vorblättern, Blumenkrone fehlt, also ein (häufig grünes) Perigon, meist

nach der Formel K 5, C 0, A 5, G (2). Fruchtknoten mit 1 *grundständigen* Samenanlage. Blüten klein, meist in dichten, begrenzten (cymösen) Blütenständen.

Beta (Pflanzenname bei Plinius). *B. vulgaris*, Runkelrübe. Perigon 5spaltig, am Grunde mit dem Fruchtknoten verwachsen. Stbb 5, einem fleischigen, den Fruchtknoten umgebenden Ringe eingefügt. Narben 2 oder 3, selten bis 5. Kapsel mit Deckel aufspringend. Same wagrecht, etwas seitlich angeheftet, mit *gekrümmtem peripherischem* Embryo, der das stärkereiche Nährgewebe (hier Perisperm) umgibt. Grundblätter groß, eine Rosette bildend, langgestielt, ei-herzförmig, stumpf, obere klein, länglich bis lanzettlich. St aufrecht, sehr ästig. Blütenstände in anfangs dichten, sehr langen Scheinähren, die aus einzelnen 2—3 (selten 4—5)-blütigen geknäuelten Trugdöldchen bestehen. Deckblätter der Trugdöldchen lineal-lanzettlich. Vorblätter fehlen. Narben meist 2 (oder 3), länglich-oval. Die 2—5 Perigone verwachsen zur Fruchtzeit miteinander und bilden die Rübenkerne. An den Küsten Südeuropas wild. Var. Rapa, Wurzel dick, spindelförmig, walzenförmig oder kugelig, weiß, rot oder gelb. Nachdem Marggraf, Berlin, 1747 den Rohrzucker in der Runkelrübe entdeckt hatte (er fand in der roten, auf frische Rüben berechnet, nur 0,49 %, in der weißen aber 1,56 %), nahm sein Schüler Achard, als dieser die erste Zuckerfabrik zu Cunern bei Steinau in Schlesien 1802 errichtete, besonders die *weiße*, rettichförmige als Ausgangsmaterial. Jetzt haben die Zuckerrüben 16—20 % Zucker. — Var. Cicla Mangold, Wurzel dünn, walzlich, Blätter breit, dickrippig, Gemüsepflanze. Meist werden nur die Blattstiele ähnlich wie Spargel gegessen.

Chenopodium (von *χῆν* Gans, podium Füßchen, bei de l'Ecluse). Wie Beta, aber Perigon 5teilig; kein fleischer Ring. Narben 2—5. Fruchtperigone nicht verwachsend. *Ch. album*, weißer Gänsefuß, gewöhnlich Melde genannt, lästiges Unkraut. Alle *Chenopodium*-Arten wie überhaupt die *Chenopodiaceae* lieben Düngerstätten (Chlornatrium und Stickstoff).

Atriplex, Melde. Blüten bei uns 1häusig. *A. hastatum*, spießblättrige Melde. Blütenhülle, d. h. die 2 Vorb, zur Fruchtzeit 3eckig, ganzrandig oder gezähnt. Wege, Schutt.

Spinacia oleracea L., Spinat. 2häusig.

Salsola Kali, gemeines Salzkraut. Blätter lineal-pfriemlich, stehend stachelspitz. Am sandigen Meeresstrande, im Binnenlande sehr zerstreut.

Salicornia herbacea (zuerst bei Dodoens, wohl nach dem französischen Namen salicor), krautartiges Glasschmalz, Queller. Blätter fehlen, Stengel ästig, saftig, gegliedert. Blüten fleischige Ähren. Am Meeresufer, besonders auf den Watten, selten im Binnenlande an salzigen Stellen.

Fam. 19. Amarantaceae. Perigon trockenhäutig, öfter gefärbt. Frk (bei uns) mit einem grundständigen Samen.

Amarantus (bei Ovid), Amaranth. Perigon meist 5 zählig, Fr quer aufspringend. *A. retroflexus*, rauhhaariger A. Rispe. Blätter hellgrün, eiförmig, kurz stachelspitz. Perigonblätter stachelspitz. Äcker und Gärten.

Albérzia (nach dem Direktor der Tierarzneischule Berlin, Albers, † 1857, benannt). Blüten meist 3 zählig. Fr nicht aufspringend. *A. blitum* (bliton, ein Küchengewächs bei Theophrastos), roter Heinrich. St oft rötlich. B dunkelgrün, eiförmig, vorn ausgerandet. An Strafsen, Rinnsteinen usw.

Polycnétum (πολύκνημον, Pflanzennamen bei Nikandros), Knorpelkraut. Perigon 5 blätterig, wie die 2 Vorblätter trockenhäutig. Stbb meist 3. Bl einzeln, achselständig. *P. arvense*. ☉. B linealisch-pfriemlich, stachelspitz. Äste niederliegend, dünn, 3—30 cm lang. Vorblätter so lang als das Perigon. Sandig-lehmige Äcker. Juli—Herbst. *P. majus*. ☉. Äste 5—15 cm lang, ziemlich dick, steif. B und Bl größer. Vorblätter länger als das Perigon. Fr groß, sonst wie vorige. Sonnige Hügel, Brachäcker, gern auf *Kalk*, nur in Mittel- und Süddeutschland. Oft von der Tracht der *Salsola Kali*. (Siehe S. 238.)

Fam. 20. Portulacaceae. Kelch 2 spaltig. Bl 4—6 blätterig, bei *Montia* trichterförmig.

Montia (nach G. Monti, Prof. der Botanik zu Bologna, Anfang des 18. Jahrh.). Meist *Wasserpflanzen*. *M. minor*. B gegenständig, spatelförmig, fleischig. ☉. Überschwemmte Stellen, Ufer, zerstreut. *M. rivularis*. ♀. Stengel untergetaucht, flutend. Sehr zerstreut, besonders in Gebirgsbächen, dort fußlang. Auch im Winter grün. Zeigt *gutes Rieselwasser* an. Bl klein, weiß.

Fam. 21. Caryophyllaceae, Nelkengewächse. Blätter meist *gegenständig*. Bl meist in Trugdolden (cymös). Meist mit Kelch und Krone. K 5, C 5, A 5 + 5 (oder 5), G (5—2). Frk meist mit *zentraler* Placenta.

Unterfamilien:

A. Kelchblätter *verwachsen*, Blumen meist groß und schön, Narben getrennt.

1. Silenoideae.

B. Kelchblätter *frei*, Griffel bezw. Narben frei oder verbunden:

I. Fr vielsamig, Kapsel meist an der Spitze mit Zähnen sich öffnend. Bl kleiner, meist weiß

2. Alsinoideae.

II. Fr bei uns 1 samig, nicht mit Zähnen aufspringend, Pflanzen klein:

a) B wechselständig (spiralig) oder gegenständig, mit trockenhäutigen Nebenblättern

3. Paronychioideae.

b) B gegenständig, ohne Nebenblätter . . .

4. Scleranthoideae.

1. Von den schön blühenden Gattungen der *Silenoideae*, der eigentlichen Nelkengewächse, kommen hier besonders in Betracht:

Silène (Name bei de l'Obel). Narben 3. Kapsel am Grunde 3 (—5)-fächerig. *S. vulgaris* (*S. venosa*, *S. inflata*), gemeiner oder aufgeblasener Taubenkropf. Kelch groß, eiförmig, aufgeblasen, netzaderig, kahl. Krone weiß. ♀. 25—50 cm. Laubwälder, trockene Wiesen, unbebaute Orte. Juni—September.

Meléndryum (Pflanzenname bei Plinius, μέλας schwarz, δρῦς Eiche). Blumenblätter mit 2 Zähnen (Krönchen) am oberen Ende des Nagels, die etwa dem Blatthäutchen der Grasblätter entsprechen, Platte 2spaltig. *M. album*, weiße Lichtnelke. Stengel zottig, obere Blätter eilanzettlich, nebst den Blütenstielen und Kelchen drüsenhaarig. Narben 3. ☉ und ♀. Blüten weiß, öffnen sich am Nachmittag oder gegen Abend, wohlriechend. 2häusig. Die ♀ mit dickem Fruchtknoten und deswegen auch dickerem Kelch. Wegränder, sonnige Hügel. Mai—Herbst.

Coronária. Narben 5. Blumenblätter mit Krönchen. *C. flos cüculi*, Kuckucksblume. Untere Blätter spatelförmig, obere linealisch-lanzettlich. Kronenblätter bis über die Mitte 4spaltig, rosenrot, selten weiß. ♀. Feuchte Wiesen, gemein. Mai, Juni.

Agrostemma (ἀγρός Acker, στέμμα Kranz). Narben 5. Blumenblätter ohne Krönchen, ungeteilt, mit Flügelleisten. Kelch mit sehr langen laubartigen Zähnen. *A. Githágo* (gith Schwarzkümmel, wegen der Ähnlichkeit der Samen), Kornrade. Graufilzig und zottig. Blumenblätter kürzer als die Kelchzähne, purpurn. Unter der Saat. Die großen, schwarzen, niereenförmig-dreieckigen Samen sollen giftig sein, doch haben Hagemanns Versuche an Tieren das nicht ergeben. Nach Winkelmann sollen sie das Brot wasserstreifig machen.

Diánthus, Nelke (Διός des Zeus, ἄνθος Blume). Kelch von Kelchschuppen umgeben. Narben 2. *D. Carthusianórum*, Karthäusernelke. Blüten meist zu 6 in einem büscheligen Köpfchen. Kelchschuppen braun. Grasige Hügel. Purpurn. ♀. 30—45 cm. Juni—August. Fehlt im größten Teil des nordwestlichen Deutschlands. *D. deltoides*, deltafleckige Nelke. Blüten einzeln, purpurn mit weißen Flecken, die ein Dreieck, das griechische große Delta Δ, bilden. Kelchschuppen grün. Trockene Wiesen und Wälder, gern auf Sand. Juni—Herbst.

2. Unterfamilie. *Alsinoideae*. Wichtigste Gattungen: *Stellária*, *Cerástium* und *Spérgula*.

Stellaria (Pflanzenname bei Brunfels), Sternmiere. Griffel 3. Kapsel 6klappig. Blb 2spaltig oder 2teilig, weiß. *S. media*, Vogelmiere. ☉. Auf Kulturland überall. St rund, einreihig behaart. *S. palustris* (*S. glauca*), meergrüne S. St kantig, aufrecht. Blätter etwas fleischig, lineal-lanzettlich, die unteren eiförmig. Deckblätter trockenhäutig. Blütenstand

armblütig. Blb meist doppelt so lang als der Kelch. ♀. Feuchte Wiesen. *S. graminea*. St kantig, schlaff. B lanzettlich, spitz, am *Grunde gewimpert*. Blütenstand weitschweifig-ästig, reichblütig. Deckblätter *gewimpert*. Bl meist kleiner, nur so lang als der Kelch, sonst wie vorige. Wiesen, Grasplätze usw.

Cerastium, Hornkraut (*κέρας* Horn, wegen der Gestalt der Kapsel). Griffel meist 5. Kapsel 10zählig. *C. arvense*. Acker-H. Blühende St aufsteigend, St und B kurzhaarig. B länglich-lineal-lanzettlich. Blumenblätter doppelt so lang als der Kelch, groß, weiß. ♀. 10—20 cm. April, Mai. Wiesen, Raine, gemein. *C. semidecandrum*, 5männiges H. Bl kaum länger als der K. Deck- und Kb am Rande trockenhäutig. Acker, Wegränder, gemein. ☉ und ☺. Stengel alle blühend. *C. caespitosum*, St an den Knoten wurzelnd, einige liegend und nicht blühend. Sonst wie vor. (syn. *C. triviale*). Wiesen, gemein. April—Oktober.

Spergula (zuerst bei de l'Obel), Spark oder Spörgel. Blb weiß, ungeteilt, Gr 5. Blätter sehr schmal-lineal, mit häutigen Nebenblättern. Blätter in ihren Achseln Zweige mit verkürzten Gliedern tragend, wodurch die *Blätter scheinbar quirlständig* werden. Bl in lockeren Trugdolden, ihre Stiele nach dem Verblühen *heruntergeschlagen*. *S. arvensis*. B unterseits mit einer Furche, lineal. Same schwarz, linsenförmig, mit sehr schmalen glattem Flügelrande. Auf Sand; häufig kultiviert unter dem Namen *S. maxima*. Gutes Milchkfutter. ☉. 10—15 cm. Juni bis September.

Honckenya (nach G. A. Honckeny, † 1805, Amtmann in Holm bei Prenzlau). *H. peploides* (Alsine p.). Blätter eiförmig, dick, fleischig, starr, dicht, in 4 Zeilen absteht. Befestigt den losen Sand am Meeresstrande.

3. Unterfamilie *Paronychioideae*. *Herniaria glabra* (zuerst bei Dodoens; hernia Bruch, wogegen diese Pflanze früher Anwendung fand), glattes Ferkel- oder Bruchkraut. St gelbgrün, niederliegend, ganz mit kleinen grünen Blüten bedeckt. B gegenständig, elliptisch. St 5—15 cm. ♀. Sandfelder, trockene Grasplätze. Juli—Herbst.

4. Unterfamilie *Scleranthoideae*.

Scleranthus annuus (*σκληρός* hart, *άνθος* Blume), 1jähriger Knäuel. Klein. Trugdolden achsel- und endständig. Kelchzipfel spitzlich, *schmal-hautrandig*, zur Fruchtzeit absteht. Juli—Herbst. *S. perennis*, ausdauernder Knäuel. Trugdolden fast nur endständig. Kelchzipfel stumpf, *breit-hautrandig*, zur Fruchtzeit anliegend. Mai—Herbst. Beide auf sandigen Äckern, Grasplätzen usw.

§ 16.

Zehnte Reihe: Ranales (dies Wort gebildet aus Ranunculaceae) oder Polycarpicae. Stbb zahlreich. Frb meist apokarp, d. h. nicht mit Grundlehren der Kulturtechnik. Erster Band. I. Teil. 4. Auflage. 16

einander zu einer Kapsel usw. verwachsen, sondern jedes für sich bleibend, wie z. B. bei den Ranunkeln, noch deutlicher bei *Caltha palustris*.

Fam. 22. Nymphaeaceae, Seerosengewächse. Hierher *Nymphaea alba*, weiße Seerose, und *Nuphar luteum*, gelbe Seerose; beide mit sehr dickem, kriechendem Rhizom, erstere meist in bis 2 m, letztere in bis 1 m Wassertiefe. Die Länge der Stiele richtet sich nach der Tiefe des Wassers; sie kann nach Conrad, *The Waterlilies*, bei Nymphaeaceen bis 6 m gehen. Gutes Rieselwasser anzeigend.

Fam. 23. Ceratophyllaceae, untergetauchte Wasserpflanzen mit vielgliederigen Quirlen durchscheinender, später knorpeliger, doppelt- oder mehrfach-gabeliger Blätter. 1 häusig. Blüten ohne Blumenblätter, einzeln in den Blattachseln. *Ceratophyllum* (*κέρας* Horn, *φύλλον* Blatt), Hornblatt. *C. demersum* und *submersum*. Erstere gemein. B 1—2 mal gabelspaltig mit 2—4 fadenförmigen Zipfeln, dicht stachelig gezähnt.

Fam. 24. Ranunculaceae (ranunculus = kleiner Frosch). B meist wechselständig. Blütenteile oft nicht in deutlich geschiedenen Quirlen, sondern spiralig angeordnet. Blüten mit Kelch und Krone oder gefärbtem Perigon; die Kronenblätter oft zu Nektarien umgewandelt. Stbb *zahlreich*, meistens mehrere Spiralumgänge einnehmend. Frk (FrB) meist *zahlreich*, spiralig angeordnet, nicht miteinander verwachsen. Samenanlagen entweder in 1 oder 2 Zeilen längs der Bauchnaht (z. B. bei *Caltha palustris*, wo sie 1reihig) oder einzeln am Grunde der Bauchnaht. Meist Stauden ohne Nebenblätter, aber mit entwickelten Blattscheiden. Insektenblüher. Viele giftig.

Auf Wiesen sind häufig:

Caltha palustris (bei Vergilius und Plinius eine gelbe Blume), Kuh- oder Dotterblume (Fig. 25). Blumenkrone fehlt. Die 5 Kelchblätter schön dottergelb. Die 5—10 Fruchtknoten werden zu ebenso vielen Balgfrüchten, d. h. sie springen nur auf 1 Seite auf. Der Nektar wird von 2 flachen Vertiefungen an beiden Seiten jedes Fruchtknotens ausgeschieden (Kirchner). Untere Blätter gestielt, herzförmig, obere nierenförmig. Sumpfwiesen, gemein. April, Mai. *Giftig*. Wiesen mit viel *C. palustris* rechnet Hüser in seinem sehr empfehlenswerten Buch „Die Zusammenlegung der Grundstücke“, Berlin 1890, S. 47, zur 9. Klasse.

Ranunculus, Hahnenfuß. Blätter meist tief geteilt. Mit Kelch und Krone, beide meist 5 blätterig. Blumenblätter mit Honiggrube, meist hinter einer Schuppe. *R. acer*, scharfer H. (Fig. 26). Untere Blätter handförmig tief geteilt. Blütenstiel stielrund. Wiesen, gemein. Frisch giftig. *R. repens*. Mit kriechenden oberirdischen Ausläufern. Blütenstiel *gefurcht*. Wiesen. *R. bulbosus*. St am Grunde knollig verdickt. Blütenstiel *gefurcht*, Kelchblätter *zurückgeschlagen*. Trockene Grasplätze.

Giftig. *R. arvensis*. Früchtchen 4—8, groß, *seitlich zusammengedrückt*, netzig, meist *stachelig*. Auf *lehmigen* Äckern, besonders in Mittel- und Süddeutschland, namentlich in Winterfrüchten. *R. sceleratus*, Gift-H. ☉. Blütenachse zur Fruchtzeit *zylindrisch*. St hohl. B fleischig, glänzend. Am Wasser. *Sehr giftig*. — *Ungeteilte* elliptische Blätter besitzen: *R. Flammula* und *Lingua*, beide am Wasser, ersterer 30—45, letzterer 60—120 cm.

Mehrere Arten sind *Wasserpflanzen*; besonders häufig: *R. aquatilis*, Wasser-H. *Untere* B untergetaucht, *vielteilig*, mit borstlichen Zipfeln, *obere* B meist schwimmend, dann *herzförmig*, 3- oder 5 lappig. ♀. Mai



Fig. 25. *Caltha palustris*.

a Rückseite der Blüte; b Staubgefäße;
c die Fruchtknoten; d die Früchtchen;
e Einzelfrüchtchen.



Fig. 26. *Ranunculus acer*.

a Fruchtköpfchen; b Früchtchen,
längs durchschnitten.

bis August. Stehende und fließende Gewässer. Bl weiß. Zeigt gutes Rieselwasser an, sofern er nicht im Salzwasser vorkommt.

§ 17.

Elfte Reihe: Rhoeadales, Mohnreihe, im weiteren Sinne. Meist Kräuter, meist nach der Zwei- oder Vierzahl.

Fam. 25. Papaveráceae. K 2, C 4, A 4 — ∞, G (2—16). Meist mit Milchsaft.

Papáver (Pflanzenname bei den Römern). ☉ oder ☉. Kapsel 4—20 fächerig, sich unter der 4—20 strahligen Narbe mit ebensoviel

kleinen Klappen öffnend. Blumenblätter bei uns rot, bei dem gebauten Gartenmohn *Papaver somniferum* mit stengelumfassenden Blättern aus Südeuropa und Orient, lila oder weiß, am Grunde lila, dann auch Same weiß, oder purpurn usw., dann Same schwarzblau.

1. Staubfäden oberwärts verbreitert, Kapsel mit Borsten, Narbenschleibe am Rande schwach ausgebuchtet. Narbenstrahlen 5—6, hoch.

P. Argemone, Sand-Mohn. St steifhaarig. Kapsel *verlängert keulenförmig*, mit zerstreuten *aufrechten* Borsten (die mitunter fehlen). Blb dunkelscharlachrot, am Grunde schwarz gefleckt. ☉ und ☺. Sandige und lehmige Äcker. Mai—Juli. *P. hybridum*, Kapsel rundlich. Selten.

2. Staubfäden pfriemenförmig, Kapsel kahl, Narbenschleibe kerbig gelappt. Narbenstrahlen 7—12, niedrig.

P. Rhoëas (ῥοιὰ, wahrscheinlich wegen der Ähnlichkeit der Blütenfarbe mit der des Granatapfels), Klatschrose, Klatschmohn. Abstehehend borstig behaart. Blumen größer als bei beiden vorigen, scharlachrot, oft am Grunde schwarz gefleckt. Kapsel *verkehrt-eiförmig*, kahl. Narbenlappen 7—13, sich deckend. Äcker, besonders auf besserem (*lehmigem*) Boden, im Osten seltener. Juni, Juli. *P. dubium*. Blütenstiel von anliegenden Haaren rauh. Blb scharlachrot. Kapsel *länglich-keulenförmig*. Narbenlappen 7—9, sich nicht deckend. Sandige Äcker, weniger häufig als voriger. Alle wilden Mohnarten sind lästige Ackerunkräuter.

Fam. 26. Cruciferae, Kreuzblütler. K 2 + 2, C 4, diagonal, A 2 kurze + 2 × 2 lange, G (2). Blüten in Trauben. Fr eine Schote oder, wenn kurz, ein Schötchen. Häufig Honigdrüsen an der Basis des Frk (meist 4).

Nasturtium (Name einer scharfen Gemüsepflanze bei Plinius). Blumen gelb oder (bei *N. officinale*, Brunnenkresse) weiß. Fr kugelig bis linealisch. Meist am Wasser. *N. amphibium* (ἀμφίβιον, doppel-lebig). Blätter länglich, untere oft kammförmig eingeschnitten, obere gezähnt. Schötchen fast *kugelig*. *N. silvestre*. B fiederspaltig oder gefiedert. Schoten *linealisch*. *N. palustre*. Bl blaßgelb, klein, so lang als der Kelch. B fiederspaltig. Schoten länglich, *gedunsen*.

Barbarea, Winterkresse. Schote linealisch, abgerundet 4 kantig. Narbe stumpf oder ausgerandet. *B. vulgaris*. ☉. Untere B leierförmig-fiederteilig, Endlappen sehr groß, rundlich-eiförmig. Bl gelb, fast doppelt so lang als der Kelch. Schoten aufrecht abstehehend. Wiesen, feuchte Äcker. 30—60 cm. Mai—Juli.

Türritis glabra, glattes Turmkrant. St einfach, bis 1,25 m hoch. Obere Blätter tief herzpfeilförmig, stengelumfassend. Bl klein, gelblich-weiß. Steinige Orte, Gebüsch usw.

Arabis, Gänsekresse. Schoten linealisch, meist zusammengedrückt. *A. hirsuta*, rauhhaarige Gänsekresse. Stengelblätter länglich-eiförmig,

am Grunde kurz pfeilförmig, mit *abstehenden* Öhrchen. ☉. Trockene Wiesen, Waldränder, zerstreut. Bl klein, weifs. Mai, Juni. *A. arenosa*. ☉. Oft ♀. Untere Blätter rosettig, leierförmig-fiederspaltig; die obersten kurzgestielt, länglich-lanzettlich. Bl mittelgrofs, weifs oder lila. Schoten abstehend. Wiesen, auf Sand, Lehm und Humus. April bis September.

Cardamine (*καρδαμίνη* bei Paulos Aiginetes Pflanzennamen), Schaumkraut (Fig. 27). B gefiedert. Schote linealisch. *C. pratensis*, Wiesen-Schaumkraut. St *rund, hohl*. Grundblätter *rosettig*, mit rundlichen Fiederblättchen. Stengelblätter mit linealischen Blättchen. Blumen lila oder weifs, 2 mal so lang als die Staubblätter. Antheren gelb. ♀. Feuchte, besonders saure Wiesen, gemein. März—Mai. 30 cm. *C. amara*, bitteres Schaumkraut. Wurzelstock kriechend, ausläufertreibend. St kantig, nicht hohl. Untere Blätter nicht rosettig, Fiederblättchen eckig gezähnt. ♀. Quellen, Gräben. April, Mai. Staubbeutel violett. Blumen weifs oder lila, wenig länger als die Staubblätter.

Sisymbrium officinale, gebräuchlicher Raukensenf. Bl klein, gelb, in langen, blattlosen Trauben. Schoten steif, der Achse angedrückt. An Wegen.

Stenophragma Thalianum. Bl klein, weifs. Grundblätter rosettig, länglich. Sandfelder, Brachäcker, gemein. ☉, auch ☉. April, Mai, seltener Herbst.

Erysimum (Pflanzennamen bei Theophrastos), Schotendotter. *E. cheiranthoides*. Bl goldgelb. Blätter länglich-lanzettlich. Schoten scharf 4 kantig, doppelt so lang als ihr Stiel. Äcker, Flusssufer, häufig. ☉ oder ☉. Mai—Herbst. 30—60 cm. — *E. odoratum*, wohlriechender S. Blütenstielchen kürzer als der Kelch, Bl ansehnlich, zitronengelb. Schoten grau mit grünen Kanten. ☉. Kalkberge, fast nur in Mittel- und Süddeutschland. — *E. crepidifolium*, pippaublättriger S. *Gänsesterbe* im Saaltal. 30—60 cm. Blütenstielchen wie vor, B lanzettlich, geschweift-gezähnt oder ganzrandig, mit *einfachen* und 3 spaltigen Haaren. Schoten fast *stielrund*, aufrecht abstehend, kaum dicker als das verdickte Stielchen. Häufig in Thüringen und Franken. *Giftig* für Gänse! (Nach Zopf.) Blumen hellschwefelgelb, geruchlos.

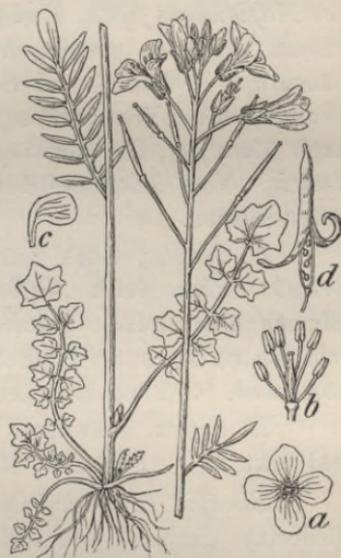


Fig. 27. *Cardamine pratensis*. a Vorderseite der Blüte; b Staubgefäße und Fruchtknoten; c Kronblatt; d reife Schote.

Brássica (Pflanzenname bei Cicero), Kohl (im weiteren Sinne). Schote linealisch, stielrund oder fast 4kantig. Bl gelb.

a) Staubfäden sämtlich aufrecht. Same glatt:

B. olerácea, Kohl. Traube locker. Kelch aufrecht. Schoten auf abstehenden Stielen aufrecht.

b) Die 2 kürzeren Staubfäden abstehend aufrecht. Same fein grubig punktiert:

B. Rapa, Rübsen, auch Wasser-Rübe. Untere Blätter *grasgrün*, leierförmig-fiederspaltig, *steifhaarig*, obere eiförmig oder lanzettlich mit *herzförmigem Grunde*, stengelumfassend, blaugrün, kahl. *Traube während des Aufblühens flach*, Knospen von den geöffneten Blüten überragt. Kelch zuletzt wagrecht abstehend. Bl goldgelb. Schoten fast aufrecht. Aus Südeuropa. Winter- und Sommerfrucht. Die Varietäten mit verdickter Wurzel heißen Wasserrüben, Mairüben, Stoppelrüben, Teltower Rüben usw., engl. Turnips. Die verwilderte sehr schwächliche Form heißt *B. campestris*. Vom Ackersenf durch die herzförmigen blaugrünen oberen B zu unterscheiden.

B. Napus, Raps, auch Kohlrübe, Wruke. Alle Blätter blaugrün. *Traube schon beim Aufblühen verlängert*, Knospen die aufgeblühten Blumen überragend. *Staubbeutel* an der Spitze mit einem *roten Punkt* (am besten an kaum aufgeblühten Bl zu sehen). Kelch zuletzt aufrecht abstehend. Schoten abstehend.

B. nigra, schwarzer Senf. Schoten kürzer, an die Traubenachse gedrückt. ☉. Flusufer, Mittel- und Süddeutschland. Auch gebaut.

Sinápis (Pflanzenname bei Plinius). *S. arvensis*, Ackersenf, auch Hederich genannt (der echte Hederich ist *Raphanus Raphanistrum*). Blätter eiförmig oder länglich, buchtig gezähnt, kurzgestielt, unterste fast leierförmig-fiederspaltig. Kelch *wagerecht* abstehend. Bl *goldgelb*. Schoten doppelt so lang als ihr abfallender Schnabel. Same schwarz. Sehr lästiges Unkraut, besonders unter Sommergetreide. Wird oft mit *Raphanus Raphanistrum* verwechselt. *S. alba*, weißer Senf. B. gefiedert, Schoten steifhaarig, Schnabel bleibend, sichelförmig.

Ráphanus Raphanistrum (*ῥάφανος*, antiker Name des Rettichs), Acker-Rettich, echter Hederich. *Schote* bei der Reife hart, *perlschnurartig*, quer in die 1samigen Stücke zerfallend (Gliederschote). Kelch *aufrecht*. Blumenblätter hellgelb mit violetten oder gelben Adern, selten weiß oder lila. Sehr lästiges Unkraut unter Sommergetreide. *R. sativus*, Rettich, Radieschen. Schote schwammig, nicht aufspringend. Bl weiß oder violett. Sinap^{us} *arvensis* und *Raphanus Raphanistrum* werden neuerdings durch Bespritzen mit 15%iger Eisenvitriollösung, wenn sie das 3.—4. Blatt gebildet haben, vertilgt.

§ 18.

Zwölfte Reihe: Rosales.

Fam. 27. Saxifragaceae. Frb meist 2, unter- bis oberständig. Same mit reichlichem Nährgewebe. Sonst meist wie die Rosaceae.

Saxifraga (saxum Felsen, frangere brechen). Bl meist 5 zählig, Kapsel 2 fächerig. Viele Arten in den Gebirgen.

S. granulata, körniger Steinbrech. Grundblätter rosettig, langgestielt, rundlich-nierenförmig, gekerbt, die unteren in ihren Achseln Zwiebeln tragend. Bl weiß. ♀. Sonnige Hügel, Grasplätze. Mai, Juni.

Parnássia, Herzblatt. Vor den Blb 5 Nebenkronen-B mit borstigen, drüsentragenden Wimpern. *P. palustris*, Sumpf-H. Untere B herzförmig, langgestielt, das einzige Stengelblatt stengelumfassend. St einblütig. Bl groß, weiß. Frb 4. ♀. Feuchte Wiesen. Juli—September.

Fam. 28. Rosaceae. Blütenformel meist K_5, C_5 (selten 0), $A_n 5, G_5$ oder $n 5$ oder 4 bis 1, wobei $n = 2, 3$ oder 4, selten mehr sein kann. Same meist ohne Nährgewebe. B spiralig, meist mit Nebenblättern, oft gefiedert oder gefingert. Blütenachse sehr verschieden, konvex z. B. bei der Erdbeere, flach bei Spiraea, schüsselförmig beim Steinobst, oder becherförmig beim Kernobst und Rosen. Kelch, Blumenblätter und Stbb am Rande der Blütenachse (des Kelchbechers) um den Frk (perigynisch), so z. B. beim Steinobst, oder oberhalb desselben stehend (epigynisch), so beim Kernobst. Frb jedes für sich bleibend (apokarp), der gewölbten oder zylindrischen oder becherartig vertieften Blütenachse eingefügt oder (beim Kernobst) mit der Innenwand der hohlen, fleischig werdenden Blütenachse vereint, Balgkapseln, Schliefsfrüchte oder eine Steinfrucht, oder bei Verdickung der Blütenachse eine Apfelfrucht bildend. Nebenblätter oft dem Blattstiel angewachsen. Hierher *Rosa*, *Spiraea*, *Pirus*, *Prunus*, *Fragaria* usw.

Übersicht der auf Wiesen vorkommenden Gattungen:

1. Bl sehr klein, kronenlos, in grünlichen rötlichen oder dunkelbraunen Köpfchen:
 - a) B rundlich, handförmig gelappt. Kelchsaum 8 spaltig, grün, mit 4 (oder 1) Stbb, Trugdolden *Alchemilla*.
 - b) B unpaarig gefiedert. Kelch rotbraun oder grünlich-rot. Kugelige oder längliche Köpfchen . . . *Sanguisorba*.
2. Bl etwas größer, mit Kelch und Krone, weiß, in Rispen oder Doldenrispen. B fiederteilig . . . *Filipéndula (Ulmária)*.
3. Bl groß, mit Aufsenkelch, B gefiedert oder gefingert:
 - a) Blumenblätter lanzettlich, zugespitzt, bleibend, schwarzpurpurn . . . *Cómarum*.
 - b) Blumenblätter rundlich, zuweilen 4, gelb (selten weiß). Griffel abfallend . . . *Potentilla*.
 - c) Blb gelb oder rötlich. Griffel bajonettartig, hakig *Géum*.

Alchemilla vulgaris (zuerst bei Bock), gem. Taumantel. Grundblätter langgestielt, rundlich, mit 5—9 halbkreisförmigen, gesägten Lappen. Fruchtbare Wiesen, an Bächen. 15—30 cm.

Sanguisorba officinalis (sanguis Blut, sorbere einsaugen), (*Poterium officinale*) gemeiner Wiesenknopf. Bis 1 m hoch. Fiederblättchen 7 bis 13, gestielt. Bl meist ♂. Ährchen (Köpfchen) rundlich oder länglich, dunkelbraun. Zeigt gute, mäsig feuchte Wiesen an. Juni—September.

S. minor (*Poterium Sanguisorba*), kleiner W., Pimpernelle (nicht zu verwechseln mit dem Doldengewächs Pimpinella, S. 256). Blättchen 9—25. Ährchen rundlich, grün, die oberen Blüten in denselben ♀, die unteren ♂, mit 20—30 Stbb, die mittleren oft ♀. Narben purpurn. Kelchbecher bei der Reife runzelig, steinhart, grau. (Als Verunreinigung unter Esparsettesaat.) ♀. 30—60 cm. Mai—Juli. *Kalkhold*.

Filipendula Ulmaria (*Spiraea Ulmaria*, *Ulmaria pentapetala*), ulmenblättrige oder Sumpf-Spierstaude, Wiesenkönigin, Mädestüfs. Grundachse knollig. Fiederblättchen groß, eiförmig, das endständige handförmig geteilt. Bl gelblich-weiß, in Trugdolden, stark nach spiriger Säure (wie Bittermandelöl) riechend. Feuchte Wiesen. ♀. 60—120 cm. Juni bis August.

F. hexapétala (*Spiraea Filipendula*, *Ulmaria Filipendula*), knolliges S. Wurzeln in der Mitte knollig verdickt. St oberwärts fast blattlos, Fiederblättchen kleiner, länglich, gesägt oder fiederspaltig, eingeschnitten. Bl weiß, außen oft rötlich. Trockene Wiesen, nicht überall.

Comarum palustre (κόμαρον, bei Theophrastos die Fr von κόμαρος Erdbeerbaum), Sumpf-Blutauge (Fig. 28). Halbstrauch, auf Sumpfwiesen und in Torfstümpfen. Rhizom weitkriechend. B. unpaarig gefiedert, Blättchen länglich, scharf gesägt, unterseits blaugrün. Blumenblätter kürzer als der Kelch. Durch die schwarzpurpurne Farbe leicht auffallend. 30—60 cm.

Potentilla (von potens mächtig, kräftig, wegen angeblicher Heilhaft), Fingerkraut. Bl aufser bei *P. alba* gelb. 1. *Blätter fiederspaltig*. Hierher nur das lästige Unkraut *P. Anserina*, Gänse-Fingerkraut, mit *unterbrochen gefiederten*, unterseits weißfilzigen Blättern. St kriechend. Wiesen. ♀. Mai—Juli. 20—50 cm lang. Nimmt besseren Pflanzen den Platz durch ihre Blattrossetten und vermehrt sich durch Ausläufer sehr stark.

2. *Blätter 3—5 zählig, gefingert: P. argétea*. B 5 zählig, Blättchen keilförmig bis lineal, unterseits silberweiß. Trockene Grasplätze. ♀. Juni, Juli. 15—30 cm. *P. reptans*, kriechendes Fingerkraut. Scheinachse 30—60 cm lang, kriechend, meist ohne Laubzweige. B fußförmig-5 zählig. Bl meist 5 zählig. Feuchte Wiesen. Juni—August.

Potentilla silvestris (*P. Tormentilla*), Blutwurz. St aufsteigend, 15—30 cm. Stengelblätter 3zählig. Bl meist 4zählig. Feuchte Wiesen, Triften, Wälder. Juni—August.

Geum (Name bei Plinius) *urbánum*, gemeine Nelkenwurz. Bl goldgelb. 4. 30—60 cm. Mai—Juli. Gebüsche. *G. rivále*, Bach-N. Bl blaßgelb, aufsen rotbraun überlaufen. Feuchte Wiesen. 4. 20—50 cm. Mai—Juni.



Fig. 28. *Comarum palustre*.

a Blüte ohne die Kronblätter; *b* Kronblatt; *c* Fruchtboden; *d* Einzelfruchtknoten mit Griffel.



Fig. 29. *Geranium pratense*.

a Blüte, deren Kronblätter abgefallen; *b* Staubgefäße und Fruchtknoten nach der Blütezeit; *c* Längsdurchschnitt durch die Fruchtknotensäule; *d* sich abrollendes Teilfrüchtchen.

Fam. 29. Leguminosae, Hülsenfrüchte. Wird ihrer besonderen Wichtigkeit wegen in Kapitel VII eingehender behandelt werden.

§ 19.

Dreizehnte Reihe: Geraniales. Meist 5 gliedrig. Frb meist je mit 2—1 Samenanlagen.

Fam. 30. Geraniaceae, Storchschnabelgewächse. Frb (Klappen) vor den Kelchblättern stehend. Fr (Storchschnabel) in 5 geschnäbelte Teilfrüchte zerfallend. Blätter meist handförmig gelappt oder geteilt.

Geranium (*γέρανός* Kranich, wegen der langen Fruchtschnäbel), Storchschnabel (Fig. 29). Granne (Schnabel) der Fruchtklappen bei der Reife in *einer* Ebene kreis- oder bogenförmig eingerollt (bei der Gattung *Erodium* spiralig).

I. Ausdauernde Arten. a) Blumenblätter ungeteilt. α) Blütenstiel *2blütig*: *G. pratense*. St oberwärts drüsig behaart. Blume *blau*. Stiel der einzelnen Blüten nach dem Verblühen abwärts gebogen. Staubfäden aus eiförmigem Grunde plötzlich verschmälert. Zeigt die *besten* Wiesen an. 50—90 cm hoch. Juli, August. *G. palustre*. St oberwärts drüsenlos behaart. Staubfäden allmählich verschmälert, sonst ziemlich wie voriges, Blb violett-purpurn. Wiesen, feuchte Laubwälder. — β) Blütenstiel *1blütig*: *G. sanguineum*. Bl hellpurpurn. Sonnige Hügel, trockene Waldwiesen

b) Blumenblätter herzförmig 2spaltig, ziemlich klein. Blütenstiel *2blütig*. *G. pyrenaicum*. St oben drüsig weichhaarig. Waldwiesen in Süddeutschland, öfter aber auf Grasplätzen usw. verwildert.

II. Einjährige Arten. Bl meist klein. Hierher *G. pusillum*, lila; *G. dissectum* (auf Lehmäckern), purpurn; *G. Robertianum*, in feuchten Gebüschchen, unangenehm riechend.

Erodium (ἔρωδιός Reiher), Reiherschnabel. *E. cicutarium*, schierlingsblättriger R. Rauhaarig, B gefiedert, Bl lilapurpurn. ☺ und ☻. Sandfelder, trockene Grasplätze, gemein.

Fam. 31. Polygalaceae (πολύς viel, γάλα Milch). Blüten zygomorph (nur durch *eine* Ebene symmetrisch teilbar). Kelch bleibend, 5 blättrig, seine 2 seitlichen Blätter (Flügel) größer, *blumenblattartig*. Stbb 8, unterwärts zu einer Röhre verbunden, je 4 weiter hinauf vereinigt.

Polygala (Pflanzenname bei Plinius), Kreuzblume. Blumenblätter 3—5, mit den Stbb verwachsen, das vordere gefranst. Kapsel verkehrt-herzförmig. *P. vulgaris*. Obere Blätter lineal-lanzettlich, Tragblätter die Blüte beim Aufblühen nicht überragend. Bl blau, rosa oder weiß. ♀. Etwas trockene Wiesen. Mai—Juli. *P. comosa*. Blüten schopfig, weil die Tragblätter die Blüten schon vor dem Aufblühen überragen. Schmutzig rosenrot, selten weiß. Liebt Kalk (Orchideenwiesen, Diluvialhügel). *P. amara*. Untere Blätter verkehrt-eiförmig, meist eine *Rosette* bildend, obere keilförmig-länglich. Seitennerven der Flügel aufsen aderig, mit nicht verbundenen Nerven. Bei uns hellblau oder milchweiß, auch rot. ♀. Mälsig feuchte, anmoorige Wiesen. Mai, Juni. 5—15 cm.

Fam. 32. Euphorbiaceae, Wolfsmilchgewächse. Meist mit Milchsaft. Blüten ♂, ♀. Fr meist eine in 3 Teile sich spaltende Kapsel.

Euphorbia, Wolfsmilch. Die als einzelne Blüten erscheinenden Gebilde stellen einen ganzen Blütenstand dar, der von einem Hüllbecher mit 4—5spaltigem Saum umgeben ist. Saumlappen dick, drüsig, oft halbmondförmig und gelbgrün (Drüsen genannt). Im Becher 1 langgestielte ♀ Bl mit 3 Griffeln und zahlreiche ♂ Blüten, die auf 1 Stbb reduziert sind. *E. Ésula*. B glanzlos, verkehrt-länglich- bis lineal-lanzettlich, über der Mitte am breitesten. Hiervon die Unterart *E. pinifolia* mit nur schwach warziger, reif grüner Kapsel, auf Wiesen im Überschwemmungs-

gebiet der mittleren Elbe, Provinz Sachsen. 20—50 cm hoch. *E. Cyparissias*, zypressenartige Wolfsmilch. B grau-grün, schmal-lineal. Drüsen gelb. Sandfelder, gemein. 15—30 cm. April, Mai. Alle Arten mit giftigem, weißem Milchsafte.

Fam. 33. Callitrichaceae. Blätter gegenständig. Blb 0. Stbb 1 oder 2, Fr in 4 einsamige Klausen zerfallend. Wasserpflanzen. *Callitriche* (Pflanzenname bei Plinius, *καλός* schön, *τριχίς* Haar) *stagnalis*. 4. St dünn, bis 25 cm lang. Blätter linealisch, hellgrün, obere rosettig. Fr kreisrund, Klausen breit, flügelig-gekielt. *C. verna*, wie vorige; obere Blätter verkehrt-eiförmig. Fr oval. Klausen schmal-gekielt. Beide in stehendem und fließendem Wasser. Mai bezw. April—Herbst. Zeigen gutes Rieselwasser an.

§ 20.

Vierzehnte Reihe: Parietales, Wandständige. Samenanlagen meist an der Wand des Fruchtknotens.

Fam. 34. Guttiferae. Hypericum. Hartheu. Johanniskraut. 4. 30—60 cm. B gegenständig, sitzend, gegen das Licht gehalten durchsichtig punktiert, infolge zahlreicher Öldrüsen. Bl gelb. *H. perforatum*, durchlöchertes Hartheu, Johannisblut. 30—60 cm. St 2 kantig. B länglich. Kb lanzettlich, sehr spitz. Sonnige Hügel. Die geriebenen Blüten, besonders die Blütenknospen, färben *purpurrot*. Bl groß. Ende Juni bis September. — *H. humifusum*. St dünn, niederliegend. Kb länglich, stumpf. Bl klein. Moorboden.

Fam. 35. Cistaceae. Helianthemum vulgare. Gemeines Sonnenröschen. 4. Halbstrauchig, behaart. B gestielt, alle gegenständig, länglich. Bl groß, gelb, am Grunde dunkler gefleckt. Stiele zurückgebogen. Trockene Wiesen, Wälder. Mai—Oktober.

Fam. 36. Violaceae, Veilchengewächse. *Viola* (Pflanzenname bei den Römern), *V. palustris*, Sumpfveilchen. B rundlich-nierenförmig. Nebenblätter eiförmig, meist gefranst. Blumenblätter verkehrt-eiförmig, lila. 4. Sumpfwiesen. Moore. 4. April, Mai. 5—15 cm. *V. tricolor*, Stiefmütterchen. Nebenblätter groß, leierförmig fiederspaltig. Trockene Äcker, gern auf Sand, hier besonders die var. *arvensis*. Blb bei dieser kürzer als der Kelch, gelblich und weiß, mit wenig violett.

§ 21.

Fünfte Reihe: Myrtiflorae. Blätter oft gegenständig, Blütenachse (sog. Kelchbecher) mehr oder minder becherartig oder röhrig.

Fam. 34. Lythraceae. B ungeteilt. Frk frei.

Lythrum salicaria (*λύθρον*, Pflanze bei Dioskorides, salix Weide, wegen der Blattform, zuerst bei Tournefort), Weiderich. Blätter gegen-

ständig oder zu 3, selten spiralig. Ähre lang, mit zahlreichen Quirlen. Blütenachse (sog. Kelchbecher) trichterförmig-zylindrisch. Bl 6zählig, Blumenblätter purpurrot. Stbb 12. Griffel 1. Zeigt Heterostylie oder Trimorphismus: 1. kurze und mittellange Staubb und 1 *langer* Griffel; 2. kurze und lange Stbb und 1 *mittellanger* Griffel; 3. mittellange und lange Stbb und 1 *kurzer* Griffel. ♀. An Gräben, gemein. 60—100 cm.

Fam. 38. Oenotheraceae (Onagraceae), Nachtkerzengewächse. Bl oberständig, meist K 4, C 4, A 4 + 4, G $\overline{4}$ oder $\overline{2}$.

Epilóbium (ἴον ἐπὶ λοβόν, Veilchen über der Schote), Weidenröschen. Kapsel *linealisch*. Samen mit Haarschopf. *E. angustifolium*. B spiralig. Traube lang, schön hellpurpurn. Auf Sand, besonders auf abgeholzten Waldstellen. *E. hirsutum*, Grundachse im Herbst mit langen fleischigen Ausläufern, Bl dunkelrot. *E. parviflorum*, im Herbst mit kurzen an der Spitze eine Rosette tragenden Ausläufern, Bl klein, hellpurpurn. *E. roseum*, im Herbst kurze Sprosse treibend, Bl vor dem Aufblühen nickend, klein, rosa oder weißlich. *E. palustre*, schon im Sommer mit fadenförmigen Ausläufern, die an der Spitze eine Zwiebel tragen, Bl klein, rötlich-weiß, besonders letztere auf Mooren, und viele andere Arten an Gräben, auf Sumpfwiesen. Diese alle haben die unteren Blätter gegenständig (oder zu 3).

Oenothéra (Pflanzenname bei Plinius), Nachtkerze. Kapsel unten dicker, zuletzt fast holzig. Samen ohne Haarschopf. *O. biennis*, zweijährige Nachtkerze. Bildet im 1. Jahr nur Blattrosetten, im 2. Jahr einen bis 1 m und mehr hohen St mit gelben, langröhriigen Blüten. Seit 1614 aus Amerika eingewandert. Auf Sandfeldern und Ödland, gemein. Wurzel essbar (Rapontika). Juni—September.

Zur Fam. der Oenotheraceae gehören auch die Fuchsien aus Chile, Mexiko usw.

Fam. 39. Halorrhagidaceae, Wasserpflanzen. Blüten klein, Kelch oberständig.

Myriophýllum (μυρία unzählig, φύλλον Blatt, Wasserpflanzen bei Dioskorides), Tausendblatt. Mit quirlständigen, kammartig gefiederten Blättern mit haarförmigen Abschnitten. Bl 1häusig, rosa, in Ähren über dem Wasser. *M. verticillatum*. Deckblätter sämtlich fiederspaltig. Ähren aufrecht. Blüten in Quirlen. *M. spicatum* und *alterniflorum*. Obere Deckblätter ungeteilt. Alle in Flüssen, Seen usw. *Gutes Rieselwasser* anzeigend.

Hippúris (ἵππος Pferd, οὐρά Schwanz, Pflanzenname bei Dioskorides), Tannenwedel. B ungeteilt, quirlig. Bl ♀, ohne Blumenblätter, nur 1 Staubblatt und 1 Griffel. Wurzelstock kriechend. St aufrecht, bis 90 cm, einfach, engröhrig. Blätter zu 8—12 im Quirl, linealisch. Dem Schlamm-Schachtelhalm, Equisetum limosum (heleocharis) entfernt ähnlich, durch den engröhriigen St, den Mangel der Scheiden, die gut ausgebildeten

Blätter leicht zu unterscheiden. 4. Stehende und langsam fließende Gewässer. Zeigt *gutes Rieswasser* an. Bis 90 cm hoch.

§ 22.

Sechszehnte Reihe: Umbelliflorae, Doldenblütler. Blüten oberständig, meist 5gliedrig, meist in Dolden.

Fam. 40. Umbelliferae, Doldengewächse. K 5 oder meist 0, C 5, A 5, G $\bar{2}$. B spiralig, meist mehrfach gefiedert, mit Stiel und Blattscheide. Blüten in einfachen oder meist zusammengesetzten Dolden, die randständigen oft größer und zygomorph strahlend. Kelchsaum undeutlich oder (z. B. beim Koriander) 5zählig. Blumenblätter meist weiß, klein. Der *unterständige* Frk spaltet sich bei der Reife in 2 Hälften, die dann an einem meist gespaltenen Fruchträger baumeln; so entstehen 2 Teilfrüchte (ein Kümmelkorn ist also eine halbe Fr). Meist hat jede Teilfrucht 5 Rippen, 3 auf dem Rücken, 2 an dem Rande. Die Vertiefungen zwischen den Rippen heißen Tälchen, sie sind öfter durch eine Nebenrippe geteilt. Diese kann mitunter weiter vortreten als die Hauptrippe und borstenförmig gefiedert sein, z. B. bei der Mohrrübe. An den Stellen, wo die Tälchen sind, liegen oft in der Fruchtschale Ölstriemen; normalerweise zwischen den 5 Rippen 4, außerdem an der Berührungsfläche der beiden Teilfrüchtchen noch 2; ein Kümmelkorn hat also 6 Ölstriemen. Einige Doldengewächse haben viele Ölstriemen, andere, z. B. der gefleckte Schierling, keine.

Die Gesamtdolde ist meist von *Hüllblättern* umgeben (Hülle), die einzelnen Döldchen oft ebenfalls (Hüllchen). Diese geben gute Erkennungsmerkmale.

Übersicht der wichtigsten, auf Wiesen usw. vorkommenden oder als Bonitierungspflanzen dienenden Doldengewächse.

I. Blüten in *einfachen* Dolden oder Köpfchen:

Kleine Wasserpflanze mit kreisrunden, schildförmigen Blättern: *Hydrocotyle vulgaris*, gemeiner Wassernabel.

Land-(Kalk-)Pflanze mit weißer oder rötlicher, grün geaderter Hülle und weißen oder rötlichen Blüten. *Astrantia major*, große Sterndolde, Strenze.

Distelähnliche Pflanze, B blaugrün, Dolde kopfig, mit sparrigen Hüllb. *Eryngium*, hierher *E. campestre* auf Sand und das schönere *E. maritimum*, Stranddistel.

II. Blüten in *zusammengesetzten* Dolden:

A. Blumenblätter gelb, eingerollt, B *ungeteilt*: *Bupleurum*, Hasenohr.

„ „ B gefiedert, Hülle und Hüllchen fehlend: *Pastinaca sativa*, gebaute Pastinake.

„ „ Hülle 0 oder 1—2blättrig, Hüllchen vielblättrig: *Silaus pratensis*, Silau, in Norddeutschland selten.

B. Blumenblätter weiß:

a) *Hülle und Hüllchen fehlend* oder wenigblättrig (1—3):

- untere Blätter doppelt — obere einfach — 3zählig, nicht gefiedert: *Aegopódium Podagraria*, Ziegenfuß, Giersch.
 „ „ rundlich, oder einfach gefiedert, Fr 2knotig: *Pimpinella*.
 „ „ doppelt (fein) gefiedert, Fr länglich: *Carum Carvi*, Kümmel.

b) *Hülle fehlend* oder wenigblättrig (1—3), *Hüllchen vielblättrig*:

1. Kronenblätter *ausgerandet*. Fr 2knotig. B dreifach gefiedert, Blättchen lanzettlich bis linealisch, scharf gesägt. Blattstiel hohl. Unterirdischer St angeschwollen, quer gefächert: *Cicúta virosa*, Wasserschieferling.

2. Kronenblätter *verkehrt-eiförmig* mit eingebogenem Lappchen:

- α) Hüllchen einseitwendig *herabhängend*, Laubblätter glänzend: *Aethúsa Cynápium*, Gartenschierling, Hundspetersilie.

- β) Hüllchen nicht herabhängend:

Kelchsaum *5zählig*, Fruchträger nicht gespalten, Fr mit langen Griffeln, B blafsgrün: *Oenanthe*, Rebendolde.

Kelchsaum *undeutlich*:

Fr eiförmig, flügelig gerippt, Rand klaffend: *Selinum*, Silje.

„ zusammengedrückt, Rand klaffend, geflügelt, Blumenblätter elliptisch, grünlich-weiß. Bis 2 m hoch. Blattscheide aufgeblasen: *Archangelica* (vergl. *Angelica*), Engelwurz.

„ linsenförmig, am Rande schmal geflügelt: *Peucedanum officinale*, Haarstrang.

„ linsenförmig, am Rande breit geflügelt. St behaart: *Heracléum*, Bärenklau,

„ länglich, scharfrüppig. Blattzipfel haarfein. Im Gebirge: *Méum*, Bärwurz.

„ länglich oder eiförmig, geschnäbelt, kahl oder borstig: *Anthriscus*, Kerbel.

„ länglich, ungeschnäbelt, kahl, gerippt: *Chaerophýllum*.

„ eiförmig, 2knotig, wellig gerippt: *Conium maculatum*, gefleckter Schierling.

3. Kronenblätter elliptisch, ohne eingebogene Spitze. Pflanze bis 2 m hoch. Bl weiß. Blattstiel seicht rinnig. Sonst wie *Archangelica*: *Angélica*, Brustwurz.

c) *Hülle und Hüllchen vielblättrig*:

- aa) Fr länglich oder fast 2knotig:

St kantig gefurcht. Abschnitte der oberen Blätter schief-lanzettlich, scharf gesägt. Fr länglich-eiförmig: *Sium*, Merk.

„ stielrund, gefurcht. Abschnitte der oberen Blätter eiförmig-länglich, eingeschnitten gesägt. Fr fast 2knotig *Bérula*, Berle.

bb) Fr linsenförmig:

Hülle und Hüllchen zurückgeklappt:

* breit häutig berandet. St kantig gefurcht. Zipfel der Laubblätter mit weifslicher Stachelspitze: *Peucedanum palustre*.

** nicht häutig berandet. St stielrund, gefurcht: *Peucedanum Cervaria* und *P. Oreoselinum*.

§ 23. Kulturtechnisch wichtige Umbelliferen. Das wichtigste und nützlichste Doldengewächs unserer Wiesen ist der Kümmel.

Carum Carvi (κάρων Pflanzenname bei Dioskorides, carvi aus dem Arabischen, kerawi kerawia, Name einer Doldenpflanze), Kümmel. (Fig. 30.) ☉. B doppeltgefiedert, mit fiederteiligen Blättchen und *schmal-linealischen* Abschnitten; das unterste Paar Fiedern am Hauptblattstiel weit hinabgerückt und *ein Kreuz* bildend. Hülle 0 oder 1 blätterig. Hüllchen 0. B weifs. Wegen des in allen Teilen, besonders aber im Samen enthaltenen ätherischen Öles als Gewürzpflanze anzusprechen. Dem Vieh, besonders Rindvieh und Schafen, in nicht zu großer Menge sehr willkommen, soll die Milchsekretion befördern und die Blähungen, die frischer Klee veranlasst, verhindern. Auch soll er das Verdauungs- und das Nervensystem anregen. (Vergl. Werner, Handbuch des Futterbaues; Pott, Die landw. Futtermittel.)

In Gebirgsgegenden ist sehr geschätzt:

Meum (μείον oder μῆρον, Pflanzenname bei Dioskorides) *athamanticum*, haarblättrige Bärwurz. ♀. Wurzelstock oben schopfig. B doppeltfiederteilig, Fiederchen in viele haarfeine, fast quirlig gestellte Zipfel geteilt. Wurzelstock sehr aromatisch. Bl weifs. *Meum Mutellina*, das noch höher geschätzte Mutternkraut der Schweizer Sennen, kommt nur auf Wiesen höherer Gebirge vor, nicht am Harz. Blattzipfel lineal-lanzettlich. Bl rötlich.

Ferner ist ein gutes Futter *Daucus Carota* (Name bei Apicius), Mohrrübe. B doppelt oder 3fach fiederteilig, *mat.* Zipfel länglich-lanzettlich. Blattstiele steifhaarig. Hüllblätter 3spaltig oder fiederspaltig, zur Fruchtzeit die vertiefte Dolde wie ein Vogelnest umgebend. ☉ auch ☉. Wiesen, Wegränder, gern auf Lehm und Kalk.

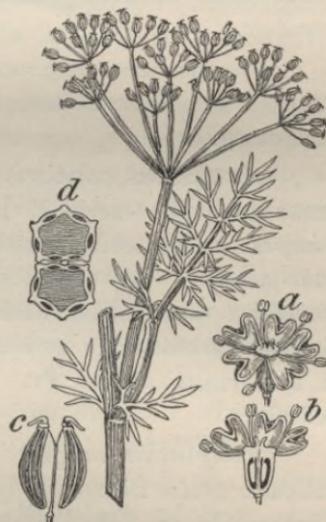


Fig. 30. *Carum Carvi*.
a Blüte, bei b längs durchschnitten
c die Teilfrüchtchen, bei d beide
quer durchschnitten.

Auf trockenen Wiesen kommen vor: *Peucedanum Oreoselinum* (*πενυεδανόν*, Pflanzennamen bei Dioskorides). Grundblätter 3fach gefiedert. Verzweigungen des Blattstiels abwärts geknickt. Blättchen mit länglich-lanzettlichen Zipfeln. ♀. 60—90 cm. Auf trockenen Hügeln, besonders auf *Kalk*. *P. Cervaria*, Hirschwurz. Verzweigungen des Blattstiels flach ausgebreitet. Blättchen länglich-lanzettlich, scharf gesägt, unterseits *blaugrün*, fast lederartig. Futterwert gering.

Einigermassen nützlich ist noch die *Pastinake*, *Pastinaca sativa* (Pflanzennamen bei Plinius), die einzige Umbellifere auf Wiesen mit *gelben* Blüten, deren Wurzel bekanntlich essbar ist. Nach Werner ist das Kraut seines bitteren Geschmacks wegen in größeren Mengen kaum verwendbar.

Die meisten anderen Umbelliferen sind schädlich, weil sie besseren Pflanzen den Raum fortnehmen, teilweise auch giftig sind. Am häufigsten sind darunter:

Anthriscus silvestris, wörtlich Waldkerbel, gewöhnlich Kälberkropf genannt. Hülle meist 0, Hüllchen aus meist 5 zurückgeschlagenen *gewimperten* Blättchen bestehend. Bl weifs. Fr länglich, reif glänzend, wie lackiert. Der eigentliche Kälberkropf, Chaerophyllum, z. B. *Ch. temulum*, betäubender Kälberkropf, ☹, kommt mehr in Gebüsch vor. Er hat *vielblättrige* gewimperte Hüllchen und keinen deutlichen Schnabel (d. h. Fortsatz) an der Fr. St auch oben behaart, unten oft trüb purpurn gefleckt.

Pimpinella magna (als Pflanzennamen zuerst bei Matthaeus Sylvaticus), grosse Bibernelle (nicht zu verwechseln mit *Sanguisorba minor*, Pimpinelle, S. 248). St kantig gefurcht, bis 90 cm hoch. B gefiedert. Blättchen eilänglich, eingeschnitten gesägt. Hülle und Hüllchen 0. Griffel zur Blütezeit länger als der Frk. ♀. Wiesen, Wiesenmoore. Juni bis September. *P. Saxifraga*, bis 60 cm. St stielrund, gestreift. Blättchen der Grundblätter sitzend, rundlich, eingeschnitten gekerbt gesägt. Griffel zur Blütezeit kürzer als der Frk, sonst wie vorige. ♀. Auf Triften, trockenen Hügeln usw. Beides minderwertige Futterpflanzen.

Bupleurum. Blumen *gelb*. Blätter *ungeteilt*. *B. falcatum*, sichelförmiges Hasenohr. B oft sichelförmig gebogen, untere elliptisch, mit gleich starken Längsnerven. Dolden 6—10 strahlig. An Kalkbergen in Mittel- und Süddeutschland. 6—10 cm. *B. longifolium*. B mit 1 starken Nerv, eilänglich, obere tief herzförmig stengelumfassend. Auf *Kalk* und Glimmerschiefer. 3—10 cm. *B. rotundifolium*. Mittlere und obere Blätter eiförmig, *durchwachsen*. Unter der Saat auf Ton und *Kalk*. 15—50 cm. In Norddeutschland selten. *B. tenuissimum*. B lineal-lanzettlich. Bl sehr klein. *Salzhaltige* Orte. 8—25 cm.

Höchst lästig ist die steifbehaarte Bärenklau, *Heracleum Sphondylium* (heracleum, Pflanzennamen bei Plinius, *σφοδύλιον* bei Dioskorides). B gefiedert. Hülle fehlend oder vorhanden. Hüllchen vielblättrig. Fr linsenförmig. Ölstriemen keulentörmig. Stebler und Schröter („Die Alpenfutterpflanzen“), auch Pott, erklären H. Sp. für eine gute Futterpflanze.

Auf beschatteten Wiesen und in Parkanlagen kommt viel vor: *Aegopodium Podagraria* (αἴξ Ziege, πόδιον Füßchen, zuerst bei de l'Obel, wegen angeblicher Heilkraft beim Podagra), genannt Geisfuß, Giersch. Durch viele Ausläufer sich sehr schnell verbreitend und kaum auszurotten.

Giftig sind u. a. der Wasserschierling, *Cicuta virosa* (Pflanzennamen bei Herodios und Plinius), kenntlich durch die oft sellerieknollenähnlich angeschwollenen unteren Stengelteile, die quer gefächert sind. Der gefleckte Schierling, *Conium maculatum*, an Zäunen. St unten rot gefleckt. Hülle und Hüllchen zurückgeschlagen. Fr mit wellig gekerbten Rippen. Riecht mäuseartig, besonders welk. *Aethusa Cynapium* (zuerst bei Tabernaemontanus, *κίον* Hund und Apium, Name einer Doldenpflanze), Gartenschierling, unter *Petersilie*. Ob wirklich giftig, ist zweifelhaft. Da er ☉, die Petersilie aber ☺ ist, wächst er viel schneller in die Höhe. Blättchen glänzend, gerieben ohne Petersiliengeruch, daran zu erkennen; noch besser zur Blütezeit an den 3 borstenförmigen, einseitwendig lang herabhängenden Blättern der *Hüllchen*.

Die *Gräben* werden besonders *verunkrautet* durch: 1. *Berula angustifolia* (Pflanzennamen bei Marcellus Empiricus), schmalblättrige (in Wirklichkeit ziemlich breitblättrige) Berle (*Sium angustifolium*). Wurzelstock kriechend, Ausläufer treibend. St rund. B einfach gefiedert, untere mit eiförmigen, obere mit länglichen Fiedern, eingeschnitten-gesägt. Dolden kurzgestielt. Hülle vielblättrig mit lanzettlichen, meist fiederspaltigen Blättchen. Fr dick, eiförmig, fast 2knöpfig. 30—60 cm. Juli—Herbst.

2. *Sium latifolium* (σίον, Pflanzennamen bei Theokritos und Dioskorides), breitblättriger Merk. Ausläufer treibend. Wurzeln fadenförmig. St kantig. B gefiedert. Blättchen der untergetauchten Blätter doppeltfiederteilig mit linealischen Zipfeln, die der Luftblätter schmal (nicht wie der Name sagt breit), schief-lanzettlich, scharf gesägt. Soll *giftig* sein. 60—125 cm. Juli, August.

3. *Oenanthe* (οἶνος Wein, ἄνθη Blume, wegen der weinähnlichen Blüte), Rebendolde, Pferdesaat. A. *Ausdauernd*. Wurzeln zum Teil knollig verdickt. O. *fistulosa*, röhrlige Pferdesaat. Ausläufer treibend. Dickere Wurzeln rübenförmig. St wenig ästig, nebst den langen Blattstielen *weit-röhrlig*. Blätter kürzer als der Blattstiel, obere einfach gefiedert, mit linealen, oft 3spaltigen Blättchen. Hülle 0 oder 1blättrig. Hüllchen vielblättrig, Frucht kreiselförmig. Soll giftig sein. — B. *Nicht aus-*

dauernd, Wurzeln nicht verdickt. *O. aquatica* (*O. Phellandrium*), Wasserfenchel, Pferde- oder Rofskümmel. St sparrig-ästig. B 2—3 fach gefiedert. Blättchen der untergetauchten Blätter mit linealischen, die der übrigen mit kleinen lanzettlichen Zipfeln. Hülle fehlend. Hüllchen mehr blätterig. Fr länglich, stielrund. ☉ und ☉.

4. *Angélica silvestris* (zuerst bei Matthaeus Silvaticus, von angelus Engel), Waldbrustwurz. 1—1,8 m hoch. B 2—3 fach gefiedert, mit *seicht-rinnigem* Blattstiel. Blättchen eiförmig, gesägt, *nicht* am Blattstiel herablaufend. Blattscheiden groß, aufgeblasen. Bl weiß, selten rosa. Seitenrippen der Fr breithäutig-geflügelt. Am Wasser. ☉. Juli—August. *Archangélica officinalis* (archángelus, Erzengel), Engelwurz. Voriger ähnlich, aber seltener, von durchdringendem Geruch, meist größer, 1,2 bis 2,5 m. Grundachse fast rübenförmig. Blattstiele nicht rinnig, weitröhrig. B unterseits blaugrün, Endblättchen 3lappig. Bl grünlich-weiß. Inneres Perikarp (Fruchtschale) *lose* in der äußeren Fruchtschale. Als Arzneipflanze gebaut.

5. *Peucedanum palustre* (*πενυκδανόν*, Pflanzennamen bei Dioskorides), (*Thysselinum palustre*). B 3 fach-fiederteilig, mit lanzettlichen, weifspitzigen Zipfeln. Hülle und Hüllchen zurückgeschlagen, ihre Blättchen häutig-berandet.

B. Zweite Unterklasse: Metachlamydeae oder Sympetalae.

Blumenblätter meist *verwachsen*.

§ 24.

Siebzehnte Reihe: Ericales. Nach der 4- oder 5-Zahl.

Fam. 41. Ericaceae. Sträucher. Staubbeutel meist doppelt so viel als Blütenblätter, durch ein spitzes Anhängsel an jeder Hälfte 2hörig.

Calluna (*καλλύνω* ausfegen, weil die Pflanze zuweilen zu Besen benutzt wird), Heidekraut. K 4, C (4), A 8, G (4). Kelch 4 spaltig, *blumenkronenartig*. Blumenkrone glockenförmig, tief 4 spaltig, kürzer als der Kelch, Scheidewände der Kapsel dem mittelständigen Samenträger angewachsen. *C. vulgaris*, gemeines Heidekraut (Fig. 31). B lineal, dachziegelartig gedrängt, 4 reihig. Traube einseitwendig. Kelch und Krone lilarosenrot, bleibend. Auf Sand und Moor. Auf Heideboden die Hauptmasse des Bestandes bildend. Dient zur Schafweide, zur Bienennahrung und als Waldstreu. August—Herbst. Der Nektar wird von 8 schwärzlichen Knötchen, die mit den Staub abwechseln, abgeschieden (Kirchner).

Erica (*ἔρσικη*, Pflanzennamen bei Aischylos), Glocken-Heide. Blumenkrone länger als der Kelch, 4 spaltig. *E. Tetrálix*, Sumpf-Heide, Dopp-H. Blätter zu 3—4, steifhaarig gewimpert. Blüten kopfig-doldig, zu 5—12. Blumenkrone eikrugförmig, *rosa*. ♀. *Feuchte* moorige Stellen der Heide usw. Fehlt in Ostpreußen. Juni—Herbst.

§ 25.

Achtzehnte Reihe: Primulales, meist K 5, C (5), A 5, G 1.

Fam. 42. Primulaceae, Primelgewächse. Kapsel ungefächert, mit Zentralplazenta (Fig. 32 c) wie bei den Centrospermae (siehe S. 237).

Primula (*Primula veris* der älteren Schriftsteller, das erste Blümchen im Frühjahr), Himmelschlüssel. ♀. Kelch so lang oder länger als die Krone. Kapsel rundlich oder länglich. Laubblätter in grundständiger Rosette. Bei allen Arten kommen kurz- und langgriffelige Stöcke vor



Fig. 31. *Calluna vulgaris*.
a Zweigstück mit Seitensprossen;
b Kelch; c Blüte; d Staubgefäß;
e Fruchtknoten.



Fig. 32. *Hottonia palustris*.
a aufgeschlitzte Blumenkrone; b Kelch mit Fruchtknoten, der bei c quer durchschnitten ist und die zentrale Plazenta zeigt; d 5klappige, reife Kapsel.

(Dimorphismus, Heterostylie, vgl. *Lythrum*, S. 252). *P. farinosa*, mehliges H. Bl fleischrot. Moorwiesen, selten. *P. elatior*. Kelch zylindrisch. Krone hellgelb. Saum flach. Geruchlos. Schattige Laubwälder, feuchte Wiesen. März—Mai. Kultiviert in Gärten in vielen Farben. *P. officinalis*, gebräuchlicher Himmelschlüssel. Kelch aufgeblasen. Krone dottergelb, wohlriechend, Saum vertieft. Trockne Wiesen. April—Juni.

Hottonia palustris (nach Professor Hotton in Leiden, † 1709, benannt). Sumpfpriemel (Fig. 32). Wasserpflanze mit untergetauchten, kammförmig-fiederspaltigen Blättern und weißen oder hellrosa Blüten in langgestielten Trauben. Gräben, Sümpfe. Heterostyl.

Lysimachia (bei Dioskorides, nach dem Könige Lysimachos), Friedlos. ♀. Blumenkrone radförmig, mit kurzer Röhre, gelb. *L. thyrsoflora*, straußblütige Lysimachie. Grundachse kriechend, Ausläufer treibend. Blätter gegenständig, meist lanzettlich. Blüten *klein*, in achselständigen, langgestielten dichten Trauben. Tiefe Sümpfe. Mai—Juli. 30—60 cm. *L. vulgaris*. B meist länglich-eiförmig. Bl *grofs*, zu 1—4 in den Blattachseln. Ausläufer oft 1—2 m lang. Sümpfe, Gräben. Juni, Juli. 60 bis 120 cm. *L. Nummularia*, Pfennigkraut. ♀. Stengel kriechend. B rundlich (daher der Name). Bl einzeln, grofs. Grabenränder, feuchte Wiesen. Juni, Juli.

Glaux maritima (Pflanzenname bei Dioskorides), Seestrands-Milchkraut. Kelch hellrosa. Krone fehlt. St niedrig, Ausläufer treibend. Blätter hellgrün, länglich-lanzettlich, *sehr dicht* stehend. Am Meeresufer und auf salzigen Wiesen im Binnenland.

Fam. 43. Plumbaginaceae. Meist Stauden. Laubblätter meist in grundständiger Rosette. Frk mit nur 1 Samenanlage.

Arméria vulgaris (zuerst bei la Ruelle; soll keltisch sein), Granelke (hat aber mit Nelken gar keine Ähnlichkeit, höchstens die B). B linealisch. Schaft oben mit einer *unten* zerschlitzten Scheide. Bl in einem kopfartigen Blütenstande, dessen Hüllblätter nach unten verlängert die erwähnte Scheide bilden. Kelchsaum wie die Hüllblätter trockenhäutig. Blumenkrone rosa. Trockene sonnige Stellen, meist auf Sand, gemein.

§ 26.

Neunzehnte Reihe: Contortae. Blb in der Knospe meist gedreht.

Fam. 44. Gentianaceae, Enziangewächse. K 5, C (5), A 5, G (2). Meist bitter schmeckend.

B *spiralig*: *Menyanthes trifoliata* (Name bei Theophrast, *μνῆν* offenbare, zeige an, *ἄνθος* Blüte — auffallende Blüten), Fieber- oder Bitterklee, Sumpf-Dreiblatt. Scheinachse weit kriechend. B grundständig, 3zählig, mit langem Stiel. Bl in Trauben, rötlich-weiß. Zipfel der Blumenkrone am Rande innen bärtig-gefranst. ♀. Sümpfe, Seen. Mai, Juni.

Blätter *gegenständig*, gerippt: *Gentiana* (Pflanzenname bei Plinius, genannt nach dem König Gentius), Enzian. Bl grofs. *G. Pneumonanthe* (zuerst bei Cordus, *πνεύμων* Lunge und *ἄνθη* Blume), gemeiner Enzian. St einfach, bis 0,5 m hoch. B lanzettlich-linealisch. Bl keulen-glockenförmig, innen himmelblau, mit 5 grünpunkteten Streifen. ♀. Moorige Wiesen, zerstreut. Juli—Sept. *G. Amarella*, schwachbitterer E. Sehr veränderlich. B eiförmig bis lanzettlich. Blumenkrone walzig, meist klein. Kronenschlund *bärtig*, rötlich-lila. ☉. Trockene Wiesen, gern auf Maulwurfs-haufen. August—Oktober. 5—30 cm. *G. germanica*. St rispig-ästig

oder pyramidenförmig, vielblumig. B aus breitem, halb-stengelumfassendem Grunde länglich oder lanzettlich. Blumen größer, zylindrisch-glockig, lilablau. Sonst wie vorige. Hügel, Triften, gern auf *Kalk*. Viele Arten im Gebirge.

Erythraea (zuerst bei Renealmus, *ξουθραῖος* rötlich), Tausendgüldenkraut. St kantig, gabelästig. Bl rot, trichterförmig, *bleibend*. *E. Centaurium* (*κενταύριον*, Pflanzennamen bei Hippokrates), gemeines Tausendgüldenkraut. St meist einfach, nur oberwärts ästig. *Untere* Blätter *rosettig*, Stengel-B länglich-eiförmig. Bl in *ebener* Trugdolde, fleischfarben. Kronensaum *flach*, Zipfel *länglich-eiförmig*. Kelch beim Aufblühen halb so lang als die Kronenröhre. ☉ und ☽. *Trockene* Wiesen. Juli bis September. Zerstreut; bis 30 cm. *E. linariifolia* (*E. litoralis*), schmalblättriges T. Trugdolde zuletzt verlängert, *rispig*. Bl rosa, Zipfel *oval*. *Strandwiesen*, im Binnenlande oft auf Salzboden. Kelch beim Aufblühen fast so lang als die Kronenröhre. *E. pulchella*, niedliches T. St vom Grunde an gabelästig. *Untere* Blätter *nicht rosettig*. Bl mit vertieftem Saum, Zipfel *lanzettlich*. *Feuchte* Wiesen, auch gern auf Salzboden.

Fam. 45. Asclepiadaceae, Seidenpflanzengewächse, wegen der lang-seidenhaarigen Samen. *Vincetoxicum officinale* (bei Dodoens, von vincere siegen, toxicum Gift, also Gegengift, weil Brechen erregend), Schwalbenwurz. Unterirdische Scheinachse kriechend. B meist gegenständig, untere und mittlere Blätter herzförmig, obere lanzettlich. Bl klein, radförmig, in Trugdolden, weiß. Sonnige Hügel, auf Sand, Lehm und Kalk. Giftig. Die 2 Frb bilden 2 lange Balgkapseln, welche zuletzt auseinanderspreizen (nach Fuchs einer Schwalbe ähnlich).

§ 27.

Zwanzigste Reihe: Tubiflorae, Röhrenblütige. K 5, C (5), A 5, G (2). Kelch meist bleibend.

Fam. 46. Convolvulaceae, Windengewächse. Die 2 Frb bilden eine meist 2 fächerige Kapsel. *Convolvulus* (Pflanzennamen bei Plinius, convolvere zusammenwickeln). *C. arvensis*, Ackerwinde. Wurzel Adventivknospen bildend. St windend. Blüten zu 1—3. Die 2 Vorblätter am Blütenstiel weit vom Kelch entfernt, klein. Bl weiß oder hellrosa, aufsen mit 5 roten Streifen. Gern auf *Lehm*. Oft lästiges Unkraut. Hierher auch *C. sepium*. Vorb groß, dicht am Kelch. Bl groß, weiß. Zaanwinde, an Hecken.

Cuscuta (Name zuerst bei Bock), Seide. Windende Schmarotzerpflanzen ohne Blätter. St bleich oder rötlich, Saugwarzen in die Wirtspflanze sendend. Bl klein, röhrig-glockenförmig, fleischig, weiß oder rötlich in dichten Knäueln, Kapsel 4samig, quer aufspringend. *C. epithimum*, Thymianseide. St dünn wie ein Seidenfaden, Blkronenröhre durch ge-

franze Schuppen geschlossen, so lang wie der Saum, Gr länger als die Blkr. Auf Heidekraut, wildem Thymian, Thymus Serpyllum und andern Pflanzen. — *C. Trifolii*, Kleeseide, ist nur eine kräftigere, besser ernährte Form der vorigen. Auf Klee, Luzerne usw. Meist ☉. Juli—September. Samen grau, 0,75 ^{mm} *m*, matt. *C. europaea*, Stengel etwas dicker, Kronenröhre durch die Schuppen nicht geschlossen. Gr so lang oder kürzer als die Blkr. Auf Brennesseln, Hanf usw., aber die var. *viciae* auch auf Hülsenfrüchten, z. B. Wicken, Lupinen. S 1—1,25 mm. *C. epilinum* auf Flachs. — Neuerdings mit ausländischen Kleesamen auch andere Arten eingeschleppt. Vertilgung der Kleeseide: Durchsehen der Kleefelder *zwischen* 1. und 2. Schnitt, wiederholtes Abmähen der befallenen Stellen, auch der Wegränder, event. Umgraben oder Abbrennen.

Fam. 47. Bor(r)aginaceae oder **Asperifoliaceae**, Boretschgewächse oder raubblättrige Pflanzen. Abschnitte der Blumenkrone oft mit hohlen Ausstülpungen (Schlundschuppen). Die 2 Frb sind vom Rücken her eingeschnürt und bilden 4 Nüfchen. Blüten in „Wickeln“, d. h. ein Stiel aus dem andern hervorgesproßt, abwechselnd rechts, links, rechts, links usf. oder umgekehrt. Die ganze Verzweigung bildet eine Scheinachse.

Symphytum officinale (σύμφυτον, Name einer Pflanze bei Dioskorides), Schwarzwurz, Beinwell. Grundachse (sog. Wurzel) spindelförmig, fleischig, verzweigt. St bis 90 cm hoch, dick, mit geraden und hakenförmigen Haaren. Blätter lang herablaufend, obere lanzettlich. Kzipfel lanzettlich, zugespitzt. Blkronenzähne zurückgekrümmt. Klausen glatt, glänzend. Bl schmutzig-purpurn oder seltener gelblich-weiß. Die Schlundschuppen bilden ein Zelt über den Staubbeutel. ♀. Feuchte Wiesen.

S. asperum oder *asperrimum*. Neue Kulturpflanze aus den Kaukasusländern. St mit etwas rückwärts gerichteten Borsten, aber ohne Hakenborsten. Obere B nicht herablaufend. Kzipfel lineal-lanzettlich, *stumpfl*ich, Blkronenzähne *aufrecht*. Bl erst rötlich, dann himmelblau, am Rande weiß. Klausen runzelig, kleinhöckerig.

Echium (ἐχίον, bei Dioskorides eine Pflanze, die gegen den Biss der Natter, ἔχιδας, angewendet wurde), Natterkopf. 30—90 cm. St aufrecht, sehr rauh. Im 1. Jahr Blattrosetten bildend, im 2. Jahr blühend. Stengelb nicht stengelumfassend, schmal-lanzettlich, Wickeln zu einer schmalen Rispe vereinigt. B anfangs rosa, dann schön himmelblau. Sandige Äcker und Raine, gemein. Juni—September. Oft lästiges Unkraut.

Lithospermum officinale (Pflanzenname bei Dioskorides, λίθος Stein, πέσμα Same), gebräuchlicher Steinsame (wegen der harten Nüfchen). St oberwärts sehr ästig. B lanzettlich. Krone grünlich-gelb. Gern auf *Lehm* oder *Kalk*. ♀. 30—120 cm. Nüfchen groß, eiförmig, *weiß*, glatt. *L. arvense*, Nüfchen 3eckig, runzelig, grau. Äcker.

Myosotis palustris (μῦς Maus, οὖς, ὠτός Ohr, Pflanzenname bei Dioskorides), Sumpf-Vergifsmeinnicht. St *kantig*. Griffel so lang als der

Kelch, Blüten hellblau. Schlund- oder Hohlschuppen dottergelb. ♀. Sumpfige Wiesen. *M. caespitosa*, rasiges V. ☉. St rund. Griffel halb so lang als der Kelch. Bl himmelblau. Feuchte Wiesen, zerstreut.

Fam. 48. Labiatae, Lippenblütler. K 5, C (5), A 2 lange + 2 kurze (didynamisch), G 2, gespalten in 4 Nüfchen. Blumen unregelmäßig, d. h. zygomorph, nur durch *eine* Ebene symmetrisch teilbar. St 4kantig. B *gegenständig*. Bl in achselständigen Halbquirlen (Doppelwickeln), Blumenkrone 2lippig. Oberlippe oft helmförmig, zuweilen den 3 Abschnitten der Unterlippe fast gleich und dann die Blume scheinbar regelmäÙig (*Mentha*, *Lycopus*) oder gespalten und auf die Unterlippe herabgedrückt (*Ajuga* usw.). Von den 4 Stbb sind meist die *hinteren* kürzer, diese mitunter (z. B. bei *Salvia*) fehlend. Frk wie bei den Boraginaceen in 4 einsamige Nüfchen (Klausen) zerfallend.

Mentha (Pflanzenname bei Ovidius und Plinius), Minze. In vielen Arten an Gräben und auf feuchten Wiesen usw. Alle Ausläufer treibend und sehr veränderlich, je nach dem nasserem oder trocknerem Standorte. (Ascherson und Graebner „Flora nordostdeutschen Flachlandes“ S. 586.) Am gemeinsten sind: *M. aquatica*, Wasserminze, bis 90 cm hoch. Halbquirl nur in den *obersten* Blattachsen, einen endständigen Kopf bildend (darunter noch 1—2 Köpfe). Kelchröhre trichterförmig, gefurcht, Kelchzähne länger als breit. Blätter eiförmig, gesägt. *M. arvensis*, Feldminze; weil an trockenen Stellen wachsend meist kleiner, 15—45 cm. St oft liegend. B eiförmig, gesägt oder fast ganzrandig. Halbquirl sämtlich in den Achseln von Laubblättern. Kelchröhre glockenförmig, nicht gefurcht, Kelchzähne so lang wie breit. Die oft 1 m langen Ausläufer von *M. aquatica* wachsen an Ufern zuweilen ins Wasser hinein.

Lycopus (λύκος Wolf, πούς Fufs), Wolfsfufs, Wolfstrapp. Ausläufer treibende Stauden. Hintere Staubfäden ohne Stbb, nur mit 1 Knöpfchen. *L. europaeus*. ♀. St hoch, bis 90 cm. B länglich-lanzettlich, *ingeschnitten* gesägt. Bl klein, weifs, mit purpurnen Flecken. Am Wasser.

Thymus (Name einer beim Opfern [θύω] gebräuchlichen Pflanze), Thymian. Kelch nach der Blüte durch einen Haarkranz geschlossen. Oberlippe zurückgebogen. *T. Serpyllum*, Feld-Quendel. Halbstrauchig. St niederliegend, wurzelnd. B linealisch. Bl hellpurpurn. ♀. Trockene Wiesen usw. Angenehm, fast wie echter Thymian, *Th. vulgaris*, aus Südeuropa, riechend. Juni—September. 2—30 cm.

Calamintha (καλαμίνθη, Name einer arom. Pflanze bei Aristophanes), Kelch 2lippig, zylindrisch. *C. Acinos* (ἄκινος, Name bei Dioskorides), Stein-Thymian. B klein, oval, gezähnel. Fruchtkelch *geschlossen*. Blumenkrone klein, lila. Trockene Hügel usw. Gern auf Kalk. Geruch streng aromatisch.

Salvia, Salbei. Nur 2 Stbb, mit kurzen Staubfäden; das *Mittelband* aber, d. h. das bei den meisten Staubbeuteln nur ganz schmale Verbindungsstück zwischen den 2 Hälften, die jeder Staubbeutel normalerweise hat, ist hier zu einem langen Faden (scheinbar einem Staubfaden) entwickelt und bildet eine Wippe. Am unteren Ende sitzt die eine verkümmerte Hälfte des Staubbeutels, am oberen die normale Hälfte. Die verkümmerten Hälften beider Staubbeutel bilden 2 verwachsene Platten, die den Zugang zum Honig verschließen. Setzt sich eine Hummel auf die Unterlippe und drückt die Platten nach hinten und oben, so kippt die Wippe über und die normalen Staubbeutel laden ihren Pollen auf dem Rücken des Insektes ab. Bei dem Besuch der nächsten Blüte streifen dann die Insekten den Staub an den vorragenden beiden Narben ab. Oberlippe meist groß, helmförmig. *S. pratensis*. Grundblätter rosettig, groß, langgestielt, länglich oder herzförmig, runzelig. Bl groß, dunkelblau. ♀. Trockene Wiesen. Mai—Juli. 30—60 cm. Gynodiözisch, d. h. es kommen Stöcke mit nur weiblichen, viel kleineren Blüten vor. Auch gynomonözisch, d. h. die weiblichen Bl finden sich mit den Zwitterblüten auf derselben Pflanze.

Glechoma (γλήχων, bei Aristophanes eine aromatische Pflanze). Unterlippe flach, Mittellappen am größten. *G. hederacea*, efeublättrige Gundelrebe, Gundermann. St kriechend. B nierenförmig, gekerbt. Bl blau. Oberlippe flach. ♀. Feuchte Wiesen, Gebüsch. Streng aromatisch. Zur Bowle mitunter genommen (syn. *Nepeta Glechoma*).

Lamium (Pflanzenname bei Plinius), Taubnessel, Bienensaug. Kelch glockenförmig, mit 5 spitzen Zähnen. *L. purpureum*. ☉. Äcker. Übelriechend. März—Herbst. Gem. Unkraut. *L. album*, weiße Taubnessel. ♀. Parke, Hecken, nicht zu trockene Grasplätze. April—Oktober.

Galeopsis (bei Dioskorides γαλιόψις, eine nesselähnliche Pflanze), Hanfnessel, Daun. Kelch mit 5 stechenden Zähnen. ☉. *G. Ladanum*, Acker-Hanfnessel. St unter den Knoten *nicht* verdickt, rückwärts weichhaarig. Bl purpurn. Trockene, sandig-lehmige und kalkige Äcker. Juli bis Herbst. *G. Tétrahit*, gemeine Hanfnessel. St steifhaarig, unter den Gelenken *verdickt*. Mittelzipfel der Unterlippe fast 4 eckig (oder schmaler, ausgerandet, *G. bifida*). Äcker, Gärten. *G. bifida* an feuchteren Stellen.

Stachys (στάχυς Ähre, Pflanzenname bei Dioskorides). Kelch glockig. Oberlippe der Krone meist helmförmig. *S. palustris*, Sumpfst. Unterirdische Ausläufer an der Spitze knollig verdickt. B länglich-lanzettlich. Blütenquirle reichblütig, schmutzig-rosa. ♀. Ufer, Gräben, feuchte Äcker. Juli, August.

Betónica (Vettonica, eine Heilpflanze der Vettones in Spanien, bei Plinius) (oft zu *Stachys* gerechnet). *B. officinalis*, gebräuchl. Betonie.

Blattpaare am St sehr entfernt. B länglich-eiförmig. Bl purpurn. ♀. Lichte Waldstellen, trockene Wiesen; fehlt im nordwestlichen Deutschland. 60 cm. Juni—August.

Scutellaria (zuerst bei Cortusi, von scutella Schälchen, wegen der Schuppe auf der K-Oberlippe), Helmkraut. Kelch 2lippig, Lippen ungeteilt, zur Fruchtzeit geschlossen, Oberlippe dann abspringend. Bl in den Blattachsen einzeln, einseitwendig. *S. galericulata*, gemeines Helmkraut. B länglich-lanzettlich, gestutzt herzförmig, entfernt kerbig gesägt. Bl blauviolett. ♀. Feuchte Wiesen.

Brunella (zuerst bei Brunfels, wegen ihrer Anwendung gegen Bräune), Braunelle. ♀. Kelch 2lippig, seine Oberlippe kurz 3zählig, zur Fruchtzeit geschlossen. *B. vulgaris*, gemeine Braunelle. B gestielt, länglich-eiförmig. Bl lila. Wiesen. Mai—Herbst. *B. grandiflora*. Bl viel größer, blauviolett. Trockene Hügel, Wiesen, auf *Kalk* (und Lehm); zerstreut. Juli, August.

Ajuga (bei Scribonius Laryus als Synonym von *abiga* angeführt, *abigere* vertreiben), Günsel. ♀. Oberlippe der Bl *sehr kurz* oder *gespalten* und ihre Zipfel auf die Unterlippe gerückt. *A. reptans*, kriechender Günsel. Kahl, nur der St 2zeilig zottig, mit beblätterten *Ausläufern*, unterste Blätter groß, bleibend, langgestielt, spatelförmig. Bl in Scheinähren, blau. Hochblätter *ganzrandig*. Wiesen, Laubwälder. April bis Juni. *A. genevensis*, Genfer Günsel. Dichtzottig. Wurzeln Adventivknospen treibend. Grundblätter zur Blütezeit meist nicht mehr vorhanden, mittlere Hochblätter *3lippig*, oberste kürzer als die Bl. Trockene Wälder, Triften, aber (in Zehdenick) auch auf Moorwiesen. Bl blau.

Teucrium (Pflanzenname bei Dioskorides; nach dem Heros Teucros benannt), Gamander. Oberlippe der Bl *fehlend*, die Zipfel auf die Unterlippe gerückt, deren Mittelzipfel sehr groß ist. *T. Botrys*, Traubengamander. Hellgrün, stark aromatisch. B *gestielt*, doppelt *fiederspaltig*. Bl schmutzig-rosa. ☺. Auf *Kalkbergen* und *Kalkäckern* in Mittel- und Süddeutschland. *T. Scordium*, knoblauchduftender Gamander, Lachenknoblauch. Ausläufer treibend. B ungeteilt, *sitzend*, länglich-lanzettlich, grob gekerbt, oben ganzrandig. Bl meist zu 2, einseitwendig, hellpurpurn. ♀. Sumpfwiesen, Gräben, oft rötlich überlaufen. *T. Chamaedrys*, gemeiner Gamander. Halbstrauchig, mit langen gelben Ausläufern. B oval bis länglich, keilförmig in den *kurzen Blattstiel* verschmälert, gekerbt. Blüten zu 3, purpurn, einseitwendig. Hochblätter und Kelche meist braunrot. Steinige Abhänge, gern auf *Kalk*, zerstreut in Mittel- und Süddeutschland. 15—30 cm. *T. montanum*, Berg-G. Bl in *endständigen* Köpfchen. B lineal-lanzettlich, ganzrandig. Bl ziemlich klein, *hellgelb*. Sonnige *Kalkberge*, sehr zerstreut in Mittel- und Süddeutschland. Juni bis August. St aufsteigend, bis 25 cm lang.

Fam. 49. Solanaceae, Nachtschattengewächse. Fr eine 2 fächerige Beere oder Kapsel. *Solanum* (Pflanzenname bei Celsus), *S. tuberosum*, Kartoffel, von den Kordilleren Chiles und Boliviens, durch die englischen Seefahrer Walter Raleigh (aus Virginien) und Francis Drake 1586 eingeführt, wahrscheinlich schon früher durch die Spanier. *S. nigrum*, schwarzer Nachtschatten; gemeines Unkraut. — *Atropa Belladonna*, Tollkirsche in Wäldern, *Datura Stramonium*, Stechapfel, auf Schutt, *Hyoscyamus niger*, schwarzes Bilsenkraut, und viele andere Giftpflanzen. *Nicotiana Tabacum*, rot, und *N. rustica*, gelb, Tabak, — *Lycopersicum esculentum*, Tomate.

Fam. 50. Scrophulariaceae, ^aRechenblütler. Wie die Labiatae, aber Fr eine 2 fächerige Kapsel. Mitunter noch das 5. Staubgefäß ganz oder als Staminodium entwickelt, oder nur 2 Stbb. B z. T. nicht gegenständig.

Verbascum (Pflanzenname bei Plinius), *Königskerze*. Blkr nicht 2lippig, sondern radförmig. Das 5. Staubgefäß noch vorhanden. B spiralig. Bl zu 3 oder mehreren in langen Scheinähren. *V. Thapsus*. B vollständig bis zum nächsten herablaufend. Bl ziemlich klein, gelb. Die 2 längeren Staubfäden 4mal so lang als ihr Beutel. Wüste Stellen auf Sand und Lehm. — *V. thapsiforme*. Bl viel größer, heller gelb. Die 2 längeren Staubfäden kaum 2mal so lang als ihr Beutel. B deutlicher gekerbt. Meist auf Sand.

Scrophularia aquatica (*S. alata*), Wasser-Braunwurz. St geflügelt, 4kantig. B länglich-eiförmig, scharf gesägt. Bl grünlich-rotbraun. ♀. An Gräben. Juli—September. 0,6—1,2 m hoch. *S.* galt früher als Mittel gegen Skropheln.

Antirrhinum (Name bei Galenos, *ἀντι* hier: gleich, *ῥίς* Nase) Löwenmaul. Blume ohne Sporn. Kapsel an der Spitze mit Löchern aufspringend. *A. Orontium*. ☺. Lehmäcker. Bl blafsrot. Juli—Oktober 15—30 cm.

Linaria (zuerst bei Matthaeus Silvaticus, wegen der Ähnlichkeit der B mit denen des Flachses), Leinkraut. Bl mit Sporn, Kapsel meist mit Klappen aufspringend. *L. vulgaris*, gem. Leinkraut (auch Löwenmaul genannt). B lanzettlich-linealisch, gedrängt stehend, Bl gelb. ♀. Auf Sand, gemein. Juni—Herbst. 30—60 cm. *L. minor*, kleines Leinkraut. Drüsig behaart. Bl klein, hellviolett, mit blafsgelbem Gaumen.

Gratiola (zuerst bei Dodoens, von *gratia* Gnade), Gnadenkraut. Die 2 unteren Stbb auf 2 Staminodien reduziert oder fehlend. B lanzettlich, meist 3nervig, entfernt gesägt. Bl einzeln, langgestielt, weiß oder rötlich. Kapsel eiförmig, zugespitzt. Feuchte Wiesen, Ufer. Giftig.

Veronica (zuerst bei Fuchs, nach der heiligen Veronica), Ehrenpreis. Bl radförmig, nur 4lippig, weil der obere Zipfel geschwunden ist, meist blau. Stbb nur 2.

A. Tragblätter der Bl hochblattartig, d. h. nicht grün, die Blütenstände scharf von der beblätterten Pflanze sich abhebend, meist gestielte *Trauben* darstellend.

I. Trauben sämtlich *achselständig*. a) Kelch *4teilig*:

1. *Am und im Wasser*.

V. scutellata, schildfrüchtiger Ehrenpreis. Trauben sehr locker, in der Achsel nur *eines* der beiden gegenständigen Blätter. B lineal-lanzettlich, spitz. Kapsel quer breiter. Bl weißlich mit rötlichen oder blauen Adern. ♀. Gräben, Ufer, Sumpfränder. Juni—September. 5—30 cm. *V. Anagallis*, Wasser-Ehrenpreis. St fast 4 kantig. Trauben *gegenständig*. B sitzend, halb umfassend, länglich oder eiförmig, *spitz*. Bl bläulich-weiß mit dunkleren Adern. Kapsel rundlich. Gräben, gern an Quellen und Bächen, häufig, selbst auf Flos Holz. *V. Beccabunga*, Bachbunge. St fast rund. Trauben *gegenständig*. B kurzgestielt, rundlich- oder länglich-eiförmig, *stumpf*, gekerbt gesägt. Bl himmelblau, selten weiß. Besonders an Quellen und Bächen. Zeigt wie vorige *gutes* Rieselwasser an.

2. *Auf dem Lande*.

V. Chamaedrys (*χαμαι* am Boden und *δρῦς* Eiche = niedriges, eichenähnliches Gewächs), Männertreue (weil die schönen himmelblauen Blumen so leicht abfallen!). St 2zeilig behaart. Trauben gegenständig. B eiförmig, sitzend. Kapsel 3eckig-verkehrt herzförmig. ♀. Trockene Wiesen, gemein. *V. officinalis*. St kriechend, rauhhaarig. B verkehrt eiförmig, kurz gestielt. Kapsel drüsig. Bl hellblau mit dunkleren Adern. Trockene Wiesen.

b) Kelch *5teilig*: *V. prostrata*, niederliegender Ehrenpreis. St zahlreich, im Kreise niederliegend, nur oberwärts aufsteigend. B lineal-lanzettlich, kurzgestielt. Kapsel kahl. Bl hellblau. ♀. Trockene Wiesen. *V. Teucrium*, breitblättriger Ehrenpreis. St wenige, aufrecht. B eiförmig sitzend. Bl himmelblau. Trauben dichter als bei *V. Chamaedrys*. ♀. Trockene Wiesen.

II. Trauben *endständig*, lang, himmelblau. Kelch 4teilig. ♀: *V. longifolia*. B länglich-lanzettlich, bis zur Spitze scharf doppelt-gesägt. Feuchte Wiesen und Gebüsche. Juli, August. Bis 1,25 m. *V. spicata*, ähriger E. B länglich-oval, an der Spitze ganzrandig. Trockene Wiesen. Niedriger als voriger, bis 30 cm.

B. Tragblätter der Bl meist laubartig, die Blütenstände nicht scharf abgesetzt. Meist *kleine einjährige* Pflanzen:

I. ♀. Bl in ähriger Traube. *V. serpyllifolia*. Quendelblättriger E. St kriechend, B eiförmig-rundlich, obere lanzettlich. Bl weißlich mit blauen Adern. Wiesen.

II. ♂. B einzeln.

V. Tournefortii. B rundlich-eiförmig. Bl einzeln, langgestielt, himmelblau, groß. *V. opáca*. B dunkelgrün. Bl dunkelblau. Beide, wie auch *V. praécox* und *V. políta* auf Lehm, zerstreut. *V. hederifolia*, efeublätteriger Ehrenpreis. B 3—7 lappig. Bl klein, hellblau. Gemein.

Euphrásia (εὐφράσια Freude, Frohsinn, zuerst bei Matthaeus Silvaticus), Augentrost. Halbschmarotzer. Kelch 4zählig. Bl mit deutlicher Röhre, rachenförmig. B gezähnt. *E. officinalis*, jetzt in 2 Arten zerlegt: 1. *E. nemorosa*, Bl 4—8 mm lang, Blkröhre nicht aus dem Kelch hervorragend, auf lichten Waldplätzen, Triften usw., und 2. *E. Rostkoviana*. Bl 8—14 mm, Blkröhre zuletzt den K überragend. Beide zerfallen wieder in viele Formen. v. Wettstein hat hier *Saison-Dimorphismus* nachgewiesen. Dieselbe Pflanze bildet vor dem Schnitt der Wiesen unverzweigte Stengel, durch den Schnitt wird sie veranlaßt, sich zu verzweigen. Daraus sind dann 2 Unterarten bzw. Arten entstanden. B eiförmig. Krone weiß oder bläulich, mit violetten Streifen, Unterlippe mit zitronengelbem Fleck. ☉. Wiesen, gemein. Juli—Oktober. 10—30 cm. *E. Odontites* (ὀδόντις Zahn; früher gegen Zahnschmerzen angewandt) (*E. verna*). B lanzettlich. Krone schmutzig rosa. Tragblätter länger als die Blüten. Feuchte Wiesen und Äcker, auch auf Salzboden. Juni bis Oktober.

Alectorólophus (ἀλέκτωρ Hahn, λόφος Schopf, Pflanzename bei Plinius), Hahnenkamm, Klappertopf. Halbschmarotzer. Kelch *bauchig aufgeblasen*, 4zählig. Oberlippe der Krone zusammengedrückt. *A. major*. St schwarzbraun gestrichelt. Deckblätter *bleich*, lang zugespitzt. Krone hellgelb, ihre Röhre *gekrümmt*, meist so lang als der Kelch. Oberlippe mit 2 längeren eiförmigen Zähnen. ☉. Fruchtbare, mäfsig feuchte Wiesen, gemein. Mai—Juli. 30—60 cm. Hiervon die *var. hirsútus*. Kelch- und Deckblätter zottig, auf Äckern. *A. minor*, kleiner Klappertopf. St meist grün. Deckblätter *grün* oder braun, kurz zugespitzt. Krone *dunkler* gelb, nur halb so groß als bei der vorigen. Röhre der Krone *gerade*, kürzer als der Kelch. Zähne der Oberlippe kurz, eiförmig; sonst wie voriger, doch nur bis 30 cm hoch. Etwas feuchte Wiesen, weniger häufig. Beide gesellige, lästige Unkräuter.

Pediculáris (bei Columella Name einer Pflanze, die wahrscheinlich gegen Läuse, pediculus, angewandt wurde), Läusekraut. Halbschmarotzer. Kelch bauchig. B fiederspaltig. *P. silvatica*, Waldläusekraut. St mehrere, einfach, der mittlere aufrecht, fast vom Grunde an in lockerer Traube Blüten tragend, die seitlichen niederliegend. Kelch *ungleich 5zählig*, am Rande *zottig*. ☉ bis ♀. Moorige Wiesen. Mai—Juli. Hellrosenrot. Hauptstengel nur 15 cm. — *P. palustris*, Sumpf-L. St einzeln, steif aufrecht, bis zur Mitte ästig, Kelch *2spaltig*, die Lappen blattartig, kraus, am Rande kahl. ☉. Nasse Wiesen, Sümpfe. Bl rosensrot. Höher als voriges, bis 40 cm.

Melampýrum pratense (μέλας schwarz, πυρός Weizen, Pflanzenname bei Theophrastos), Wiesen-Wachtelweizen. Halbschmarotzer. Laubblätter lanzettlich, ganzrandig. Deckblätter grün. Kommt mehr im Wald als auf Wiesen, höchstens auf Waldwiesen vor. Bl blaßgelb, Oberlippe helmförmig. *M. arvense*, Acker-W. Deckblätter fiederspaltig, obere wie die Bl purpurn. Lehmäcker. *M. nemorosum*, Hain-W. Deckblätter schön blauviolett, Bl goldgelb. Laubwälder. Sehr schön.

Fam. 51. Lentibulariaceae oder **Utriculariaceae**, Wasserhelme, Wasserschlauch-Gewächse.

Pinguicula, Fettkraut. Blätter in grundständiger Rosette, fleischig, hellgrün, fangen mit den eingerollten Rändern Insekten, die sie aussaugen. *P. vulgaris*. Bl auf einem Schaft, gespornt, blau. ♀. Moorige kurzgrasige Wiesen, sehr zerstreut. Mai, Juni. 15 cm. Die Blätter machen die Milch fadenziehend.

Utricularia, Wasserschlauch. Wasserpflanzen mit 2zeiligen, untergetauchten, vielzipfeligen Blättern. Zipfel sehr schmal, einzelne zu runden, blasenförmigen Schläuchen umgewandelt, die ein sich nach innen öffnendes Ventil an ihrer Mündung haben und so kleine Wassertierchen fangen und verdauen. Bl in langgestielten, bei uns goldgelben Trauben über dem Wasser. *U. vulgaris*, gemeiner Wasserschlauch. Blattzipfel allseitig abstehend. Schläuche bis 2 mm Durchmesser. Gräben, Sümpfe, meist in Wiesentorfmooren (Grünlandsmooren). Verunkrautet die Gräben.

§ 28.

Einundzwanzigste Reihe: Plantaginales.

Fam. 52. Plantaginaceae. K 4, C (4), A 4, G (2). Blumenblätter unscheinbar, trockenhäutig.

Plantago (Pflanzenname bei Plinius), Wegebreit, Wegerich. Bl in Ähren. Kapsel quer aufspringend, mit 2 ein- oder mehrsamigen Fächern.

P. major, großer Wegebreit (Fig. 33). Laubblätter in grundständiger Rosette, eiförmig, 3—5nervig, gestielt. Ähren zylindrisch, Staubfäden weiß. ♀. Triften usw., gemein. *P. media*. B elliptisch, 3—9nervig. Ähre länglich-zylindrisch. Staubfäden rötlich-lila. Blüten wohlriechend. Wiesen, zerstreut. *P. lanceolata*, lanzettlicher W. (Spitzwegerich, Hundsrippe). B lanzettlich, 3—5nervig, kahl. Schaft 5furchig. Ähren eiförmig-länglich. Staubfäden gelblich-weiß. Gemein. *P. maritima*, Strand-W. B graugrün, fleischig, linealisch. Blumenkronen-Röhre behaart. Salzhaltige Triften, Strandwiesen; fehlt im westlichen und südwestlichen Deutschland. *P. Coronopus*, krähenfufsartige W. B fiederspaltig. Salzhaltige Triften, Meeresufer. *P. ramosa* (*P. arenaria*). St ästig, gegenständig beblättert. Ähren kugelig. Sandfelder.

§ 29.

Zweiundzwanzigste Reihe: Rubiales. K 5 (oder 4), C 5 (oder 4), A 5 (oder 4), G meist (2). B gegenständig.

Fam. 53. Rubiaceae, Krappgewächse. K meist 5 (oder 0), C 5 (oder 4), A 5 (oder 4), G 2. Holzwachse oder (bei uns) Kräuter. St (bei uns) 4kantig. B gegenständig mit Nebenblättern, die bei uns ebenso groß wie die Laubblätter sind, daher die Blätter in 4—6- oder mehrzähligen Scheinquirlen.



Fig. 33. *Plantago major*.

a Kelch; b Blüte; c unreife, d reife Kapsel, bei e geöffnet und mit Samen.



Fig. 34. *Sherardia arvensis*.

a Kelch; b Griffel und Hüllkelch; c ganze Blüte.

- A. Kelch 6 zählig, Blumenkrone trichterförmig *Sherardia*
 B. Kelch undeutlich, Früchtchen halbkugelig:
 1. Blumenkrone trichterförmig, 4 spaltig *Asperula*.
 2. Blumenkrone radförmig, flach, meist 4 spaltig. *Galium*.

Sherardia arvensis (nach William Sherard, engl. Konsul in Smyrna, † 1728), Acker-Sherardie (Fig. 34). St niederliegend, rauh, untere Blätter zu 4, obere zu 6, lanzettlich. Bl kopfig, lila. ☉ und ☉. Äcker, auf Lehm- und besonders Kalkboden, zerstreut. 15—30 cm.

Asperula arvensis (zuerst bei Brunfels; asper rauh, wegen des rauhen Blattrandes). Bl kopfig. Deckblätter weißborstig. Bl blau. ☉. Lehmige, besonders kalkhaltige Äcker. Sehr zerstreut in Mittel- und Süddeutschland. Mai, Juni. Bis 30 cm. *A. odorata*, Waldmeister. In Laubwäldern. ♀. Frucht mit hakigen Borsten.

Galium (γάλα Milch, Name bei Dioskorides; die Pflanze soll die Milch gerinnen machen), Labkraut.

a) Blütenstand blattwinkelständig.

G. Aparine (ἀπαρίνη, Name bei Theophrastos), Klebkraut. B zu 6—8, linealisch-lanzettlich, am Nerven unterseits rückwärts stachelig rauh. Bis 1,25 m lang, oft lianenartig kletternd. Sich leicht an die Kleider heftend. Äcker usw., gemein. ☉. *G. uliginosum*, Moor-Labkraut. B zu 6—8, lineal-lanzettlich, spitz. Bleibt beim Trocknen grün. Bl weifs. Juni—September. 15—30 cm. *G. palustre*, Sumpf-L. B meist zu 4, lineal-länglich, vorn breiter, ohne Stachelspitze. Wird beim Trocknen leicht schwarz. Bl weifs. Mai—September. 15—60 cm. Beide letzteren ♀. Auf feuchten Wiesen.

b) Blütenstand in endständigen Rispen:

G. boreale, nordisches L. St aufrecht, steif. B zu 4, lanzettlich, derb. Bl weifs, wohlriechend. ♀. Trockene Wiesen. Juli, August. *G. verum*, echtes L. St rundlich. B zu 8—12, linealisch. Bl zitronengelb. Wiesen, Triften, dürre Hügel. Wird beim Trocknen leicht schwarz. *G. Mollugo* (Mollugo, Pflanzename bei Plinius), gemeines Labkraut. St 4 kantig. B zu 8, vorn breiter. ♀. Wiesen, Gebüsche, gemein. Bleibt beim Trocknen meist grün. Bl weifs, wohlriechend.

Fam. 54. Valerianaceae. B ohne Nebenblätter. Bl in Trugdolden, klein. Kelch zur Blütezeit oft undeutlich oder gezähnt, später oft eine gefiederte *Haarkrone* bildend. Blumenkrone oft mit Höcker (Andeutung eines Sporns), K 5, C 5, A 3, G (3). Fruchtknoten 1 fächerig, 1 samig oder aufser dem fruchtbaren Fach noch mit 2 leeren.

Valeriana (zuerst bei Matthaeus Silvaticus), Baldrian. Kelchsaum zur Blütezeit eingerollt, zur Fruchtzeit als federige *Haarkrone* ausgebildet. Blumenkrone am Grunde mit Höcker. Frucht 1 fächerig. *V. officinalis*. 60—90 cm hoch. Grundachse nach Baldriansäure (fufsschweifsähnlich) riechend. B unpaarig gefiedert. Bl ♀. ♀. Feuchte Wiesen, Gebüsche, gern auf Kalk und Lehm. Juni—September. *V. dioica*. Niedrig, 15 bis 30 cm. Bl vielehig, dreierlei Art: 1. Blumenkrone grofs, meist weifs, ♂. 2. Blumenkrone halb so grofs, meist ♀, rosa, Griffel kürzer als die Blumenkrone. 3. Blumenkrone noch kleiner, ♀, rosa, Griffel so lang oder länger als die Blumenkrone. Nr. 2 und 3 tragen Früchte, bei 1 ist die Trugdolde lockerer. — Grundachse kriechend, Ausläufer treibend. ♀. Feuchte, selbst saure Wiesen. April, Mai.

Valerianella. Kelch undeutlich 3 zählig. *V. olitoria*, gemeines Rapünzchen. St gabelästig. B länglich-spatelförmig, obere lanzettlich, gelbgrün. Blumenkrone klein, bläulich-weifs. Frucht rundlich-eiförmig. Äcker, Gärten, gern auf feuchterem Lehmboden.

Fam. 55. Dipsaceae. Bl klein, in Ähren oder Köpfen, die von Hüllblättern umgeben. Stbb 4 oder weniger. $G(\overline{2})$, aber Fr 1fächerig mit 1 Samen. B gegenständig. Jede *einzelne* Bl mit *doppeltem* Kelch, der äussere röhrig, krautartig, der eigentliche, innere, oft borstenförmig.

A. Eigentlicher, innerer Kelch beckenförmig, ohne Borsten. Bl in grossen Ähren (Köpfen), mit stechenden grossen Deckblättern. *Dipsacus silvester* (*διψαζός*, Name dieser Pflanze bei Dioskorides), wilde Karde. 1—2 m hoch. Deckblätter biegsam, mit gerader Spitze (bei der Weberkarde *D. Fullonum* steif, mit umgebogener Spitze). Meist auf *Lehm*; Wiesenränder, zerstreut.

B. Eigentlicher Kelch in Borsten geteilt:

I. Aufsenkelch ungefurcht, keine Spreublättchen (Deckblättchen) auf dem Blütenboden, nur Borsten. Kelchsaum mit 8—16 Borsten. Blumenkrone rosa, fleischfarben *Knautia*.

II. Aufsenkelch gefurcht. Spreublättchen vorhanden:

a) Aufsenkelch mit krautartigem, d. h. grünem Saum. Kelchsaum mit 5 Borsten. Blumenkrone blau . . . *Succisa*.

b) Aufsenkelch mit trockenhäutigem Saum. Kelchsaum bei uns mit 5 (sonst auch 10) Borsten. Blumenkrone blau, rötlich oder gelblich-weiss *Scabiosa*.

Knautia arvensis (nach Christian Knaut, Arzt in Halle, † 1716, benannt, Verfasser der *Methodus plantarum genuina*), Acker-Knautie. Untere Blätter oft ungeteilt, obere fiederspaltig. Aufsenkelch zusammengedrückt-4kantig. Köpfe halbkugelig. *Randblumen strahlend*. Pfrsichblütig, *fleischrot*. ♀. *Trockene* Wiesen, häufig. Juni—August. 20—60 cm.

Succisa pratensis (zuerst bei Fuchs, wegen der unten wie abgeschnitten erscheinenden Grundachse [Wurzelstock], von succidere, unten abschneiden), Teufelsabbifs. St mit 2—3 entfernten Blattpaaren. B *ungeteilt*, untere länglich, obere lanzettlich. Köpfe halb-, später ganzkugelig. Bl *blau*. *Randblüten nicht strahlend*. ♀. *Feuchte* Wiesen. Juli—September.

Scabiosa Columbaria, Tauben-Skabiose (*scabiosus* rüdig, rauh). B der nicht blühenden Triebe eingeschnitten oder leierförmig, die oberen der blühenden St *fiederteilig*. Kborsten schwarzbraun. Bl *rötlich-lila*. ♀. *Trockene* Wiesen.

§ 30.

Dreiundzwanzigste Reihe: Campanulatae, Glockenblumengewächse im weiteren Sinne. Typus K 5 (oder 0), C (5), A (5), $G(\overline{2})$ — $(\overline{5})$. Hauptcharakter: *Staubbeutel zusammeneigend* oder *verwachsen*. Fruchtknoten unterständig, seine Blätter meist minderzählig.

Fam. 56. Campanulaceae, Glockenblumengewächse im engeren Sinne. Oft mit Milchsafte. B spiralig. Griffel 2—5 teilig, mit Sammelhaaren für den Pollen. Fruchtknoten 2—5 fächerig.

Jasione (Pflanzenname bei Theophrastos, *ιασις* Heilung). *J. montana*, Bergjasione. Bl klein, blau, in Köpfen. Zipfel der Krone linealisch, zu einer Röhre zusammenklebend, sich später von unten nach oben trennend. B verkehrt-eiförmig, obere lanzettlich. ☺. Trockene Wälder, Sandfelder. Wird leicht für eine Komposite gehalten.

Phyteuma (Pflanzenname bei Dioskorides), Teufelskralle. Kronenzipfel wie bei Jasione, wie die Stricke an der Gondel eines Luftballons, Staubfäden am Grunde verbreitert. *P. orbiculare*, rundköpfige T. Untere Blätter gestielt, ei-länglich, obere sitzend, lanzettlich, alle gekerbt. Köpfe kugelig. Äußere Hüllblätter lanzettlich, etwas gesägt. Bl himmelblau. Trockene, fruchtbare Wiesen, gern auf *Kalk-* und *Mergelgrund*, zerstreut in Mittel- und Süddeutschland. — *P. spicatum*, ährenf. T., in schattigen Laubwäldern. Bl weiß.

Campanula (zuerst bei Fuchs, campanula Glöckchen; die Kirchenglocken sollen bekanntlich zu Nola in Campanien erfunden sein), Glockenblume. Blumenkrone meist glockenförmig, Kapsel kreiselförmig.

a) Blüten in Trauben oder Scheintrauben: *C. rapunculoides*. Grundachse kriechend, viele Ausläufer treibend, daher oft lästiges Unkraut in Gärten. St und B rauhaarig. Traube *einseitwendig*, Bl hellviolett. ♀. Sonnige Hügel. 30—120 cm. *C. persicifolia*, pfirsichblättrige Glockenblume. Traube wenigblütig. B kahl. Bl groß, weitglockig, himmelblau, 30—100 cm. Trockene grasige Hügel, Wälder.

b) Blüten in Rispen: *C. rotundifolia*. Nur die Grundblätter, besonders der nicht blühenden Pflanzen, rundlich nierenförmig, die der blühenden St lanzettlich oder lineal. Rispe locker, Kelchzipfel lineal. Krone bauchig-glockig, dunkelblau. Gemein, auf trockenen Wiesen usw. 20—30 cm. *C. patula*, ausgebreitete Glockenblume. Krone trichter- oder zylindrisch-glockenförmig. ☺. Wiesen, Wälder. Bl blaulila. Mai—Juli. 30—60 cm.

Specularia Speculum (zuerst bei Heister, speculum Spiegel, wegen der Blumenkrone), Frauenspiegel. Blumenkrone *radförmig*, violett. B länglich, halb stengelumfassend. Unter der Saat, gern auf Lehmboden, in Mittel- und Süddeutschland zerstreut.

Fam. 57. Compositae, Zusammengesetztblütige oder Korbblütler. B meist spiralig. K meist 0, C (5), A (5), G (2). Kelch nicht entwickelt, an Stelle desselben oft zahlreiche *Haare* oder auch Borsten (Haarkrone, Pappus). Blüten ♀ oder zum Teil ♂, ♀, klein, meist zu vielen in einem Kopf zusammengestellt, der von Hüllblättern (Hüllkelch) umgeben ist. Die

mittleren (sogen. *Scheiben-*) Blüten (seltener alle) oft regelmäfsig, *röhrenförmig*, 5zählig, die *Randblüten* (oder alle) oft unregelmäfsig, *zungenförmig*, meist strahlenförmig ausgebreitet, daher *Strahlblüten* genannt. *Staubfäden* frei, *Staubbeutel* meist zu einer Röhre verwachsen, durch welche der vom unterständigen Frk entspringende Griffel hindurchtritt und den in der Röhre befindlichen Blütenstaub (oft mit einem Besen unter den 2 Narben) hinausfeßt, sich oben in 2 meist ankerartige Schenkel (Narben) teilend.

Übersicht der Unterfamilien:

- I. Meist ohne Milchsaft. Blumenkrone der *Scheibenblüten* nicht zungenförmig *Tubuliflorae*.
 II. Mit Milchsaft. Blüten *alle* zungenförmig, ♂, meist gelb *Liguliflorae*.

§ 31.

Compositae. Unterfamilie I. Tubuliflorae. Zu dieser gehören nicht nur diejenigen, bei denen *alle* Blüten röhrenförmig sind, sondern auch diejenigen, bei denen die *Randblüten* zungenförmig sind (z. B. Kamillen). In diesem Fall sind die *Randblüten* meist ♀, die *mittleren* (sogen. *Scheibenblüten*) ♂.

a) Alle Blüten röhrenförmig und ♂. *Eupatorium* (bei Dioskorides von *εὐπάτωρ*, Beiname des Königs Mithridates) *cannabinum*, Wasserdost, Lämmerschwanz. Gröfs, 90—150 cm. B *gegenständig*, meist 3teilig, mit lanzettlichen Abschnitten. Köpfe klein, in dichten Doldenrispen. Trüb *rosa*. Die Pflanze duftet apfelähnlich. An Gräben und feuchten Gebüsch. 4. Juli—September. (Filago usw., sowie Tussilago und Petasites, die scheinbar hierher gehören, siehe S. 275 und 277.)

b) *Strahlblüten* (*Randblüten*) meist zungenförmig und ♀ (selten geschlechtslos), weifs, gelb, rot oder blau. *Scheibenblüten* (*Mittelblüten*) gelb, ♂.

Bellis (Pflanzenname bei Plinius), Gänseblümchen, Mafsliebchen. B rosettig, spatelförmig. St unbeblättert, 1köpfig. *Strahlblüten* weifs oder aufsen *rosa*. Wiesen, gemein, auf Rasenplätzen lästiges Unkraut.

Aster Tripolium (*ἀστὴρ* Stern, Name einer Pflanze bei Theophrastos), Strand-Aster. Etwas fleischig, kahl. St ästig. Obere B lineal-lanzettlich. Köpfe doldenrispig. Hüllblätter angedrückt. *Strahlblüten* blaulila. Strand- und Salzwiesen. ☉. Bis 90 cm. Juli—September. *A. Amellus*, Bergaster. Behaart. Obere B länglich-lanzettlich. Hüllblätter abstehend. Köpfe doldenrispig, ziemlich grofs. *Strahlblüten* blau. 4. Gern auf *Kalk*. 30—50 cm. *A. alpinus*, Alpenaster. St 1köpfig. B 3nervig, weichhaarig. *Strahlblüten* blau. Mittel- und Süddeutschland, selten, gern auf *Kalk*.

Erigeron (*ἔρις* früh, *γέρον* Greis, Pflanzenname bei Theophrastos), Dürrwurz. Köpfe *klein*, in Doldenrispen. *Strahlblüten* schmal-lineal.

E. acer, scharfe Dürrwurz. Äste 1köpfig. Strahlblüten lang, rötlich-lila. *E. canadensis*, kanadische Dürrwurz. Äste mit vielen sehr kleinen, gedrängten Köpfchen. Strahlblüten kurz, schmutzigweifs oder lila. Beide auf sandigem Unland, lästige Unkräuter, letztere häufiger.

Hieran schliessen sich eine Anzahl Gattungen, die wollig-filzig sind und nur Röhrenblüten haben. Hüllblätter am Rande trockenhäutig, oft metallglänzend. So: *Filago* (zuerst bei Dodoens, von filum Faden, Gespinnst, wegen des wolligen Überzuges), Schimmelkraut. St ästig. Köpfe klein, gelblich-weifs. *F. germanica*. Sandig-lehmige oder kalkige Äcker. *Gnaphalium (Antennaria) dioicum* (γναφάλιος filzig, wegen der Blätter, bei Dioskorides), Katzenpfötchen. Mit Ausläufern. Hüllblätter der ♂ Pflanze stumpf, meist weifs, der ♀ spitz, meist rosa (Immortelle). ♀. Trockene Wiesen, auf Sandboden. *G. uliginosum*, Sumpf-Ruhrkraut. St ästig, Köpfchen knäuelartig, beblättert. Hüllblätter gelblich oder bräunlich. ☉. Feuchte Äcker, auf Sand und Lehm. *Helichrysum arenarium*, Strohblume, Immerschön. Hüllblätter locker, schön zitronengelb, selten orange. Blumenkrone orange. ♀. Sandige Triften, in Hessen nur auf Kalkhügeln.

Inula (Pflanzenname bei Vergilius), Alant. Strahlblüten geschlechtslos, Hüllblätter dachziegelig. *I. Britannica*. St zottig, 1 bis vielköpfig. Blätter weich behaart, lanzettlich, die oberen mit herzförmigem Grunde stengelumfassend. Köpfe grofs, gelb. Hüllblätter viel kürzer als die Strahlblüten. ♀. Wiesen. 20—90 cm. Geruch aromatisch, etwas knoblauchartig.

Bidens (als Pflanzenname zuerst bei Caesalpinus), Zweizahn, wegen der Frucht, Wasserdost. Blätter gegenständig. Fr mit 2—6 rückwärts rauhen Grannen, sich leicht an die Kleider hängend, auch jungen Fischen sich ins Maul setzend und sie tötend. *B. tripartitus*, 3teiliger Z. B meist 3—5 teilig. Blumenkrone gelbbraun. Fr mit 2 oder 3 Grannen. ☉. Gräben, feuchte Wiesen. 20—90 cm. Juli—September. — *B. cernuus*, nickender Zweizahn. Köpfe nickend. Ufer, Sümpfe.

Galinsoga (nach de Galinsoga, Intendant des botan. Gartens in Madrid, um 1800, benannt), Knopfkraut. *G. parviflora*, kleinblum. K. Strahlblüten meist nur 5, ♀, weifs. Blütenstandachse kegelförmig. St sehr ästig. Blätter gegenständig, herzeiförmig. ☉. Aus Peru; seit 1807 aus dem botan. Garten zu Berlin ausgewandert, jetzt stellenweise lästiges Unkraut.

Anthemis (ἀνθεμῖς Kamille, bei Dioskorides), Hundskamille, Blütenboden gewölbt oder kegelförmig, mit Spreublättchen. Hüllblätter dachziegelig. Randblüten länglich, ♀. Kelchsaum 0. B spiralig. *A. arvensis*, Acker-Hundskamille. B doppeltfiederteilig. Blütenboden kegelförmig, innen nicht hohl, im Gegensatz zur echten Kamille, Matricaria Chamomilla.

Hüllblätter zuletzt an der Spitze zurückgebogen. ☉ und ☉. Äcker, gemein. Juni—Herbst. 20—50 cm. *A. tinctoria*, Strahlblüten nicht weifs, sondern gelb wie die Scheibenblüten. An Wegen.

Achillea (nach dem Heros Achilleus benannt, bei Hippokrates), Garbe. Randblüten *rundlich eiförmig*, ♀, Kelchsaum 0. Bl in Doldenrispen. *A. Ptármica*, Bertram-Garbe. Grundachse kriechend. B lineal-lanzettlich, gesägt. Bl in lockeren Doldenrispen. Strahlblüten etwa 10. Wiesen, Gräben. Juli, August. 30—100 cm. *A. Millefolium*, Schafgarbe. Grundachse kriechend, mit Ausläufern. B doppelt-fiederteilig. Abschnitte 2—5 spaltig, Zipfelchen lineal. Bl in dichten Doldenrispen. Strahlblüten nur 4—6. ♂. Wiesen, Triften, gemein. Juni—Oktober. 20—50 cm. Gute Futterpflanze.

Chrysanthemum (χρυσός Gold und ἄνθεμον Blume; Pflanzennamen bei Dioskorides). Wie Anthemis, aber Blütenboden *ohne* Spreublättchen. *C. leucánthemum* (*Leucanthemum vulgare*), große Wucherblume, weisse Wucherblume. Blütenboden *flach*, halbkugelig, markig. St bis 60 cm. 1 köpfig. Stengelblätter sitzend, länglich-lanzettlich, gesägt. Kopf groß. ♂. Trockenere Wiesen, gemein. Mai—August. — *C. ségetum*, gelbe oder Saat-Wucherblume. Blaugrün, etwas fleischig. Obere B halb stengelumfassend, grob gesägt, an der Spitze breiter. Alle Bl dottergelb. ☉. Äcker, auf schwarzem, feuchtem Boden, in manchen Gegenden, besonders im Norden und Nordwesten Deutschlands, Pommern, bis Schleswig-Holstein, Hannover usw., eine Landplage, in andern fehlend.

Matricaria Chamomilla (χαμαίμηλον, bei Dioskorides eine Pflanze, deren Geruch an Äpfel [μήλον] erinnert), echte Kamille. Blütenboden *kegelförmig*, *hohl*, *ohne* Spreublättchen. B 2—3fach fiederteilig, Abschnitte schmal-lineal. ☉. Äcker, besonders auf Lehm. Geruch angenehm aromatisch. Die Blüten ein wichtiges Heilmittel. (Auch *Chrysanthemum Chamomilla* genannt.)

M. inodóra, geruchlose Kamille. Blütenboden halbkugelig markig. B wie bei voriger. Zipfel lineal-fadenförmig, unterseits gefurcht. ☉ und ♂. Äcker. Juni—Herbst. 20—60 cm. (*Chrysanthemum inodorum*.)

Tanacetum (bei Karl dem Großen Tanazita), *vulgare*, gemeiner Rainfarn. Randbl gelb, 3zählig, nicht strahlend (scheinbar fehlend). B fiederteilig. Blüten in flachen Doldentrauben, gelb. ♂. An Rainen, besonders auf Lehm. 60—120 cm. Juli—Herbst. (Auch *Chrysanthemum vulgare* genannt.)

Artemisia (vielleicht nach der Göttin Artemis Eileithyia, wegen ihrer Wirksamkeit bei Frauenkrankheiten), Beifuss. Strauchartig, Köpfe klein, in vielen Arten auf dünnen Plätzen usw. *A. vulgaris*, gemeiner B., *A. Absinthium*, Wermut.

Tussilago Färfara (Pflanzenname bei Plinius), Huflattich. Grundachse weiß, auf Äckern ca. 30 cm, seltener 1 m unter der Erde, oft wagerecht verzweigt, weithin kriechend und Ausläufer treibend, an der Spitze eine Rosette langgestielter, rundlich-herzförmiger (hufförmiger), gezählter, unterseits weißfilziger Blätter tragend. Jeder Ausläufer wird nach Kirchner, Flora von Stuttgart, 3 Sommer alt; im 1. wächst er unter der Erde, im 2. tritt er als laubtragender Trieb hervor, welcher neue unterirdische Seitensprosse erzeugt, im darauffolgenden Frühjahr blüht und fruchtet er und stirbt dann ab. Blütenstengel vor den Blättern, März—Mai, nur mit Schuppenblättern, 1 köpfig, oft noch mehrere seitenständige Blütenstengel. Bl goldgelb, in der Sonne ausgebreitet. *Vertilgung* nach dem Flugblatt (Leaflet) No. 194 des Board of Agriculture and Fisheries, London 1907: 1. Ausstechen der blühenden und der beblätterten Triebe; 2. Tiefpflügen in der heißen Sommerzeit; 3. auf Wiesen: Stickstoffdünger; 4. Entwässerung. ♀. 25 cm. Auf Ton- und Lehmboden, besonders an quelligen Stellen. Die ♀ Randblüten nur ganz schmal zungenförmig.

Petasites (πέτασος breiter Hut, wegen der rundlichen Blätter, bei Dioskorides), Pestwurz. Ausläufer treibend. Blütenschaft blattlos, nur mit lockeren Schuppen, meist vor den Blättern erscheinend. Köpfe in Trauben. *P. officinalis*. B sehr groß, rundlich-herzförmig, eckig, unterseits graugrün, Herzausschnitt tief. Bl schmutzig-purpurn oder rötlich-weiß. ♀. Feuchte Wiesen, Quellen, Gräben. März, April. 30 cm.

Arnica montana (zuerst bei Ruppian, soll aus *παραμική* durch Verstümmelung entstanden sein), Berg-Wohlverleih, Arnika. St einfach. Blätter gegenständig, hellgrün, grundständige meist 4, länglich-verkehrt-eiförmig. Blütenköpfe groß, einzeln, orange. ♀. Feuchte, besonders torfige, seltener trockene Wiesen, stellenweise. Geruch stark aromatisch. Wund-Heilmittel.

Senecio (bei Plinius, von senex Greis; wohl wegen der bald sichtbar werdenden Haarkrone), Baldgreis. Früchte zylindrisch, gerippt, mit Haarkrone. (1200 Arten!) Köpfe bei unseren Arten gelb, rispig. *S. paluster*, Sumpfbaldgreis. Torfsümpfe, besonders in frisch gestochenen Torfgruben. Höhe 30—60 cm. Dicht klebrig zottig, St dicht beblättert. Stengelblätter lanzettlich. ☉. Norddeutschland und Elsass. *S. vulgaris*, Kreuzkraut. ☉ und ☉. Stengelblätter buchtig fiederspaltig, spinnwebig. Strahlblüten fehlend. Lästiges Unkraut. *S. vernalis*, Frühlings-Kreuzkraut, ☉ und ☉, ähnlich dem vorigen, aber *Strahlblüten vorhanden*. B kraus. Köpfe locker doldenrispig. Mai, Juni. Eisenbahndämme, Unland. Wandert immer weiter nach Westen, ist aber lange nicht so gefährlich, wie man erst annahm, allenfalls auf Klee- und Weideschlägen im 2. Jahr. *S. Jacobaea*. Untere Blätter mit kerbig-eingeschnittenem Endabschnitt, mittlere Blätter

fiederspaltig, stengelumfassend, Fiedern rechtwinklig abstehend. ♀. Wiesen. *S. aquaticus*, ähnlich, hellgrün, Fiedern vorwärts gerichtet, Köpfe größer.

Carlina acaulis (zuerst bei de l'Obel, nach Kaiser Karl d. Gr. benannt; sie soll sich in seinem Heere bei einer pestartigen Krankheit hilfreich gezeigt haben), stengellose Eberwurz, Wetterdistel. B nur grundständig, gefiedert, Abschnitte stachelig gezähnt. St meist sehr kurz, 1 köpfig, Köpfe sehr groß, mit schön silberweißen, trocken sich spreizenden inneren Hüllblättern. Auf *Kalk*, zerstreut in Mitteldeutschland. *C. vulgaris*. St länger, doldenrispig. Dürre Hügel, Kalkberge.

Carduus (Name einer Distel bei Vergilius), Distel, und *Cirsium*, Kratzdistel; beide werden kurzweg als Disteln bezeichnet.

Carduus. Haare der Haarkrone *einfach*, nur gezähnt, unten zu einem Ringe verwachsen. *C. crispus*, krause Distel. B herablaufend, unterseits wollig-filzig. Köpfe klein, rundlich, meist gehäuft. Krone purpurn. ☺. Wiesen, Flusufer, Zäune usw. 60—150 cm. *C. nutans*. Köpfe groß, einzeln. Wege.

Cirsium (*χιρσίον*, Name einer Distelart bei Dioskorides, von *χιρρός* Krampfadern, da die Pflanze gegen dieses Leiden angewendet wurde). Haare der Haarkrone *gefiedert*. *C. lanceolatum*, lanzettliche Kratzdistel. B fiederteilig, oberseits von kleinen Stacheln rauh, herablaufend. Köpfe einzeln, groß. Hüllblätter mit abstehendem Stachel. Hellpurpurn. Ackerländer, Weiden. Juli, August. *C. oleraceum*, kohllartige K., Wiesen Kohl. Pflanze *gelbgrün*, weichstachelig. Köpfchen gehäuft, von großen, eiförmigen, *bleichen* Hochblättern umgeben. Bl *gelblich-weiß*. ♀. Auf feuchten Wiesen oft lästiges Unkraut. Juli, August. 50—150 cm. *C. acaule*, stengellose Kratzdistel. Blütenköpfchen einzeln oder zu 2—3, fast auf der Wurzel sitzend. ♀. Trockene Wiesen. Juli—September. Purpurn. *C. palustre*, Sumpf-Kratzdistel. Derb stachelig. St nebst B spinnwebig-filzig, B herablaufend, tief fiederspaltig, mit 2 spaltigen, stachelspitzigen Zipfeln. Köpfchen *klein*, traubenförmig geknäuel, auf kurzen, weiß-spinnwebigen Stielen. Purpurrot. ☺. Nasse Wiesen, auf Moorwiesen oft sehr unangenehm, lästiges Unkraut. 60—150, selbst 250 cm hoch. *C. arvense*, Ackerdistel. Blüten 2häusig. Gleich voriger dicht und derbstachelig und ebenso lästiges Unkraut, aber noch gefährlicher, weil sie nicht 2jährig, sondern ausdauernd ist. Wurzel sehr ästig. *Adventivknospen* bildend. St fast kahl. B wenig herablaufend, lanzettlich, buchtig bis fiederspaltig. Köpfe ziemlich klein, eiförmig, rispig-ebensträufsig. Äcker, Triften, meist auf gutem Boden. Juli, August. — Vertilgung durch Ausstechen oder Ausziehen mit Distelzangen; doch bilden sich auf den zurückgebliebenen Wurzelstücken, selbst auf kleinen, wieder Adventivknospen, die sich zu Stengeln entwickeln. Daher kaum auszurotten. Nur dichte Bedeckung des Bodens mit anderen Pflanzen kann

sie zurückdrängen. Auch sollte man alle Distelköpfe, bevor die Samen davonfliegen, vernichten. Vielleicht dürften sich Raupenfackeln, mit denen man die fast reifen Köpfe ansengt oder verbrennt, empfehlen.

Serratula tinctoria (Pflanzenname bei Plinius), Färberscharte. Grundblätter gestielt, meist ungeteilt. Stengelblätter sitzend, fiederspaltig, scharf gesägt. Köpfe in Doldenrispen, 2häusig, purpurlila. Hüllblätter an der Spitze violett. ♀. Trockene Wiesen, lichte Gebüsch. Juli—Sept. 30—100 cm.

Centaurea (Pflanzenname bei Hippokrates, nach dem kräuterkundigen Centauren Cheiron benannt), Flockenblume. Die schönen großen tutenförmigen Randblüten sind geschlechtslos und dienen als Schauapparat, als Anlockungsmittel für Insekten. Hüllblätter dachziegelig, an der Spitze mit einem trockenhäutigen Anhängsel (oder 1 Stachel). *C. Jacéa* (italienisch, Stiefmütterchen), gemeine Flockenblume. Obere Blätter länglich-lanzettlich. Hüllblätter ganz von den meist rundlichen, bräunlichen, angedrückten Anhängseln bedeckt. Haarkrone fehlt. Hellpurpurn. ♀. Trockene Wiesen usw. Juni—Herbst. 30—90 cm. *C. Cyanus* (κύανος blau), Kornblume. B lineal-lanzettlich. Hautrand der Hüllblätter fransig geschlitzt. „Kornblumenblau“, Haarkrone in Form steifer Borsten. ☉ und ☉. Trotz ihrer Schönheit ein lästiges Ackerunkraut. Vertilgung durch Stoppelschalen, Hackfruchtbau und Hacken des Getreides. *C. montana*. B herablaufend, lanzettlich. ♀. Garten-Kornblume. Kalkberge. Mittel- und Süddeutschland. *C. phrygia*. B länglich-elliptisch, gesägt-gezähnt. Anhängsel der Hüllblätter zurückgekrümmt, fiederig gefranst, die der innersten über die äußeren hervorragend. Wiesen in Pommern und dem östlichen Deutschland. *C. rhenana* (*C. paniculata*). Rheinische Fl. St rispig, untere B doppelt-, obere einfach-fiederteilig. Sonnige Raine.

§ 32.

Compositae. Unterfamilie II. Liguliflorae, Zungenblütige. Alle Bl zungenförmig. Pflanzen mit Milchsaft.

Cichorium (Pflanzenname bei Theophrastos und Dioskorides). Früchte kantig, nicht ausfallend. Kelchsaum (Pappus) aus Schuppen bestehend. *C. Intybus* (intubus oder intubum, Name der Gattung bei Vergilius), Zichorie, Wegwarte. St aufrecht. Untere Blätter buchtig-fiederspaltig, obere lanzettlich, halb stengelumfassend. Köpfe traubig. Bl hellblau. ♀. Wegränder (daher der Name), auf Ton- und Lehmboden. Auch gebaut. *C. Endivia*, Endiviensalat.

Hypochoeris (soll von ὑπόχοιρος, Ferkel [χοῖρος] säugend, herkommen; Pflanzenname bei Theophrastos), Ferkelkraut. Spreublättchen linealisch. Laubblätter größtenteils in einer grundständigen Rosette, aus der mehrere ästige Blütenstengel hervorragen. Köpfe vor der Blüte aufrecht. Haarkrone doppelt, äußere kürzer, nicht gefiedert. *H. radicata*.

Grundblätter lanzettlich, stielartig verschmälert, buchtig gezähnt, mit stumpfen Zähnen. St aufrecht, blattlos. Hüllblätter alle kürzer als die Blüten. Bl dunkelgoldgelb, die äusseren aufsen dunkelblaugrau. Früchte sämtlich geschnäbelt. ♀. Trockene Wiesen. Vom Herbst-Löwenzahn (siehe unten) sofort durch die graugrünen Stengel, die meist viel gröfseren Köpfe, die Farbe der Randblüten und die nicht verdickten Blütenstiele und besonders durch die Spreublätter zu unterscheiden. 15—60 cm.

Achyrophorus (zuerst bei Vaillant, ἄχυρον Spreu, φόρος tragend, wegen der Spreublätter), Hachelkopf. Wie Hypochoeris, aber Haarkrone nicht doppelt, Haare gefiedert. *A. maculatus*, gefleckter Hachelkopf (Hypochoeris maculata). St 1—3köpfig, meist 1blättrig, rauhaarig. Grundblätter länglich-verkehrt-eiförmig, buchtig gezähnt, mit breitem Grunde sitzend, meist mit länglichen rotbraunen Flecken, dicht borstig. Köpfe gröfser als bei voriger. Äussere Hüllblätter lanzettlich, an der Spitze abstehend, innere lineal-lanzettlich, oberwärts gelblich-filzig berandet. ♀. Sonnige Hügel, gern auf Lehm, aber auch auf sandigen Heideflächen, trockenen Wiesen, zerstreut. 30—60 cm.

Leontodon (λέων Löwe, ὄδους Zahn, von Linné gebildet), Löwenzahn (nicht der gewöhnliche Löwenzahn, siehe diesen unter Taraxacum). Blütenboden ohne Spreublättchen. Hüllblätter meist weifslich berandet. Haarkrone unserer Arten schmutzigweifs. Alle ♀. *L. autumnalis*, Herbst-Löwenzahn. Wurzel abgestutzt, St meist ästig, mehrköpfig, blattlos. Köpfchenstiel allmählich verdickt, oberwärts schuppig. Grundblätter buchtig oder fiederspaltig gezähnt, kahl oder sparsam behaart. Wiesen, Triften, häufig. Goldgelb. Juli—Oktober. 10—60 cm. Sehr gutes Futter für das Weidevieh. (Vergl. A. Weber in Arbeiten der Deutschen Landw.-Gesellschaft Heft 61, S. 87.) *L. hispidus* (*L. hastilis*, *Apargia hispida*), rauhaariger oder spiefsblättriger L. Mit gabeligen Haaren besetzt. St ungeteilt, 1köpfig, unter dem Kopfe etwas verdickt, höchstens mit einzelnen Schuppen. Kopf vor dem Aufblühen nickend. Dunkelgoldgelb. Wiesen.

Tragopogon (τράγος Bock, πάγων Bart; Pflanzename bei Theophrastos), Bocksbart. B grasartig, Köpfe langgestielt, einzeln, grofs. Blütenboden ohne Spreublättchen. Früchte mit langem Schnabel. Haarkrone grofs, mit ineinandergewebten Fiederhaaren.

T. major. Kopfstiel oberwärts keulig verdickt, hohl. Hüllblätter 10—12, länger als die Bl. Oberfläche des blühenden Kopfes in der Mitte vertieft. Blafsgelb. ☉. Hügel, gern auf Lehm und Kalk. 30—60 cm. Fehlt in Ostpreussen, oder dort nur Adventivpflanze. 30—100 cm.

T. pratensis, Wiesenhaferwurz (Fig. 35). Kopfstiel nur unter dem Kopf wenig verdickt. Hüllblätter 8, nur so lang als die Bl, oberhalb des Grundes quer eingedrückt. Dunkelgoldgelb. ☉. Wiesen, Hügel. Mai bis August. 30—60 cm. *T. porrifolius*, Haferwurz, aus Südeuropa, essbar.

Taraxacum (zuerst bei Serapion, die Pflanze galt vermutlich als Mittel gegen *ταράξις*, eine Art Augenentzündung). Hüllkelch länglich-glockenförmig, seine äußeren Blätter kürzer, zurückgebogen, einen Aufsenkelch bildend. Spreublättchen fehlen. Blätter in grundständiger Rosette. *T. officinale*, Kuhblume, Butterblume,¹⁾ gewöhnlich Löwenzahn. Grundachse dick, ästig. B länglich-lanzettlich, buchtig-fiederspaltig, mit rückwärts gerichteten Abschnitten (schrotsägeförmig). Schaft 1köpfig, hohl. Goldgelb. ♀. Wiesen, gemein. Ein lästiges Unkraut, weil es mit seiner großen Blattrosette anderen Pflanzen den Raum nimmt. Dient bekanntlich



Fig. 35. *Tragopogon pratensis*.
a Hüllkelch und Fruchtboden;
b Blüte; c Frucht.



Fig. 36. *Lactuca Scariola*.
a Blüte; b Hüllkelch und Fruchtboden
mit einzelnen Früchten; c Frucht.

jung und namentlich etwas gebleicht am Rhein und besonders in Frankreich als Salat, und wird nach Weber, Arbeiten der Deutschen Landw.-Gesellschaft Heft 61, S. 87, vom Fettvieh gefressen, wenn auch nicht mit Vorliebe. Vertilgung: Abstechen der oft $\frac{1}{2}$ m tief gehenden Grundachse mit einem schmalen Spaten (Distelstecher), etwa 5—10 cm unter der Blattrosette bei nassem Wetter mit Beginn der Blüte. Die Grundachse verfault dann.

Lactuca (Pflanzenname bei Plinius von lac Milch), Lattich. Früchte lang geschnäbelt. St beblättert. Köpfe klein, rispig. Hüllkelch zur Fruchtzeit unten meist bauchig, mit Aufsenkelch. *L. Scariola* (scariola,

¹⁾ Butterblume ist eigentlich *Ranunculus acer*.

ital. = Endivie), wilder Salat (Fig. 36). B *senkrecht* gestellt, d. h. mit einer scharfen Kante gen Himmel, dabei an frei stehenden Exemplaren meist alle nach Norden und Süden gerichtet (Kompasspflanze!) Blaufgelb. ☉. Hügel, gern auf fettem oder sandigem *Lehmboden*, zerstreut. Wahrscheinlich Stammpflanze unseres Salats, *L. sativa*.

Sonchus (σόγγος, eine Distelart bei Theophrastos), Gänsedistel. Früchte schnabellos. Haarkrone schneeweifs. Hüllblätter dachziegelig. St beblättert. B stengelumfassend, am Rande stachelig gewimpert.

A. *Einjährig*. Wurzel spindelförmig, senkrecht. St *ästig*. Früchte gelbbraun. Hüllkelch kahl.

S. oleráceus, glatte Gänsedistel (Saudistel). B weich, meist glanzlos, obere Blätter stengelumfassend, am Grunde *pfeilförmig*. Bl schwefelgelb. Früchte *querrunzelig*. Äcker und Gärten, lästiges Unkraut. 30—90 cm. *S. asper*, rauhe Gänsedistel. Steif, etwas blaugrün. B derber, meist glänzend, mit mehr stechenden Zähnen, obere am Grunde *herzförmig*. Früchte *glatt*. Sonst wie vorige, mehr auf feuchtem Boden, dunkler gelb. Juni—Herbst. 30—70 cm.

B. *Ausdauernd*. St unterwärts einfach, Hüllkelch drüsenhaarig.

S. arvensis, Acker-Gänsedistel. Hauptwurzel meist mit langen horizontalen Nebenwurzeln (sog. Ausläufer), die Adventivknospen treiben. Obere Blätter am Grunde herzförmig, mit abgerundeten Öhrchen. Doldenrispe wenig-köpfig. Köpfe groß. Hüllkelch und Kopfstiele *gelb-drüsenhaarig*. Bl goldgelb. Fr *dunkelbraun*. Feuchte Wiesen, auch auf Äckern, besonders unter Sommergetreide, namentlich Hafer. Juli—August. 50 bis 150 cm. Vermehrt sich in ähnlicher Weise wie *Cirsium arvense* und ist für *feuchte* Äcker ein lästiges Unkraut. *S. paluster*, bis 2,5 m hoch, mit am Grunde tief pfeilförmigen Blättern und schwarzen Drüsenhaaren an der viel- aber kleinköpfigen Doldenrispe. Kommt nur stellenweise auf feuchten Wiesen vor. Ist eins der größten Kräuter unserer Flora. Bl hellgoldgelb.

Crépis (κρηπίς Schub, Pflanzenname bei Theophrastos), Grundfeste, Pippau. Äußere Hüllblätter kürzer, meist eine Aufsenhülle bildend. Köpfe meist in Doldenrispen. Fr *oben* verschmälert. Haare der Haarkrone, mit Ausnahme von *C. paludosa*, *schneeweifs*, weich, *nicht zerbrechlich*. — *C. foëtida*, stinkende Grundfeste. St und B weichhaarig. Köpfchen vor dem Aufblühen nickend. Hüllkelch grau und zottig. Zitronengelb. ☉ und ☉. Gern auf *Kalk*; Mittel- und Süddeutschland. Juni bis August. 30—40 cm. — *C. biennis*, 2jährige Grundfeste (Fig. 37). St beblättert. Blätter flach, meist am Grunde fiederspaltig, obere ungeteilt, mit öhrchenförmigem, gezähntem, aber nicht pfeilförmigem Grunde etwas stengelumfassend. *Goldgelb*. 60—120 cm. ☉ und ☉. Ackerränder, gern auf *Lehm*. Juni—Oktober. — *C. tectorum*, Dach-Grundfeste. Graugrün.

Obere Blätter linealisch, mit pfeilförmigem Grunde stengelumfassend, mit *aufwärts* gerichteten Öhrchen, *am Rande ungerollt*. Kopfstiele oben etwas verdickt. *Hellgelb.* ☉ und ☉. *Sandige Äcker*, grasige Stellen, gemein. Mai—Oktober. — *C. virens*, grüne Grundfeste. Grasgrün. Stengelblätter linealisch, am Rande nicht ungerollt, mit *abwärts* gerichteten Öhrchen. Kopfstiele dünn. *Hellgelb.* ☉ und ☉. Wiesen, Gebüsche. Juli—Oktober. — *C. paludosa*, Sumpf-Grundfeste. St hohl. Äußere Hüllblätter schwarz-drüsenartig. Nasse Wiesen, besonders in Wäldern, an Bächen, zerstreut. Haare der Haarkrone *gelblich, zerbrechlich*, dadurch den Übergang zur Gattung *Hieracium* bildend.

Hieracium (ἱέραξ Habicht, Name einer Pflanze bei Plinius), Habichtskraut. Äußere Hüllblätter meist keine Aufsenhülle bildend. Fr *unten* verschmälert. Haare der Haarkrone *schmutzig-weiß, zerbrechlich*. — Eine schwierige Gattung mit vielen Bastarden. Blätter meist in grundständiger *Rosette*; Stengelblätter dann klein oder 0. Alle Arten ausdauernd. Vegetative Vermehrung entweder: 1. durch Ausläufer oder 2. durch kurzgestielte Rosetten oder 3. durch unterirdische Knospen.

H. Pilosella (zuerst bei Thal und Camerarius, Diminutivform von pilosus haarig), gemeines Habichtskraut. Niedrig, mit verlängerten Ausläufern. B verkehrt ei-lanzettlich, borstig behaart, unterseits graufilzig. St blattlos, 1köpfig. Trockene, sandige Wälder, Grasplätze, gemein. *Hellgelb*, äußere Blüten unterseits purpurn gestreift. Mai, Juni, einzeln noch im Herbst. 30—45 cm.

H. Auricula (auricula muris hispanica, ein Pflanzename bei Joh. Bauhin), Öhrchen-Habichtskraut. Ausläufer zahlreich. B bläulich-grün, zungenförmig, fast kahl. St blattlos oder 1 blätterig, 2—6 köpfig. *Hellgelb*. Wiesen, feuchte Wälder, zerstreut. Mai, Juni. 15—30 cm. — *H. pratense*. St hohl, weich, besonders am Grunde mit langen, dichten, weichen, oft rötlichen Haaren. Köpfe zahlreich, klein, dicht gedrängt. *Hellgoldgelb*, Griffel gelb. Etwas feuchte Wiesen, zerstreut. Juni—August. 30—100 cm. — *H. murorum*, Mauer-Habichtskraut. Blafsgrün. Rosettenblätter zahlreich. Stengelblätter 1—2, klein. Doldenrispe vielköpfig. Blütenstiele bogig aufsteigend. Hüllkelch zylindrisch-glockig, schwarz-drüsenhaarig,



Fig. 37. *Crepis biennis*.
a Blüte; b Frucht, bei c ohne Federkelch.

innere Hüllblätter spitz. Goldgelb. Haarkrone ziemlich reinweiß. Wälder, Gebüsche. 30—90 cm. — *H. vulgatum*, gemeines Habichtskraut. Grasgrün. Rosettenblätter wenige, Stengelblätter 3—6. Hüllkelch kurz-glockig, sternförmig und schwarz-drüsenhaarig, innere Hüllblätter stumpf. Blütenstiele aufrecht. Wälder, Gebüsche. Juni, Juli. 30—100 cm. — *H. laevigatum*, glattes Habichtskraut. St entfernt beblättert, steif. Hüllkelch zylindrisch-glockig, innere Hüllblätter spitz. Goldgelb. Sonnige Hügel, zerstreut. 60—120 cm. Juli, August. — *H. umbellatum*, doldiges Habichtskraut. St dicht beblättert. Hüllkelch länglich-zylindrisch, innere Hüllblätter stumpf. Laubblätter am Rande zurückgerollt. Wiesen, Wegränder, Gebüsche, häufig besonders auch auf den Dünen der Ostseeküste.

Kapitel IV.

Pflanzengeographisches über die Wiesen.

§ 33.

Übersicht über die Pflanzenformationen der Erde. Die Pflanzen leben meist in Gesellschaften, in Vereinen, die man auch Pflanzenformationen nennt, zusammen.

Drude unterscheidet in v. Neumayer, Anleitung zu wissenschaftlichen Beobachtungen auf Reisen, 3. Aufl., II, S. 355, 1906, folgende Pflanzenformationen auf dem *festen* Boden:

A. Formationen mit geschlossener Pflanzendecke.

- I. Wälder aus Bäumen und Grofssträuchern.
- II. Niederholzformationen aus Gebüsch und Gesträuch.
- III. *Grasfluren*, aus den Boden gesellig bedeckenden Gräsern und Riedgräsern gebildet.

a) Bei genügender und stetiger *Bodenfeuchtigkeit*:

1. *Wiesen*, langhalmig im Überschwemmungsgebiet der Flüsse (Auwiesen), kurzhalmig an Berghängen (Bergwiesen), in niederen, festen Rasen (Gebirgsweiden nordischer wie tropischer Länder). Die Gräser herrschen im nordischen Klima vor den Riedgräsern vor.
2. *Torfwiesen* und *Grünlandsmoore*, *Flachmoore*, *Grasmoore*, auf „Rasentorf“ (aus verlandeten Teichen) entstanden, oder an Teichrändern auf versumpftem, „saurem“ Boden, mit vorherrschend sauren Riedgräsern (*Carex*, *Juncus* usw.) und gleichen Boden liebenden geringwertigen Gräsern. Inniger Anschluß an die Moosmoore (siehe diese unter V).
3. *Prärien* und *Hochgrasfluren*. Im sommerheißen Klima. Hohe rohrähnliche Gräser in dichten Beständen, oder, wie in den östlichen Prärien Nordamerikas, in der niederen Grasflur im Sommer Hochstauden.
4. *Savannen*. Tropische Hochgrasfluren. Nach Engler (Pflanzenwelt von Ostafrika) die Grasformation der Niederungen in den Tropen.

b) Bei im Sommer *ungenügender Bodenfeuchtigkeit*:

5. *Grastriften* oder kurz Triften, trockene Abhänge vom kühlen bis zum heißen Klima bedeckend. Trockene Wiesen, überwiegend mit tief wurzelnden Stauden und Gräsern (Übergang zur Steppe).

6. *Grassteppen*. Weit verbreitet, vom sommerheißen und winterkalten Klima bis zum tropischen, durch regenlose Trockenzeiten unterbrochenen. Zerfallen nach den zwischen den Gräsern wachsenden Vegetationstypen in Nieder- und Hochgrassteppe, offene Grassteppe, Buschgrassteppe, Baumgrassteppe. Hierher auch die Prärien im westlichen Nordamerika, am Fuß der Rocky Mountains.

IV. *Staudenmatten, Moos- und Flechtenformationen*.¹⁾ Aus geselligen, perennierenden Kräutern, aus Moosen oder Sumpfmoosen und Flechten bestehende Matten, in denen die Gräser und Riedgräser nur wie andere eingestreute Nebenbestandteile auftreten.

Hauptbestandteile entweder Polster- und Rosettenstauden, die auch im Winter oberirdisch ausdauern, mit Gräsern und Moosen, nicht selten in Bergheiden übergehend, oder Torfmoose (Hochmoore, Moosmoore) oder endlich Flechten oder Moose (Tundren) im hohen Norden.

V. *Moos- und Flechtenformationen*.

1. Hochmoore, Moosmoore, Heidemoore. Hauptsächlich aus Torfmoosen (*Sphagnum*) gebildet, aus Regenwasser und Schneeschmelze die nötige Feuchtigkeit aufsammelnd, in feuchtem Klima und auf mineralisch armem Boden.

2. Mooswiesen, im arktischen Klima an Stelle der Graswiesen.

3. Tundren, im arktischen Klima aus Moosen und Flechten mit begleitenden Riedgräsern und Stauden.

a) Moostundren, hauptsächlich aus *Polytrichum*-Arten (siehe S. 210, Fig. 13).

b) Flechtentundren, hauptsächlich aus auf der Erde wachsenden Flechten (*Lichenes*).

c) Tundramoore, in sumpfigen Vertiefungen.

d) Felsentundra, auf steinigem Boden.

B. Offene Formationen,

d. h. aus zerstreut wachsenden Pflanzen von verschiedenartigem Vegetationstypus.

VI. *Wüstensteppen und Wüsten*, mit heißem, regenlosem Sommer.

¹⁾ Ich führe die Moos- und Flechtenformationen unter No. V besonders auf. L. W.

Bestandteile: Kurzlebige Kräuter, Stauden mit Filzblättern und tiefliegendem Wurzelstock, kleinblättrige und harzreiche, oft ätherisch duftende oder von Milchsaft erfüllte Gesträuche und dornige Niederhölzer mit hartblättrigen Schopfpflanzen, z. B. Yucca (in Mexiko), oder Zwiebelgewächse, einzelne Gräser.

Unsere Grasflurformationen teilt Drude (Deutschlands Pflanzengeographie 1896) folgendermaßen ein: 1. Triftgrasfluren (im mittel- und süddeutschen Hügellande), 2. Sandgrasfluren (in Norddeutschland), 3. Salz- und Strandwiesen, 4. Langhalmige Niederungs- und Talwiesen, 5. Kurzhalmige Bergwiesen, 6. Langhalmige Bergtriften und Riedgrasfluren, 7. Kurzgrasige Alpenmatten, 8. Gras- oder Wiesenmoore.

§ 34. Paul Graebner, *Die Pflanzenwelt Deutschlands*, Lehrbuch der Formationsbiologie, Leipzig 1909, gibt folgende Einteilung der deutschen Pflanzenvereine oder -formationen:

A. Vereine mit stark (bezw. schnell) wachsenden Pflanzen (starke Stoffproduktion).

Auf nährstoffreichem Boden, daher mit nährstoffreichem Wasser.

1. Trockener Boden 1. *Steppenartige Pflanzenvereine.*
 - a) Felsenvegetation; b) sonnige Hügel; c) Binnendünen.
2. Mäsig feuchter Boden:
 - a) Mit Hemmung des Baumwuchses:
 - α) durch den Menschen . 2. *Kultur- und Halbkulturformationen.*
 - a) Ruderalstellen, d. h. Weg- und Grabenränder usw.; b) Äcker;
 - c) Gärten; d) künstliche Wiesen; e) Strafsenbäume und Alleen.
 - β) durch natürliche Einflüsse, Hochwasser, Eisgang:
 3. *Natürliche Wiesen an Wasserläufen.*
 - a) Trockenere Wiesen und Weiden; b) feuchtere fruchtbare Wiesen; c) bei durch Schnee und Lawinen gehemmtem Baumwuchs: Gebirgswiesen und Matten.
 - b) Ohne Hemmung des Baumwuchses 4. *Wälder.*
 - a) Laubwälder; b) Nadelwälder; c) Gebirgswälder; d) Waldschläge und Waldwege.
3. Nasser Boden:
 - a) Ohne völliges Stagnieren des Wassers; Waldbildung noch möglich; öfter mit baumartigen Weiden 5. *Erlenbrüche.*
 - b) Waldbildung verhindert durch stagnierendes Wasser:
 6. *Grünlands-, Wiesen- oder Niederungsmoore; Sümpfe.*
 - c) Waldbildung verhindert durch Bewegung angrenzender Wasserflächen 7. *Ufer.*
 - a) Ufergebüsche; b) Kiesbetten der Gebirgsflüsse; c) bewachsenes

Ufer mit Bestand von Hochgräsern; *d*) kahles Ufer, ausgetrocknete Teiche; *e*) Ufer von Quellen und Bächen.

4. Pflanzengemeinschaften *im* Wasser:

- a) Schwebende, meist mikroskopisch kleine Organismen . 8. *Plankton*.
- b) Schwebende oder schwimmende gröfsere Pflanzen:
 - 9. *Schwimmende und schwebende Blütenpflanzen*.
- c) Am Grunde wurzelnd . . . 10. *Festgewurzelte Wasserpflanzen*.

B. Vereine mit langsam und schwach wachsenden Pflanzen (geringe Stoffproduktion).

Auf Boden mit *nährstoffarmem* Wasser, oder Boden mit einer Hemmungsschicht. Heideformationen im weiteren Sinne.

- 1. Trockener Boden 11. *Sandfelder*.
- 2. Mäfsig feucht, mit höheren Niederschlägen oder grofser Luftfeuchtigkeit, mit Hemmungsschichten durch Rohhumus, Bleisand, Ortstein:
 - 12. *Heide (Zwergstrauch-Heide)*.
- 3. Nasser Boden, meist mit Torfmoosen:
 - 13. *Heide- oder Hochmoore* nebst Übergangsmooren.
- 4. Wasserflächen an oder in der Heide. 14. *Heidegewässer*.

C. Vereine auf Salzboden.

- 1. Trockener durchlässiger Boden 15. *Stranddünen*.
- 2. Feuchter bis nasser Boden 16. *Salzwiesen, Salzsümpfe*.
- 3. Salzwässer:
 - a) im Meerwasser 17. *Vegetation des Meerwassers*.
 - b) im Binnenlande 18. *Vegetation der Salinengewässer*.

§ 35. Eugen Warming, Lehrbuch der ökologischen¹⁾ Pflanzengeographie, 2. Aufl., übersetzt von Paul Graebner, 1902, unterscheidet: 1. Hydrophytenvereine, also Vereine der Wasser und Luftfeuchtigkeit liebenden Pflanzen; 2. Xerophytenvereine, d. h. der Trockenheit liebenden Pflanzen; 3. Halophytenvereine, d. h. der Salzpflanzen; 4. Mesophytenvereine, d. h. der Pflanzen, welche eine mittlere Feuchtigkeit verlangen. Zu den Hydrophytenvereinen gehören auch die Sumpfmoores oder Wiesenmoore (saure Wiesen, Grünlandsmoores) und die Sphagnummoore (Moosmoore, Sphagneta, Hochmoore, Heidemoore). Zu den Xerophytenvereinen gehören u. a. die Heiden und Kiefernwälder. Zu den Mesophytenvereinen gehören u. a. die arktischen und alpinen Gras- und Krautmatten, ferner die Wiesen, die Weiden auf Kulturland, die laubwechselnden Mesophytenwälder. Zu den Halophytenvereinen gehören u. a. auch die Strandwiesen.

¹⁾ Als Ökologie (*οἶκος* Haus, Haushaltung, *λόγος* Lehre) bezeichnet Haeckel die Wissenschaft von den Beziehungen der Organismen zur Außenwelt.

Er bespricht schliesslich in seinem interessanten Werk auch den Kampf zwischen den Pflanzenvereinen.

§ 36.

Begriff der Wiesen. Wiesen sind nach Warming Vereine hoher, mehrjähriger, krautartiger Pflanzen, besonders der Gräser. Ihre Pflanzendecke soll sehr dicht geschlossen sein (einen Rasen bilden), und zu dieser Dichtigkeit trägt nicht wenig bei, dass die Wiese gemäht wird. Eine Weide unterscheidet sich von einer Wiese nur dadurch, dass das Abschneiden durch den Zahn des Weideviehes geschieht; auch liegt sie meist trockener, damit das Vieh sie betreten kann, ganz abgesehen von den noch trockeneren, auf dem Acker belegenen künstlichen Weiden, Klee-grasschlägen. Die natürlichen Weiden in den Marschen usw. sind zum Teil über 100 Jahre alt (ewige Weide). Durch das Mähen bezw. Abweiden wird die Samenbildung verhindert, die Verzweigung vermehrt und die floristische Zusammensetzung geändert. Einjährige Pflanzen können sich meist auf der Wiese nicht halten, weil durch das Mähen ihre Samenreife verhindert und durch die oft eintretenden Überschwemmungen ihr Gedeihen gehemmt wird.

§ 37.

Entstehung der Wiesen. Manche Wiesen sind aus eingetrockneten Seen usw., viele andere offenbar aus Wald entstanden, wie man das noch heute in Nordamerika sehen kann, wo nach dem Abholzen eines Waldes der Boden sich mit einer Grasnarbe bedeckt. — Lässt man eine Wiese ungemäht, so treten anfangs Sträucher, später Bäume auf derselben auf.

Die Wiesen an den grösseren Flüssen — und das sind die meisten — sind aber sicherlich nicht aus Wald hervorgegangen, denn da ist des Eisganges wegen Waldwuchs gar nicht möglich gewesen. Sie sind eben eine uralte, den Flussgebieten erb- und eigentümliche Formation.

§ 38.

Bestandteile. Im allgemeinen bilden Gräser im weiteren Sinne den Hauptbestandteil der Wiesen, doch ändert sich das sehr mit der Höhenlage. Schon im Mittel- und Süddeutschland finden wir mehr Klee- und Blüthenpflanzen, in manchen Fällen auch viele schädliche, oder wenigstens bessere Gewächse verdrängende Pflanzen, die z. T. auch in Norddeutschland häufig sind, wie wilder Kerbel (sog. Kälberkropf, *Anthriscus silvestris*), Bärenklau (*Heracleum Sphondylium*) und im Nachsommer Pastinak. (Siehe diese alle S. 256—257.)

In den hochgelegenen Teilen des Harzes besteht mitunter die Hälfte der Wiesen aus Doldengewächsen (besonders Bärwurz, *Meum Athamanticum* S. 255) und aus Klappertopf (*Alectorolophus* S. 268) usw. In den Alpen,

namentlich in den höheren Bergen, sind ebenfalls Doldengewächse und ferner Kompositen, S. 273, sowie Wegericharten (*Plantago alpina* usw.) außerordentlich stark vertreten. Stebler und Schröter,¹⁾ Zürich, fanden z. B. auf einer Kuhweide in 1970 m Höhe nur 44,5 % Süßgräser, dagegen 10 % Kompositen und 32 % Wegericharten. — Die Wiesen in den großen Flufsniederungen Norddeutschlands sind dagegen im wesentlichen nur aus Gräsern zusammengesetzt, indes finden sich auch hier Moose, Schachtelhalme, Seggen und „Blumen“ aus verschiedenen Familien.

Die Dauerweiden auf dem hochgelegenen schwersten Boden in den Marschen sind nach Weber zu 65 % mit englischem Raigras und zu 18 % mit Weißklee bestanden (Arbeiten d. D. L.-G. Heft 61, Heft 105 und Mitt. d. D. L.-G. 1908, Stück 22, S. 171).

§ 39.

Die Wiesentypen. Je nachdem ein oder das andere Gras vorherrschend ist, kann man nach dem Vorgange von Stebler und Schröter²⁾ und C. Weber „Wiesentypen“ unterscheiden, die selbstverständlich besonders durch die Feuchtigkeitsverhältnisse bedingt sind. Ich habe in Thiels Landw. Jahrb. XXIII, S. 97, für Wiesen mit süßen Gräsern in Norddeutschland 4 Typen vorgeschlagen:

1. Der *Mielitz-Typus*, *Glyceria aquatica*, syn. *G. spectabilis*,³⁾ als Typus der den Überschwemmungen und dem Eisgang ausgesetzten Flufswiesen, also der feuchtesten süßen Wiesen. Der *Glyceria spectabilis* sind beigesellt: *G. fluitans*, *Phalaris arundinacea*, *Alopecurus pratensis*, *Poa serotina*, *P. trivialis*, *Festuca pratensis*, *F. arundinacea*, *Agrostis stolonifera*, verschiedene Seggen usw.

2. Der *Rasenschmielen-Typus*, *Aira caespitosa*, als Typus der moorigen Wiesen. Er entspricht etwa dem Besenried-Typus (*Molinia coerulea*) von Stebler und Schröter, denn *Molinia* kann auch viel vorhanden sein; es sind aber nicht so viel Seggen und dergl., sondern doch noch mehr Gräser, namentlich *Festuca rubra*, sowie *Agrostis canina* usw. vorhanden.

3. Der französische *Raigras-Typus*, *Arrhenatherum elatius* (*Avena elatior*), als Typus der mittelfeuchten, besten Wiesen. Dieser Typus findet sich auch bei Stebler und Schröter unter dem Namen „Fromentaltypus“ auf Fettrasen. (Fromental ist die französische und schweizerische Be-

¹⁾ Stebler und Schröter, „Die besten Futterpflanzen“, 3. Teil. Die Alpenfutterpflanzen, Bern 1889, S. 60. — Das ganze Werk, 4 Teile, ist höchst empfehlenswert und enthält treffliche farbige Abbildungen.

²⁾ Stebler und Schröter, Versuch einer Übersicht über die Wiesentypen der Schweiz. Landw. Jahrb. der Schweiz, 1892. (Kurz abgedruckt in Thiels Landw. Jahrb. XXIII, S. 91.)

³⁾ Andeutungen der Silbenbetonung in Kap. VI, Systematik.

zeichnung für franz. Raigras.) In ihm finden sich die meisten guten Gräser: *Festuca pratensis*, *Phleum pratense*, *Poa pratensis*, *Lolium perenne*, *Dactylis glomerata* usw., aber auch geringere, wie *Holcus*.

4. Der *Straufsgras-Typus*, *Agrostis vulgaris*, als Typus der trockenen Wiesen, namentlich auf der Geest, besonders auch der Bergwiesen. Auch dieser findet sich bei Stebler und Schröter. In ihm sind außerdem enthalten: Kammgras, Goldhafer, Rotschwengel usw.

Stebler und Schröter nehmen für die ganze Schweiz zwar 21 Typen an, doch gelten viele nur für höhere Lagen oder für saure Wiesen; für den „Fettrasen“, d. h. die gedüngten Wiesen, haben sie nur 3: Fromental-, Straufsgras- und Romeyen-Wiesen (*Poa alpina*); letzterer Typus fällt bei uns weg, da er rein alpin ist.

C. A. Weber¹⁾ in Bremen nimmt für norddeutsche reiche *Moorwiesen* folgende 4 Typen an:

1. Typus des Wiesenrispengrases, *Poa pratensis* (d. i. der der trockneren Wiesen in trocknerer Luft).
2. „ „ gemeinen Rispengrases, *Poa trivialis* (d. i. der der feuchteren Wiesen in feuchterer Luft).
3. „ „ Wiesenschwengels, *Festuca pratensis* (d. i. der der dauernd feuchten Wiesen, Grundwasserstand im Sommer in 30 bis 50 cm Tiefe).
4. „ „ flutenden Mannagrases, *Glyceria fluitans* (d. i. der der nassen Wiesen, Grundwasserstand im Sommer schon in 10—20 cm Tiefe).

Für Westholstein führt Weber²⁾ 13 Typen (er nennt sie Subformationen) auf, und geht dabei von der trockenen Geest allmählich immer mehr nach den Marschen, schliesslich auf die Aufsendeichländereien am Meer.

I. Geest	1. Typus der	<i>Aira flexuosa</i> , gebogene Schmiele.
„ „	2. „ „	<i>Poa pratensis</i> , Wiesen-Rispengras.
„ „	3. „ „	<i>Poa trivialis</i> , gemeines Rispengras.
„ „	4. „ „	<i>Aira caespitosa</i> , Rasenschmiele.
„ „	5. „ „	<i>Carex panicea</i> , hirsenartige Segge.
„ „	6. „ „	<i>Carex gracilis</i> (= <i>C. acuta</i>), scharfe Segge.

¹⁾ In Tacke, Mitteilg. üb. d. Arbeiten d. Moor-Versuchs-Station Bremen. Thiels Landw. Jahrb. Bd. XXVII, Ergänzungsbd. IV, S. 455.

²⁾ Weber, Über d. Zusammensetzung d. natürlichen Graslandes in Westholstein (Schriften d. naturw. Ver. f. Schleswig-Holstein, Bd. IX, Heft II, 1892). Siehe auch viele andere treffliche Arbeiten Webers, namentlich „Arbeiten der D. L.-G.“ Heft 61: Beiträge zur Kenntnis der Dauerweiden in den Marschen Norddeutschlands, vom Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. Emmerling, Kiel, und Dr. C. A. (nicht wie der Titel sagt L. A.) Weber, Bremen, Berlin 1901.

I. Geest	7. Typus der	<i>Molinia coerulea</i> , blaues Pfeifengras, Besengras.
II. Übergangsgebiet .	8. " "	<i>Festuca pratensis</i> , Wiesen-Schwingel.
III. Eingedeichte Marsch	9. " "	<i>Agrostis alba</i> (= stolonifera), Fiorin- gras.
" " "	10. " "	Marschform von <i>Poa pratensis</i> .
" " "	11. " des	<i>Hordeum secalinum</i> , roggenartige Gerste, Wiesengerste.
" " "	12. " "	<i>Lolium perenne</i> , englisches Raigras.
IV. Vorland (Grodan)	13. " der	<i>Festuca thalassica</i> , Meerstrands- Schwingel, und der <i>Festuca rubra</i> , Rotschwingel.

R. Braungart¹⁾ in München fügt zu Webers Typen, die sich meist auch in Mittel- und Süddeutschland finden, noch folgende für *Mittel- und Süddeutschland* wichtige Typen (er nennt sie Formationen) hinzu. (Diese kommen übrigens mit Ausnahme von Nr. 21 auch bei uns im Norden vor.)

14. Typus der *Avena elatior*, französisches Raigras, und *Dactylis glomerata*, Knaulgras, Fettrasentypus.
15. " " *Avena flavescens*, Goldhafer.
16. " " *Alopecurus pratensis*, Wiesen-Fuchsschwanz.
17. " " *Bromus erectus*, aufrechte Trespe (auf trockenem Kalk und Mergel).
18. " " *Nardus stricta*, steifes Borstengras (auf sehr trockenem Boden).
19. " " *Agrostis vulgaris*, gemeines Straufgras.
20. " " *Holcus lanatus*, wolliges Honiggras (auf kalkarmem Gebiet).
21. " " *Poa alpina*, Alpen-Rispengras.

C. A. Weber unterscheidet neuerdings in Arbeiten der D. L.-G., Nr. 61, auf den Grasfluren des ausgesüßten Bodens der *Flufsmarschen* und der eingedeichten *Seemarschen* folgende Typen:

I. Reihe. Die Grasfluren des hochgelegenen trockenem bis mäfsig feuchten Kleibodens:

1. Typus des gemeinen Straufgrases (*Agrostis vulgaris*).
2. " des Wiesenrispengrases (*Poa pratensis*).
3. " des Kammgrases (*Cynosurus cristatus*).
4. " des roten Schwingels (*Festuca rubra*).
5. " der Quecke (*Triticum repens*).
6. " der Wiesengerste (*Hordeum secalinum*).

¹⁾ Handbuch der rationellen Wiesen- und Weidenkultur und Futtermittelverwertung. München 1899, S. 267.

7. Typus des englischen Raigrases (*Lolium perenne*).
8. „ des französischen Raigrases (*Arrhenatherum elatius*) mit den Nebentypen des Knaulgrases (*Dactylis glomerata*) und des Goldhafers (*Trisetum flavescens*).

II. Reihe. Die Grasfluren des frischen bis ziemlich feuchten Kleibodens:

a) Auf reicherem Boden:

1. Typus des Wiesenfuchsschwanzes (*Alopecurus pratensis*).
2. „ der Rasenschmiele (*Aira caespitosa*).
3. „ des wolligen Honiggrases (*Holcus lanatus*).
4. „ des gemeinen Rispengrases (*Poa trivialis*).
5. „ des Wiesenschwingsels (*Festuca pratensis*).
6. „ des Rohrschwingsels (*Festuca arundinacea*).
7. „ der Quecke (*Triticum repens*).

b) Auf völlig verarmtem Kleiboden:

8. Typus der hirsenartigen Segge (*Carex panicea*) mit dem Nebentypus des Benthalmes, Pfeifengrases (*Molinia coerulea*).

III. Reihe. Grasfluren des feuchten Marschbodens:

1. Typus des weissen Straufgrases (*Agrostis alba*) mit den Nebentypen des flutenden Manngrases (*Glyceria fluitans*), des geknieten Fuchsschwanzes (*Alopecurus geniculatus*) und des Sumpf-Rispengrases (*Poa palustris* oder *P. serotina*).
2. „ der rauhhaarigen Segge (*Carex hirta*).
3. „ der Fuchssegge (*Carex vulpina*).

IV. Reihe. Grasfluren des nassen Marschbodens:

1. Typus des Rohrglanzgrases (*Phalaris arundinacea*) mit dem Nebentypus des ansehnlichen Manngrases (*Glyceria spectabilis*).
2. „ der scharfen Segge (*Carex gracilis*, syn. *C. acuta*).
3. „ der geschnäbelten Segge (*Carex rostrata*).
4. „ der Ufersegge (*Carex riparia*).

Die dunkelgrüne, bis 1 m hohe *Carex gracilis* (*C. acuta*) bildet oft fast reine Bestände, die Weber in Westholstein mit Kornfeldern vergleicht, ähnlich in der Schweiz nach Stebler und Schröter, am ausgedehntesten aber wohl in Ostpreußen z. B. auf den überschwemmten Wiesen an der Deime mit moorigem Untergrund und Schlick- (Ton-) Auflage. Erstaunlich ist es, daß das schöne dortige Vieh sich bei dem Heu aus diesem „Schnittgras“ anscheinend sehr wohl befindet.

Scharfe Unterschiede zwischen süßen und sauren Wiesen gibt es nicht, namentlich der Mielitz-Typus und der Rasenschmielen-Typus (S. 290) gehen leicht in Seggewiesen über.

Kapitel V.

Bau und Entwicklung der echten Gräser, Gramineae.

§ 40.

Allgemeines. Die Familie der echten oder süßen Gräser gehört, wie aus ihrer Stellung im natürlichen System der Pflanzen S. 218 und 224 hervorgeht, zur Unterklasse der Monokotyledonen, d. h. der Pflanzen, die nur mit *einem* Blatte keimen, meist parallelnervige Blätter haben und in ihren Blütenteilen meist die Dreizahl zeigen, woch letzteres bei den Gräsern

freilich nur hinsichtlich der Staubgefäße in die Erscheinung tritt. — Die echten Gräser, Gramineae, bilden mit der Familie der Ried-, Schein-, Halb- oder Sauergräser, der Cyperaceae (am angef. Orte), zusammen die *Reihe* der *Spelzblütigen* oder *Glumiflorae*. Gemeinsam ist diesen, dafs die Blüten keine Kelch- und Kronenblätter besitzen und von Hochblättern (Spelzen) bedeckt sind. Ihr Fruchtknoten enthält stets nur eine Samenanlage.

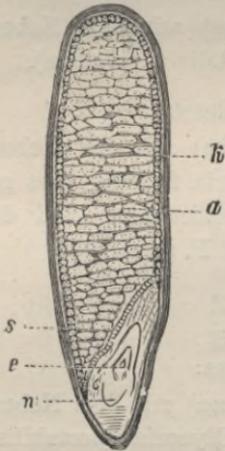


Fig. 38. Frucht des italienischen Raigrases, Längsschnitt; 20 : 1.
a Stärkekaltige Zellen des Mehlkörpers oder Endosperms; e Embryo; k Kleberzellen (am Rande, unter der Schale befindliche, stickstoffreiche Zellen) des Mehlkörpers; s Schildchen des Embryos; w Würzelchen. (Original. Aus Wittmack, Gras- und Kleesamen.)

§ 41.

Bau des Kornes. Der Grassamen oder das Korn, das wir aussäen, ist kein Same, sondern eine ganze Frucht, eine nicht aufspringende Schalefrucht, botanisch ein „Nüßchen“, das hier Caryopse genannt wird. Diese ist oft noch von den Spelzen umgeben, wie z. B. bei Hafer und Gerste, Raigras und den meisten anderen Grassamen. An einem Korn, z. B. vom Weizen oder vom entspelzten Raigras, erkennt man 3 Teile: 1. die Schale, 2. den Keim oder Embryo, 3. das Nährgewebe, Endosperm oder den Mehlkörper (Fig. 38). — Die *Schale* besteht aus 2 Schalen, die äußere ist die Fruchtschale, die innere die Samenschale. Beide sind bei der Grasfrucht meist miteinander verwachsen, etwa so, als wenn die Schale des Haselnußsamens an die harte, holzige Fruchtschale angewachsen wäre. Diese doppelte Schale bildet beim Mahlprozefs die Kleie. — Der *Keim* (e) ist das

wichtigste, er ist die noch unentwickelte Pflanze. Bei echten Gräsern liegt er meist unten und aufsen, dicht unter der Schale. Er ist nur klein, gerade, und besteht aus einem oberen Teil: Knöspchen, Federchen oder plumula, einem unteren Teil: Wurzelanlage, radícula (*w*), und einem seitlichen, dem Mehlkörper anliegenden Teil, dem Schildchen oder scutellum (*s*), welches das eigentliche Keimblatt ist, aber nie hervortritt.

Die *Plumula* besteht aus einem ganz kurzen Stengelchen, welches mehrere tutenförmig ineinandersteckende Blätter und an seiner Spitze den Vegetationskegel trägt, welcher später den Halm mit Blättern und Blüten bildet. — Die *Wurzelanlage* ist die Fortsetzung des Stengelchens

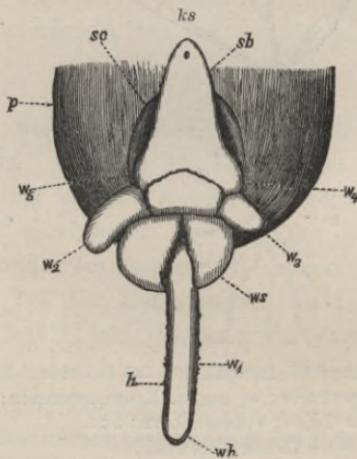


Fig. 39. Keimling des Weizens, 3 Tage nach der Aussaat. *w*₁—*w*₄ Haupt- und Seitenwurzeln; *h* Anfänge der Wurzelhaare; *wh* Wurzelhaube, *ws* Wurzelscheide; *sb* Scheidenblatt; *sc* Schildchen, *p* Fruchtschale, *ks* Keimspalte; 7:1.

(Nach Nowacki.)

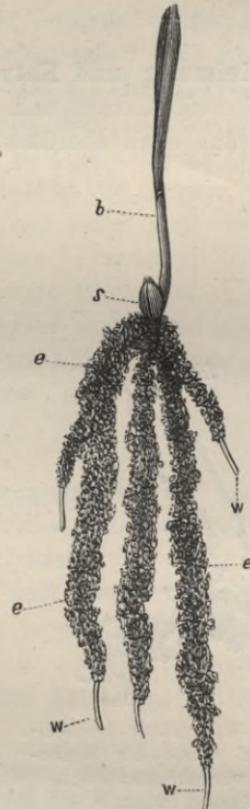


Fig. 40. Junge Weizenpflanze. *s* Korn; *b* erstes (röhrenförmiges) Blatt; *w* Wurzeln mit Erde *e* bekleidet, welche durch die Wurzelhärchen festgehalten wird (Wurzelhörschen); $\frac{2}{11}$ nat. Gr.

(Nach Sachs.)

nach unten und weist nach den verschiedenen Arten der Gräser ein bis mehrere Würzelchen auf, welche von einem Hüllgewebe, der „Wurzelscheide“, umgeben sind. — Das Keimblatt oder Schildchen ist an der dem Mehlkörper zugekehrten Seite mit pallisadenförmigen Saugezellen versehen (Fig. 38 *s*), welche sich bei der Keimung verlängern und die gelösten Nährstoffe des Mehlkörpers dem Keim durch Diffusion zuführen.

Das *Nährgewebe* oder Endosperm nimmt den größten Teil des Kornes ein, es wird im gewöhnlichen Leben „Mehlkörper“ genannt, weil

meistens seine Zellen (Fig. 38 *a*) reich mit Stärkemehl erfüllt sind. Die äußerste Zellenlage, unter der Schale, ist sehr protein- und fettreich (wie auch der Embryo) und heißt Aleuron oder (irrtümlich) Kleberschicht (*k*). Der eigentliche Kleber liegt aber im Innern und bildet gewissermaßen die Grundsubstanz, in der die Stärkekörner eingebettet liegen.

§ 42.

Keimung und Entwicklung. Bei der Keimung tritt zuerst die Wurzelscheide heraus und entsendet aus ihrer Oberhaut zahlreiche Haare, welche das etwa oberflächlich liegende Korn am Boden befestigen. Gar

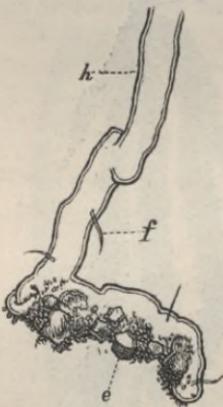


Fig. 41. Wurzelhaar des Weizens, bei *e* mit den Bodenteilen verwachsen; 500:1.
(Nach Nowacki.)

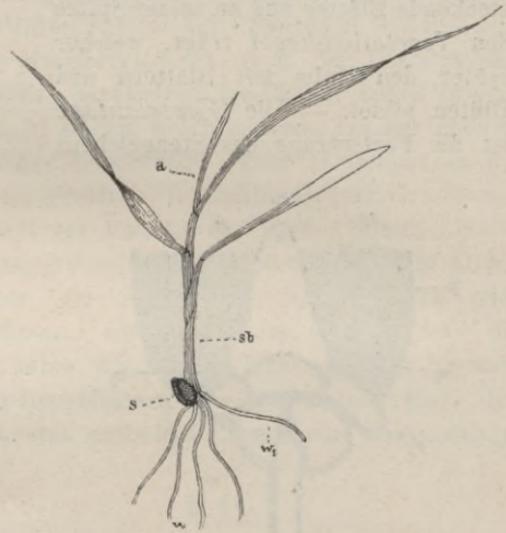


Fig. 42. Junge Weizenpflanze. *sb* Scheidenblatt; *w* Keimwurzeln; *w*₁ sogen. Kronenwurzeln; *a* Trieb; *s* Samenkorn; 2:3.
(Nach Nowacki.)

bald folgt dann das Würzelchen, oder wenn, wie beim Getreide, mehrere vorhanden sind, zuerst das stärkste derselben (Fig. 39). Eine eigentliche Haupt- oder Pfahlwurzel bildet sich bei allen Monokotyledonen nicht, denn die Nebenwurzeln erreichen bald die gleiche Stärke wie die Hauptwurzel.

Außerdem findet sich am fortwachsenden Ende jedes Würzelchens eine „Wurzelhaube“, welche die Wurzelspitze beim Vordringen im Boden schützt. Kurz vor der Spitze, aber nicht an dieser selbst, treten bald eine große Menge „Wurzelhärchen“ (Fig. 40, 41), die als Ausstülpungen der Oberhautzellen anzusehen sind, hervor, und diese Wurzelhärchen sind die eigentlichen Organe, mit welchen die Pflanzen ihre Nahrung aus dem Boden aufsaugen. Wegen des festen Umklammerns der Erdteilchen zeigt sich jede aus dem Boden gezogene jüngere Wurzel, sehr deutlich beim

Getreide, mit Erdteilchen, den sog. „Wurzelhöschen“ (Fig. 40 und 41) besetzt.

Das Blattknöspchen, die Plumula, entwickelt sich etwas später als die Radicula. Sein kurzer Stengelteil zeigt häufig schon im Samen zwei oder mehr Nebenwurzelanlagen, wie denn oft am unteren Stengelteile der Gräser, auch nach seinem Hervortreten über die Erde, an den Knoten Nebenwurzeln entspringen (Mais). Das Stengelchen selbst, das Epikotyl, streckt sich anfangs nur wenig; was man zuerst über die Erde hervortreten sieht, ist das erste Blatt. Dieses Blatt ist aber nicht flach, wie die späteren es gewöhnlich sind, sondern *röhrenförmig* (Fig. 40 b, 42 sb). Es tritt aus einer Spalte, meist am oberen Drittel des Keimes (Fig. 39), hervor, durchbricht mit seiner harten Spitze den Erdboden und öffnet sich oben erst nach einiger Zeit, um die von ihm eingeschlossenen folgenden Blätter hindurchtreten zu lassen. Beim Roggen ist das erste Blatt *rötlich*, daher sieht die junge Roggensaart rötlich-braun aus. Dies erste, röhrenförmige Blatt wird häufig als Keimblatt angesehen, in Wirklichkeit ist, wie gesagt, das Schildchen des Keimes als solches aufzufassen.

§ 43.

Stengel. Endlich entwickelt sich der Stengelteil stärker und tritt heraus. Er wird bekanntlich bei den Gräsern *Halm* genannt. Selten ist er holzig und mit seinem oberirdischen Teile ausdauernd (wie beim Bambusrohr), gewöhnlich krautig und über der Erde nach der Fruchtreife absterbend. Im Innern ist er meistens hohl, nur beim Mais, dem Zuckerrohr, bei der Mohrenhirse (*Andropogon*) usw. voll (auch beim englischen oder bauchigen Weizen, *Triticum turgidum*, und beim Hartweizen, *T. durum*, aber hier nur dicht unter der Ähre).

Die Stellen, an denen die Blätter entspringen, sind aber stets voll und erscheinen gewöhnlich verdickt. Man nennt sie die *Knoten* oder *Nodi*, die zwischen den Knoten liegenden Stücke heißen die *Internodien* oder die *Glieder*. Die Verdickung der Knoten wird nur in seltenen Fällen durch eine Verdickung des Halmes selbst bewirkt (Halmknoten), so bei den Hirsearten usw., bei den meisten Gräsern durch Anschwellung der *Blattscheiden-Basis* (Scheidenknoten). Einige Gräser, wie z. B. *Molinia coerulea*, das blaue Pfeifengras, haben scheinbar gar keine Knoten. Hier sitzen sie aber ganz unten dicht übereinander, weil die Internodien mit Ausnahme des obersten dort wenig gestreckt sind.

Durch den *zylindrischen* oder zweischneidigen, nicht dreikantigen, *meist hohlen*, mit *Knoten* versehenen Halm unterscheiden sich die echten Gräser oder Süßgräser, Gramineae, von den Scheingräsern oder Sauergräsern, Cyperaceae, von denen allerdings manche auch einen runden Stengel haben.

Seitenzweige bildet der Halm meist nur an seinem *obersten* Ende, in der Blütenregion, und an seinem *untersten* Ende, in oder dicht über der Erde, in der Achsel von Laubblättern oder Niederblättern (schuppenartigen Blättern, Fig. 43). Die Verzweigung aus der Basis nennt man bei den Gräsern die *Bestockung*. Je öfter man ein Gras mäht, um so öfter bilden sich wieder neue Seitenzweige an der Basis, um den Verlust zu ersetzen; doch kommt nicht allen Gräsern diese Eigenschaft in gleich hohem Grade zu.

Bei den *einjährigen* oder annuellen Gräsern gelangen die basalen Seitentriebe mit dem Haupttriebe zugleich oder wenig später zur Blüten- und Fruchtbildung, und die Pflanze stirbt dann ab.

Bei den *ausdauernden* oder *perennierenden* Gräsern, und zu diesen gehören die besten Wiesengräser, kommen die *Seitentriebe* meist erst ein Jahr später zur Blüte als der Haupthalm; sie überwintern im unfruchtbaren Zustande, um im nächsten Jahre an ihrer Basis wieder Seitentriebe zu erzeugen, die im dritten Jahre blühen, während sie selbst nach der Reife absterben. Man braucht also nur nachzusehen, ob ein blühendes Gras an seiner Basis *sterile Blattbüschel* besitzt, um zu wissen, ob man es mit einem ausdauernden Grase zu tun hat.

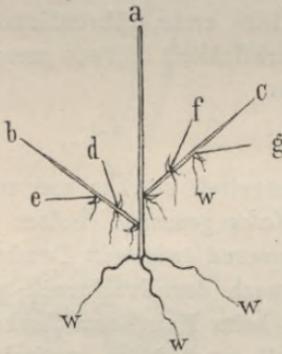


Fig. 43. Schema der Bestockung.
a Hauptstamm; b, c Seitenzweige 1.,
d-g 2. Ordnung; w Wurzeln.
(Nach Nowackl.)

Bei ausdauernden Gräsern sieht man oft noch den abgestorbenen Blütenhalm des vorigen Jahres, was ebenfalls als ein Kennzeichen gelten kann.

Öfter kommen übrigens auch bei ausdauernden Gräsern *mehrere* basale Seitentriebe noch in demselben Jahre zur Blüte, besonders wenn der erste Halm abgemäht ist. So erklärt es sich, daß z. B. das französische Raigras, *Arrhenatherum elatius*, häufig sowohl beim ersten wie beim zweiten Schnitt in Blüte steht. Solche Gräser sind mit die wertvollsten.

Die untersten Teile der auseinander hervorgesproßten Seitentriebe bleiben meist unter der Erde und haben dort keine Laubblätter, sondern nur kleine, bleiche oder braungelbe Schuppenblätter, sog. Niederblätter, in deren Winkeln wieder Seitentriebe entstehen können, während an den Knoten des Stengels Wurzeln auftreten. Die Schuppenblätter verkümmern später, und man sieht dann nur die Stengel mit den Seitenwurzeln daran. Dadurch könnte man leicht verleitet werden, diesen unterirdischen Teil

überhaupt als Wurzel anzusehen, in Wirklichkeit ist es aber ein unterirdisches Stengelgebilde, ein sog. *Wurzelstock*, Grundachse, Erdstamm oder *Rhizom*. Dieses Rhizom kann kurz oder lang sein, und danach unterscheidet man *horstbildende* (oder rasige) und *ausläufer-treibende* (Kriechtriebe bildende) Gräser.

Bei den *horstbildenden* Gräsern (Fig. 44) wenden sich die Seitentriebe gleich oder doch bald nach oben, ihr unterirdischer Teil bleibt mehr oder weniger kurz, und alle oberirdischen Teile stehen mehr oder weniger dicht beisammen, sie bilden einen Büschel, einen Horst, wie dies auch bei den einjährigen Gräsern der Fall ist. (Linné nannte solche Büschel „Rasen“, caespes.)



Fig. 44. Horstbildendes Gras, schematisch.
(Nach Stebler und Schröter.)

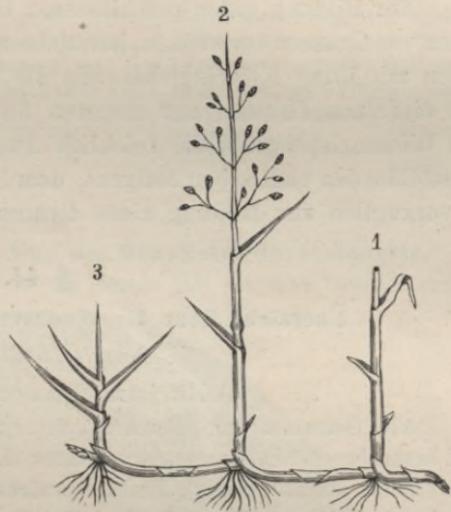


Fig. 45. Schematische Darstellung eines ausläuferbildenden Grases. 1 vorjähriger, 2 diesjähriger, 3 nächstjähriger blühender Halm.
(Nach Stebler und Schröter.)

Der Horst der mehrjährigen Gräser nimmt selbstverständlich alljährlich an Umfang zu, da immer neue Seitentriebe entstehen. Diese Seitentriebe können sich aber verschieden verhalten. Entweder wachsen sie *innerhalb der Scheiden* der unteren Halmblätter, in deren Achsel sie entsprossen sind, nach oben, dem Muttertriebe fest angedrückt (*intravaginale* Seitentriebe) oder sie *durchbrechen* die Scheide gleich an ihrer Basis, oft schon als Knospen (*extravaginale* Seitentriebe). Im ersteren Falle entsteht oft ein sehr *dichter ebener* Horst, z. B. beim Knaulgras, oder, wenn die untersten Glieder etwas verlängert sind, ein *lockerer ebener* Horst, wie beim englischen Raigras, *Lolium perenne*; im letzteren Fall meist ein *lockerer* Horst. Indes gibt es auch Fälle, wo die extravaginale Seitentriebe einen *dichten*, aber *polsterförmigen* Horst bilden, wie z. B. beim wolligen Honiggras, *Holcus lanatus*, weil dort die Seitensprossen sich sofort über ihrer Ursprungsstelle in scharfem Winkel nach oben wenden und dazu noch einzelne

Zwischenknotenstücke (Internodien) dieser aufrechten Triebe sich stark verlängern, so daß der Gesamthorst aus *übereinander* liegenden Teilhorsten besteht.

Bei den *Ausläufer* (Stolonen) oder Kriechtriebe bildenden Gräsern laufen die Seitentriebe erst eine Strecke weit horizontal *unter* der Erde (Quecke) oder *an* und *unter* der Erde (Fioringras, Wiesenrispengras) oder *oberirdisch* (gemeines Rispengras, hier nur kurz) hin, um dann erst sich nach oben zu wenden. Daher stehen die oberirdischen Teile der Pflanze mehr oder weniger weit auseinander (Fig. 45).

Fast selbstverständlich ist es, daß solche horizontal dahinkriechenden Seitentriebe immer die Scheide ihres Mutterblattes durchbrechen müssen, also immer *extravaginal* sind.

Zur Bildung einer geschlossenen Grasnarbe muß man stets beiderlei Arten von Gräsern verwenden, horstbildende und ausläufertreibende. Letztere füllen mit ihren Kriechtrieben alle die Lücken aus, welche sich zwischen den einzelnen Horsten der ersteren finden; darum sind z. B. Fioringras und Wiesenrispengras, die reichlich Ausläufer treiben, im Verein mit dem horstbildenden englischen Raigras, dem Kammgras, dem Rotschwengel usw., so vorzüglich zur Bildung eines dichten Gartenrasens geeignet.

§ 44.

Übersicht über die Wuchsverhältnisse der Gräser.

I. Horstbildende Gräser.

a) Mit intravaginalen Seitentrieben.

Alle Getreidearten. Ferner: Trisetum (*Avena*) *flavescens*, Goldhafer (Triebe bald herausbrechend), *Cynosurus cristatus*, Kammgras, *Dactylis glomerata*, Knaulgras (Triebe ausläuferartig), *Festuca pratensis*, Wiesenschwingel, *F. ovina*, Schafschwingel, *Lolium italicum*, italienisches Raigras, *L. perenne*, englisches R. (auch kurze Ausläufer), *Phleum pratense*, Timotheegras (Triebe bald herausbrechend).

b) Mit extravaginalen Seitentrieben.

Anthoxanthum odoratum, Ruchgras (auch intravaginale), *Arrhenatherum elatius*, französisches Raigras, hoher Hafer, *Bromus erectus*, aufrechte Trespe, *Festuca rubra*, Rotschwengel, *Holcus lanatus*, wolliges Honiggras.

II. Ausläufertreibende Gräser.

(Stets mit extravaginalen Seitentrieben, daneben mitunter auch intravaginale.)

Alopecurus pratensis, Wiesenfuchsschwanz (Ausläufer nur kurz), *Agrostis stolonifera*, Fioringras, *Agrostis vulgaris*, gemeines Straußgras, *Bromus inermis*, unbewehrte, grannenlose Trespe, *Festuca rubra*, Rotschwengel (auch ohne Ausläufer, siehe I b), *Holcus mollis*, weiches Honiggras, *Phalaris arundinacea*, Rohrglanzgras, *Poa pratensis*, Wiesen-Rispengras, mit meist langen, unterirdischen Ausläufern und auch intravaginalen oberirdischen Trieben, *Poa trivialis*, gemeines Rispengras, mit kurzen *oberirdischen* Ausläufern (auch mit intravaginalen Trieben), *Triticum repens*, Quecke.

Nach Weber¹⁾ spielen auf den *Dauerweiden* in den Marschen Norddeutschlands die mit Kriechtrieben versehenen Pflanzen mit Ausnahme des Weisklees eine recht untergeordnete Rolle. Aufser den oben angeführten Gräsern mit Ausläufern haben noch folgende von Weber daselbst beobachtete Pflanzen Kriechtriebe (Ausläufer): *Equisetum arvense*, Acker-Schachtelhalm; *E. palustre*, Sumpf-Schachtelhalm; *Carex hirta*, rauhaarige Segge; *Juncus compressus*, zusammengedrückte Binse; *Urtica dioica*, zweihäusige grofse Brennnessel; *Polygonum amphibium*, ortwechselnder Knöterich; *Vicia sepium*, Zaunwicke; *Lathyrus pratensis*, Wiesen-Platterbse; *Achillea Millefolium*, Schafgarbe; *Tussilago Farfara*, Huflattich; *Sonchus arvensis*, Acker-Gänsedistel.

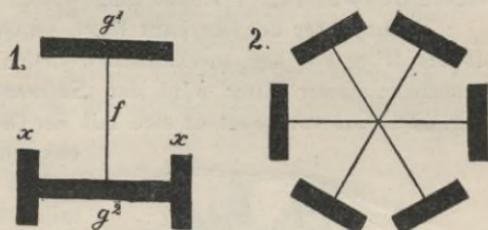


Fig. 46. 1. Einseitig, 2. mehrseitig biegungsfeste Konstruktion; f Füllung zwischen der Zuggurtung g^1 und der Druckgurtung $x g^2 x$; letztere in der linken Figur in Form eines I-Trägers, dessen Gurtungen $x x$, dessen Füllung g^2 .

(Nach Potonié.)

§ 45.

Das mechanische Prinzip im Bau des Monokotyledonenstengels. Der Stengel der meisten Monokotyledonen ist im Innern mit weichem Gewebe erfüllt

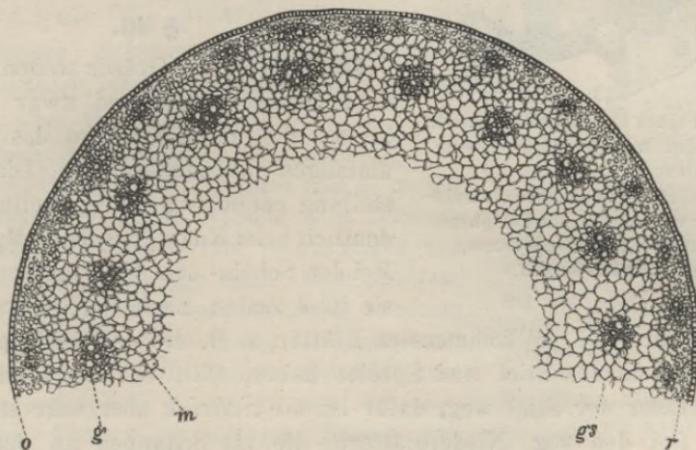


Fig. 47. Teil eines Querschnitts durch den Roggenhalm.

o Oberhaut; r Ring von mechanischen, bastähnlichen Zellen; g Gefäßbündel; gs Zellen der Gefäßbündelscheide; m Markzellen.

(Nach Nowacki.)

oder hohl; seine festen Teile, sein Skelett, liegen peripherisch, er stellt bei den meisten Gräsern eine *hohle Säule* dar. Den Querschnitt einer hohlen Säule

¹⁾ Emmerling und Weber, Beiträge zur Kenntnis der Dauerweiden in den Marschen Norddeutschlands. Arbeiten der Deutschen Landw.-Gesellschaft Heft 61, Berlin 1901, S. 84.

kann man sich aber zusammengesetzt denken aus lauter **I**-Trägern (Fig. 46), und wie der Ingenieur die **I**-Träger bzw. die hohlen Säulen benutzt, um mit der gleichen Menge Material eine größere Festigkeit zu erzielen, als bei massiver Anordnung, so auch die Natur im Bau des Monokotyledonenstengels, worauf Schwendener zuerst hingewiesen hat.

Nahe unter der Oberhaut liegt, im Querschnitt gesehen, bei dem Grashalm oft ein Ring von sog. mechanischen Zellen, die hier lange bastähnliche Fasern darstellen; dieser Ring wird der *Sklerenchym-* oder *Stereomring*¹⁾ genannt (Fig. 47). Oft verbindet er sich mit der Oberhaut durch rippenähnliche Sklerenchymstränge (Fig. 48), zwischen denen dann

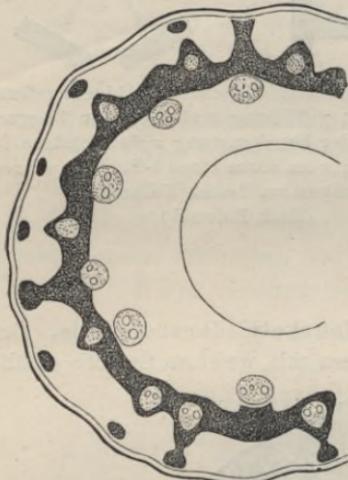


Fig. 48. Teil eines Querschnittes durch den Halm der unbegrannten Trespe, *Bromus inermis*.

Die dunklen Teile sind das mechanische System, die weißen an der Peripherie das grüne Assimilationssystem. (Nach Kienitz-Gerloff.)

grünes Gewebe liegt, welches der Assimilation, d. h. der Aufnahme der Kohlensäure dient. Ähnliche Sklerenchymstränge begleiten auch die *Gefäßbündel* (die Nerven oder Adern), die von den Blättern in den Stengel eintreten. Diesem stark entwickelten Sklerenchym (Hartgewebe) verdankt der Halm der Gräser seine außerordentliche *Biegefestigkeit*. (Bei den Wurzeln, die mehr auf *Zugfestigkeit* in Anspruch genommen werden, liegen die festen Teile in der Achse.)

§ 46.

Die Blätter der Gräser stehen spiralig, d. h. abwechselnd, und zwar in zwei Zeilen, die um die Hälfte des Stengelumfangs voneinander liegen. Diese Blattstellung nennt man die $\frac{1}{2}$ Stellung (sehr deutlich beim Knaulgras, beim Mais usw.). Bei den Schein- oder Sauergräsern stehen sie in 3 Zeilen, nach $\frac{1}{3}$ Stellung.

Während die vollkommensten Blätter, z. B. die der Doldengewächse drei Teile: Scheide, Stiel und Spreite haben, fällt bei den Laubblättern unserer Gräser der Stiel weg, dafür ist die *Scheide* aber sehr stark entwickelt. Bei den sog. Niederblättern, die als Schuppen an den unterirdischen Stengeln auftreten, ist die Scheide allein vorhanden, ebenso ist es bei den Hochblättern, d. h. den Spelzen, die Spreite ist bei letzteren aber oft zu einem borstenförmigen Anhängsel, der Granne, umgewandelt.

Die Blattscheide (Fig. 49) umschließt den Halm röhrenförmig und schützt ihn; meist ist sie der Länge nach *offen*, während sie bei den Sauergräsern (Cyperaceae) *geschlossen* ist; doch gibt es auch manche Süßgräser, die *geschlossene* oder wenigstens anfangs geschlossene Blatt-

¹⁾ σκληρός trocken, hart, στερεώμα das Festgemachte.

scheiden haben, und dies ist ein *wichtiges* Erkennungszeichen. Man muß aber *jüngere* Seitentriebe untersuchen.

Geschlossene oder wenigstens *bis etwa zur Mitte geschlossene* Blattscheiden besitzen: *Avena pubescens* (weichhaariger Hafer), *Briza media* (Zittergras), *Bromus* (Trespe, alle unsere Arten), *Dactylis glomerata* (Knaulgras), *Glyceria* (Süßgras, alle Arten), *Lolium italicum* und *perenne* (italienisches und englisches Raigras), *Melica* (Perlgras, alle Arten), *Poa alpina*, *pratensis*, *trivialis* und wohl alle Arten *Poa* (Rispengras) an den Seitentrieben, *Sesleria coerulea* (blaue Seslerie).

Auch die *Behaarung* der *Blattscheiden* kann mitunter gute Merkmale geben. Zottig behaart sind sie bei: *Trisetum* (*Avena*) *flavescens* (Goldhafer), *A. pubescens* (weichhaariger Hafer), *Brachypodium* (Zwenke, beide Arten), den Trespen *Bromus mollis*, *racemosus* und einigen andern, *Holcus lanatus* (Honiggras), *Koeleria cristata* (kammförmige Koelerie), *Melica ciliata* (gewimpertes Perlgras); meist sind dann auch die Blätter behaart.

An der Grenze zwischen Scheide und Spreite erhebt sich eine meist weißliche, häutige Fortsetzung der Scheide, das *Blatthäutchen* oder die *Ligula* (Fig. 49 *h*). Auch dieses ist ein wichtiges Erkennungszeichen; bei den meisten Gräsern ist es kurz; *lang*, d. h. länger als breit, aber bei folgenden:

Lange Blatthäutchen besitzen: *Agrostis alba*, weißes Straußgras, Fioringras und *A. canina*, Hunde-Straußgras; *Aira*, Schmele oder Schmiele (alle Arten), *Avena pratensis*, Wiesenhafer und *A. pubescens*, weichhaariger Hafer; *Brachypodium*, Zwenke (beide Arten); *Calamagrostis*, Landrohr (alle Arten außer *C. arundinacea*); *Dactylis glomerata*, Knaulgras; *Glyceria fluitans*, flutendes Süßgras, Mannaschwaden; *Milium effusum*, gemeines Flattergras; *Phalaris arundinacea*, *Phleum pratense* (d. oberen), *Poa trivialis*, *serotina* und *annua*.

— Bei *Glyceria spectabilis*, echtes Mielitzgras, endigt das sehr breite, abgerundete Blatthäutchen in eine Grannenspitze (Unterschied von *Phalaris arundinacea*, Rohr-Glanzgras).

Die Spreite der Laubblätter ist meist lineal, d. h. schmal und fast überall gleich breit, in der Knospelage meist gerollt (wie man ein Blatt Papier zusammenrollt, Fig. 50). *Gefaltet*, d. h. zusammengerollt wie ein Buch (Fig. 51, 52) ist sie nur bei folgenden (man untersuche jüngere Triebe):

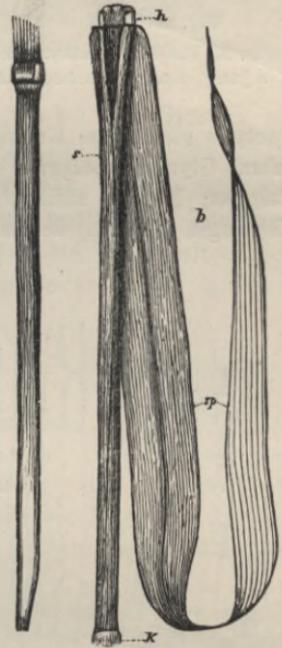


Fig. 49. Links Halmstück des Hafers aus der Blattscheide *s* herausgezogen; *b* Blatt; *h* Blatt- oder Scheidenknoten; *h* Blatthäutchen; *sp* Blattspreite; 1:2. (Nach Nowacki.)

Gefaltete Blätter besitzen: *Agrostis canina*, Hunde-Straußgras; *Aira*, Schmiele (alle Arten); *Avena pratensis* und *pubescens*, Wiesen- und weichhaariger Hafer; *Bromus erectus*, aufrechte Trespe; *Cynosurus cristatus*, Kammgras;



Fig. 50.



Fig. 51.



a



b

Fig. 52.

Fig. 50 bis 52. Blattquerschnitte: 50 *Lolium italicum*, 51 *Festuca rubra*, 52 *F. ovina*, a jung; b ausgewachsen. 50 gerollt, 51 bis 52 gefaltet. (Nach Stebler und Schröter.)

Dactylis glomerata, Knaulgras; *Festuca ovina*, Schafschwingel, heterophylla und *rubra*; *Glyceria*, Süßgras oder Schwaden (alle Arten); *Lolium perenne*, englisches Raigras; *Nardus stricta*, steifes Borstengras; *Poa*, Rispengras (alle Arten); *Sieglingia (Triodia) decumbens*, niederliegender Dreizahn usw.

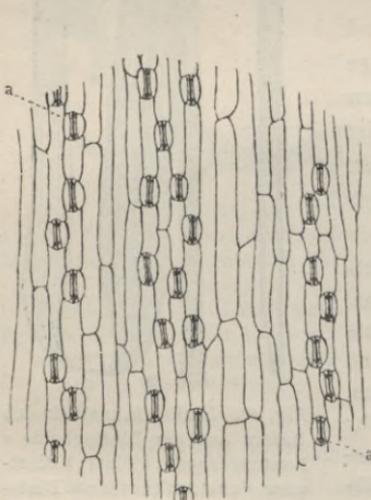


Fig. 53. Oberhaut der Oberseite des Haferblattes mit Spaltöffnungen aa, zwischen den Blattnerven in parallelen Reihen angeordnet; 70:1.

(Nach Nowacki.)

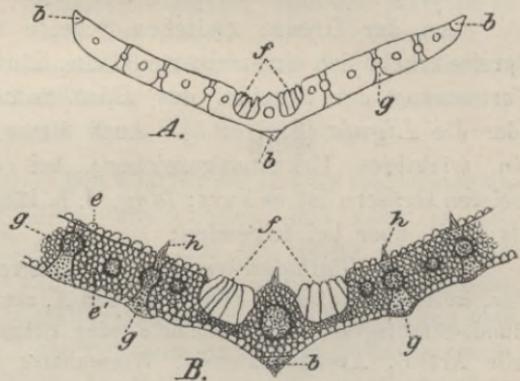


Fig. 54. *Poa pratensis*. A Querschnitt durch ein noch nicht ganz flaches Blatt, schwach vergrößert, schematisch. B Mittlerer Teil von A stärker vergrößert; b Bastbelege an den Kanten; e Oberhaut der Oberseite; e' Oberhaut der Unterseite; f Fächer- oder Gelenkzellen, die das Zusammenfallen der Spreite veranlassen, wenn sie ihr Wasser verlieren; g Gefäßbündel (Nerven) mit Bastbelegen, besonders an der Unterseite; h Haare auf den Nerven. (Original.)

Auf der unteren oder auf beiden Seiten des Blattes wie auf allen grünen Teilen befinden sich Spaltöffnungen (Fig. 53) zur *Atmung* und zur *Assimilation*, d. h. zur Aufnahme der Kohlensäure. Die Atmung erfolgt bei den Pflanzen gerade wie bei Menschen und Tieren Tag und Nacht, die Pflanzen atmen auch gerade wie Menschen und Tiere Sauerstoff ein und Kohlensäure aus. Dafs man die Ausatmung der Kohlensäure bei den Pflanzen am Tage

nicht spürt, kommt daher, daß bei *Tage* ein anderer Prozeß, die *Assimilation*, die Aufnahme und Zerlegung der Kohlensäure nebenhergeht. Die Pflanzen nehmen nämlich am Tage mit den Spaltöffnungen auch reichlich Kohlensäure aus der Luft auf. Diese wird in den grünen (chlorophyllhaltigen) Zellen zerlegt und der Sauerstoff wieder ausgeschieden. Daher verbessern grüne Pflanzen bei Tage die Luft. Der bei der Assimilation in den Chlorophyllkörnern zurückgebliebene Kohlenstoff verbindet sich mit Wasser zu Kohlehydraten, z. B. Stärke usw., und diese Stärke wandert in der Nacht in Gestalt von Zucker aus den Blättern in den Stengel und weiter nach den Vegetationsspitzen, um hier als Baustoff für neue Zellen zu dienen, oder nach den sog. Speicherorganen (Kartoffelknollen, Samen usw.), um als Reservenernährung dort abgelagert zu werden. Die Oberhautzellen der Blätter wie die des Halmes sind bei den Gräsern oft stark verkieselt. Manche Grasblätter haben in der Epidermis der Oberseite zwischen den Nerven sog. Fächerzellen (Fig. 54), welche sich mit Wasser füllen und die Ausbreitung der Spreite mit bedingen. Verlieren diese Zellen ihr Wasser, so rollen sich die Blätter ein oder falten sich zusammen, um sich gegen zu starke Verdunstung zu schützen; so viele Steppengräser, auch manche unserer Gräser.

§ 47.

Die Blüten. Alle Blüten der höheren Pflanzen kann man als *Sprosse*, d. h. beblätterte Stengel oder beblätterte Achsen auffassen. Man muß sich nur die durch die Blüte gehende Längsachse mehr gestreckt denken, dann tritt deutlich hervor, daß die Kelchblätter den ersten Quirl, die Blumenblätter den zweiten, die Staubgefäße den dritten (oft auch einen vierten), die Fruchtblätter den obersten Quirl bilden.

Stehen die Blüten seitlich (Fig. 55), so gelten für sie dieselben Regeln wie für Laubzweige, denn sie sind ja nur veränderte Zweige. Ein Zweig (oder im Jugendzustand eine Knospe) steht normalerweise immer im Winkel eines Laubblattes, ähnlich auch die Blüten; das Blatt, in dessen Achsel eine Blüte steht, ist aber gewöhnlich kleiner als die Laubblätter und wird *Deckblatt*, bei den Gräsern *Deckspelze*, *äußere* oder *untere Spelze* (*palea inferior*) genannt (Fig. 55 d). Diese Spelze steht also *vor* der Blüte. Bei den Blüten der Dikotyledonen stehen am Stiele der Blüte oder, wenn dieser fehlt, an ihrer Basis noch *zwei* kleine Blättchen, links und rechts, die *Vorblätter* (sehr deutlich beim Jelängerjelier, beim Eisenhut), bei den Monokotyledonen nur *eins* und zwar nach hinten, nach der Achse zu; dies heißt bei den Gräsern die *Vorspelze*, *innere* oder *obere Spelze* (*palea superior*) (Fig. 55 v). Obwohl sie Vorspelze heißt, steht sie nicht vorn (dort steht ja die Deckspelze), sondern wie gesagt, hinten. Sie heißt nur Vorspelze, weil sie der Blüte voraufgeht. — Bei vielen Blüten fehlen Deck- und Vorblätter, theoretisch muß man sie aber immer annehmen, und bei den Gräsern sind sie verhältnismäßig groß, denn die Spelzen fallen viel mehr in die Augen, als die Blüten selbst.

Die Spelzen sind aufzufassen als Laubblätter, die nur ihren untersten, *scheidenartigen* Teil entwickelt haben; ist eine Granne vorhanden, so ist diese als Mittelnerv der fehlenden Blattspreite anzusehen. Vergl. S. 302.

Die *Gesamtblütenstände* der Gräser sind entweder *Ähren*, *Trauben*, *Rispen* oder *ährenförmige Rispen*, welche letztere auch *Scheinähren* genannt werden. Eine *Ähre* entsteht, wenn der Halm an seinem obersten Teile der Länge nach *ganz* kurze, kaum sichtbare Zweige ausbildet, welche Ährchen (§ 48) tragen; eine *Traube*, wenn die Zweige etwas länger, eine *Rispe*, wenn die Zweige wieder verzweigt, eine *Scheinähre*, wenn

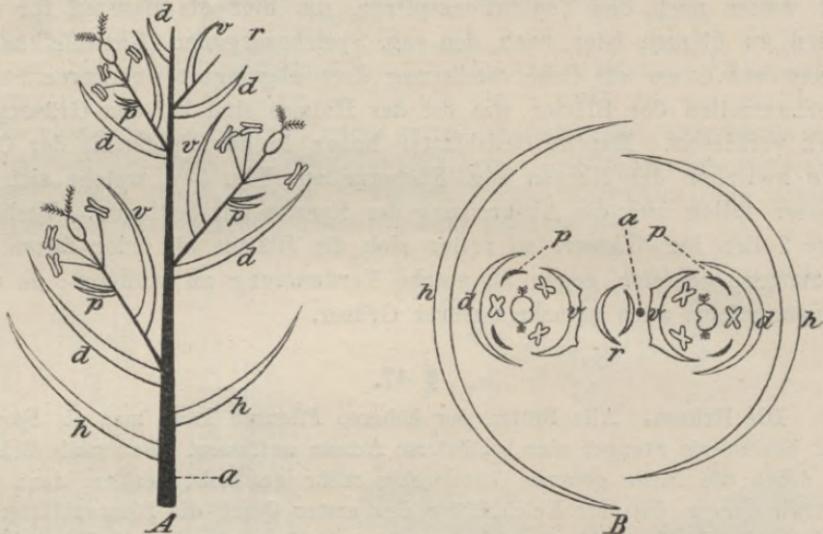


Fig. 55. A Schematischer Aufriss eines 3 blütigen Grasährchens. B Grundriss eines 2 blütigen Haferährchens; *h* 2 Hüllspelzen, *d* Deckschelzen, *v* Vorspelzen, *p* die 2 Schüppchen, die man als Blumenblätter ansieht, *r* rudimentäre dritte Blüte, *a* Achse des Ährchens.

In der Mitte jeder der beiden Blüten der Fruchtknoten mit den 2 federigen Narben.

(Original aus Wittmack, Gras- und Kleesamen.)

die Rispenäste mehr oder weniger der Längsachse angewachsen sind (Thimothee, Fuchsschwanz). Trauben kommen bei den Gräsern selten vor.

§ 48.

Teile des Grasährchens. Die letzten Verzweigungen des Blütenstandes tragen die *Ährchen*. Ein *Ährchen* kann 1- oder mehrblütig sein, theoretisch ist es in allen Fällen wiederum ein Zweig, an dessen aus 1 oder mehr kurzen Gliedern zusammengesetzter Längsachse zweizeilig angeordnete abwechselnde Blättchen, die oben erwähnten *Spelzen*, stehen, gerade so, wie am Halme die Blätter. Die untersten 2 (bei Hirse usw. 3—4) dieser Spelzen (*hh* Fig. 55 und 56) entwickeln in ihrer Achsel keine Blüte und heißen *Hüllspelzen*, Klappen, Balg oder glumae. Beim Raigras ist nur

eine Hüllspelze vorhanden, ausgenommen das Ährchen an der Spitze; beim Borstengras sind beide verkümmert. — Ist das Ährchen 1-blütig, so folgt auf die Hüllspelzen nur eine fruchtbare Spelze, die Deckspelze (palea inferior); ist es mehrblütig, so folgen abwechselnd links und rechts mehrere Deckspelzen. Jede Deckspelze entwickelt in ihrer Achsel ein *sehr kurzes*, oft kaum sichtbares Zweiglein, den Blütenstiel, welcher ganz unten auf der inneren Seite, der Deckspelze gegenüber, eine zartere Spelze, das S. 305 erwähnte Vorblatt, die Vorspelze, *innere* oder *obere Spelze*, palea superior (*v*), und an seiner Spitze eine Blüte trägt.

Die *Hüllspelzen* (*hh*) sind den Deckspelzen oft sehr ähnlich, bald groß und das ganze Ährchen einhüllend, z. B. beim Hafer, Honiggras, Fuchsschwanz, bald klein, wie beim Roggen, oft ungleich lang, meist unbegrannt.

Die *Deckspelzen* (*dd* Fig. 55 und 56) sind in der Form verschieden, meist lanzettlich, mit einem Hauptnerven in der Mittellinie und oft begrannt. Aus dem Vorhergesagten folgt, dafs, so viel Deckspelzen ein Ährchen trägt, so viel Blüten gewöhnlich vorhanden sind.

Die der Deckspelze gegenüberliegende *Vorspelze* ist meist dünnhäutig, durch den Druck der Achse gewöhnlich eingebuchtet, zweikielig und hat 2 Nerven (*vv* Fig. 55 B).

Als eine zweite Vorspelze des kleinen, theoretisch anzunehmenden Zweiges, welcher die Blüte trägt, sieht man die 2 Schüppchen (Fig. 55 und 56, *p*) an, welche dem Vorblatt gegenüber, also oberhalb der Deckspelze stehen. Man denkt sich diese als 2 Hälften eines Blattes; früher sah man sie, wie Linné, als 2 rudimentäre Blumenblätter an. Das dritte Blumenblatt wäre dann das beim Federgrase (*Stipa*) vorkommende hintere dritte Schüppchen.

Die Blüte der Gräser selbst (Fig. 55 und 56) besteht, wenn man nicht die 2 Schüppchen (lodicae) als Blumenblätter ansehen will, nur aus den Geschlechtsorganen: Staubgefäßen und Fruchtknoten (Stempel). Gewöhnlich sind 3 *Staubgefäße* (Fig. 55 B) vorhanden, von denen eins über der Deckspelze, die beiden andern seitlich stehen. Diese 3 entsprechen dem äufsern Staubblattkreise der Liliaceae; beim Reis und bei gewissen



Fig. 56. Haferährchen; *hh* Hüllspelzen, 1–3 erste bis dritte Blüte, *dd* Deck- oder äussere Spelzen, *vv* Vor- oder innere Spelzen. Oben rechts Haferblüte; *p* die 2 Schüppchen, *n* die 2 Narben, *s* die 3 Staubgefäße.

(Original aus Wittmack, Gras- und Kleesamen.)

Arten von *Bambus* sind 6 Staubgefäße vorhanden. Hier ist also auch der innere Staubblattkreis der *Liliaceae* entwickelt. Einige andere ausländische Gräser haben noch mehr Staubgefäße.

Der Fruchtknoten ist aus einem einzigen Fruchtblatt gebildet, er enthält nur eine Samenanlage und trägt an seiner Spitze meist 2, gewöhnlich sitzende Narben, beim *Bambus* 2—3.

Die Narben sind mit meist langen, oft verzweigten Haaren (Papillen) besetzt. Sind diese, was gewöhnlich der Fall, in einer oder zwei Längsreihen angeordnet, so heißt die Narbe *federförmig*; solche Narben treten gewöhnlich seitlich, zwischen Deck- und Vorspelze, hervor. Stehen die Papillen nach allen Richtungen ab (nach Art einer Flaschenbürste oder eines Zylinderputzers, Ascherson und Graebner), so nennt man die Narbe *sprengwedelförmig* (Hirse). Eine sehr verlängerte sprengwedelförmige Narbe mit kurzen Papillen heißt *fadenförmig* (Ruchgras). Die beiden letzteren Arten von Narben treten gewöhnlich an der Spitze der sich wenig öffnenden Spelzen hervor (Ruchgras, Fuchsschwanz, Borstengras).

Die meisten Gräser sind *Zwitter*, d. h. in einer Blüte stehen sowohl männliche Geschlechtsorgane (Staubgefäße) wie weibliche (Fruchtknoten); mitunter aber verkümmert der Fruchtknoten, dann heißt die Blüte männlich. Beim Mais stehen die männlichen Blüten in Rispen an der Spitze des Halms, die weiblichen bilden Kolben in den Blattachseln.

§ 49.

Aufblühen, Bestäubung und Befruchtung. Bei den Rispengräsern beginnt das Aufblühen an den obersten Ährchen, bei Ährengräsern etwas über der Mitte, im einzelnen Ährchen aber immer von unten nach oben. Zur Zeit, wo die Blüten sich öffnen wollen, schwellen die 2 kleinen *Schüppchen*, welche innerhalb der Deckspelze stehen (p Fig. 55 und 56), meist sehr an und drücken die Spelze nach außen, wodurch das Öffnen erfolgt. Gräser, welche schwach entwickelte Schüppchen haben, öffnen sich wenig oder gar nicht (Gerste). Bei *Anthoxanthum*, *Alopecurus*, *Mibora* (*Chamagrostis*), *Nardus* und einigen ausländischen fehlen die Lodiculae ganz. Bei diesen bleiben die Spelzen an den Seiten vollkommen geschlossen und lassen die Staubgefäße und Narben nur an der Spitze hervortreten. Die Staubfäden der Gräser sind vor der Blütezeit sehr kurz, strecken sich aber beim Aufblühen außerordentlich; die Staubbeutel treten dadurch hervor, und da sie nicht an der Basis, sondern unterhalb der Mitte befestigt sind, kippen sie oft leicht über. Sie haben 2 Fächer, die sich meist von oben nach unten in einer Längsspalte öffnen und aus denen der Blütenstaub (Pollen) dann herausfällt. Der Blütenstaub besteht aus sehr kleinen, glatten Kügelchen. Bei den meisten Gräsern treten die Staubbeutel früher hervor als die Narben (die Blüte ist proterandrisch) und ihr Blütenstaub fällt daher meist auf die Narben anderer Blüten, beim Fuchsschwanz und Ruchgras aber, auch bei *Pennisetum* usw., treten die Narben eher hervor (protogynisch). Es findet daher, trotzdem die Gräser meist *Zwitter* sind, eine Selbstbestäubung doch selten statt, ausgenommen zum Teil bei Gerste und Weizen. (Fig. 57—67.)

Da die Gräser keine schön gefärbten Blütenhüllen, keine „Blumen“ haben, so werden die Insekten durch sie nicht angelockt; die Verbreitung des Blütenstaubes erfolgt nur durch den Wind. Die Gräser sind *Windblüher*. Der Blüten-

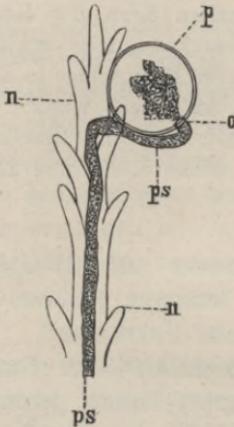


Fig. 57. Stück von der Narbe des Weizens mit einem Pollenkorn *p*; *o* Öffnung desselben, durch die der Pollenschlauch herausgetreten; *n* Narbenpapillen, Narbahaare. 200:1. (Nach Nowacki.)

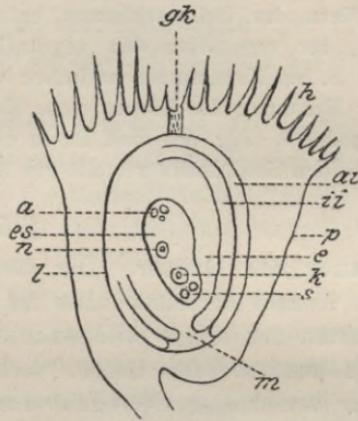


Fig. 58. Längsdurchschnitt durch den unbefruchteten Fruchtknoten des Weizens; *p* Fruchtknotenwand, *e* Ei, angewachsen bei *l*, *es* Embryosack, *k* Keimbläschen oder Eizelle, *s* Gehilfinnen, *a* Antipoden, *n* Kern des Embryosacks, *gk* Griffelkanal (Weg für den Pollenschlauch), *ai* äußeres, *ii* inneres Integument, *Schalen* des Eies, *m* Mikropyle, Keimmund, *h* Haare. 36:1. (Schematisch.)

staub, der auf die Narben gefallen ist, treibt Schläuche (Pollenschläuche), welche in die Samenanlage des Fruchtknotens eindringen (Fig. 57 und 59).

Die *Samenanlage*, auch Ei, ovulum genannt, hat zwei Hüllen oder Schalen (Integumente), welche am unteren Ende eine Öffnung, den Keimmund (Mikropyle), lassen. Im Innern der Samenanlage (Fig. 58) ist eine große Zelle, der Embryosack, welcher u. a. das sog. Keimbläschen, auch Eizelle genannt (und daneben 2 kleine Bläschen, die sog. Gehilfinnen) enthält. Der Pollenschlauch dringt bis hierhin vor und der eine seiner beiden Kerne verschmilzt dann mit dem Kern des Keimbläschens; damit ist die eigentliche Befruchtung vollzogen. Das Keimbläschen teilt sich alsdann durch mehrere Scheidewände, wird durch wiederholte Teilung in verschiedener Richtung und durch Streckung immer größer und bildet schließlich den *Embryo* oder Keim.

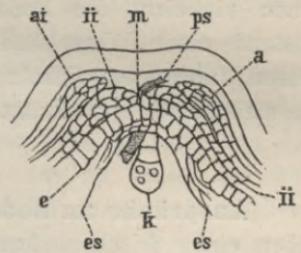


Fig. 59. Der Teil bei *k* von Fig. 58 stärker vergrößert, nach der Befruchtung; *k* das zum Embryo heranwachsende Keimbläschen; *ps* Pollenschlauch. 300:1. (Nach Hofmeister.)

In dem übrigen Raum des sich rasch vergrößernden Embryosackes entsteht dann das Endosperm, d. h. das Nährgewebe oder der Mehlkörper, welcher sich so vermehrt, daß der Keim schließlich an die untere äußere Wand des Kornes

gedrängt wird (vergl. Fig. 38 auf S. 294). — Nach den neuesten Untersuchungen erfolgt die Bildung des Endosperms erst, nachdem der zweite Kern des Pollenschlauchs sich mit dem sogen. sekundären, vegetativen Kern des Embryosackes n (Fig. 58) verbunden hat. Es findet also eine Doppelbefruchtung statt. Der sexuelle Kern des Pollenschlauchs befruchtet den sexuellen Kern des Keimbläschens, der vegetative den vegetativen des Embryosackes. Dies erklärt, warum z. B. bei Kreuzungen zwischen weißem und blauem Mais schon in dem Jahre der Kreuzung die Körner eines Kolbens teils blau, teils weiß werden. — Die Antipoden a (Fig. 58) sind Reste eines Archegoniums; auch die Eizelle k mit den beiden Gehilfinnen s stellt ein Archegonium dar (siehe S. 206 und 215).

§ 50.

Dauer der Gräser. Die meisten Gräser dauern mehrere Jahre aus, eine Anzahl derselben aber ist einjährig. Zu letzteren gehören die Getreidearten und einige wild wachsende Gräser, meist Unkräuter.

Die ausdauernden Gräser verhalten sich hinsichtlich ihrer Dauer auch sehr verschieden. So geht das englische Raigras, *Lolium perenne*, bei uns wenigstens schon nach 2—3, selten 4—6 Jahren ein und gibt in den letzten Jahren nur wenig Ertrag; andere, wie *Phleum pratense*, das Timothee, leben länger, nehmen aber langsam im Ertrage ab, noch andere, wie *Festuca pratensis*, Wiesenschwingel, bleiben sich viele Jahre im Ertrage gleich, noch andere nehmen im Laufe der Jahre sehr zu, so *Poa pratensis*, das viele Jahre aushält.

Auf der Wiese herrscht ein steter Kampf ums Dasein, und wenn von ihren Kräutern die einen früher eingehen, so ist es eben zum Teil, weil sie diesen Kampf weniger gut bestehen können. Allein gesät, würden sie wohl länger aushalten, auf der Wiese werden sie aber durch andere, denen vielleicht die Bodenverhältnisse mehr zusagen, verdrängt. Der Bestand einer Wiese ändert sich aber auch nach der Witterung. In nassen Jahren entwickeln sich die Gräser besser, in trockneren Jahren die meisten übrigen Kräuter, namentlich die Kleegetüchse.

§ 51.

Ansprüche an Boden, Wasser und Dünger. Die meisten Gräser lieben einen frischen, feuchten Boden, nur wenige Arten leben auch auf trockenem, z. B. Schafschwingel; andere dagegen wachsen selbst im Wasser. Humoser, sandiger Lehm sagt den meisten am besten zu, einige lieben reinen Sand, andere mehr Kalk. (Näheres im speziellen Teil.)

a) *Wasserliebend* (hygrophil) sind: Flutender Schwaden, Wasserschwaden, Rohrglanzgras, Wiesenschwingel, Wiesenfuchsschwanz, Knautgras, Fioringras, gemeines Straußgras, wolliges Honiggras, Lieschgras (Timothee), Goldhafer, mittleres Zittergras, gemeines und spätes Rispengras, Rasenschmiele, italienisches Raigras.

b) *Wasserfliehend* (xerophil) sind: Aufrechte Trespe, gekämmte Koelerie, graue Schmiele, Boehmers Lieschgras, Schafschwingel, knolliges Rispengras, gebogene Schmiele, blaue Sesleria usw.

c) Mehr oder weniger *indifferent* sind: Geruchgras, weichhaariger Hafer, englisches Raigras, Rotschwingel, verschiedenblättriger Schwingel, französisches Raigras, Wiesen-Rispengras, Quecke, oft auch das oben unter a) genannte Knaulgras.

Die Feuchtigkeit liebenden Gräser, überhaupt die meisten sogen. hygrophilen Pflanzen, sowie die indifferenten, sind gewöhnlich für Dünger sehr dankbar, ganz besonders verträgt das italienische Raigras die größten Düngermengen und wird deshalb so viel auf städtischen Rieselfeldern, die mit Spüljauche berieselt werden, gebaut. — Die wasserfliehenden, also die Trockenheit liebenden, sog. xerophilen Gräser fliehen meist auch den Dünger.

Nach Stebler und Schröter, „Die Alpen-Futterpflanzen“, sind düngerfürchtend, d. h. werden durch Düngung direkt geschädigt: Blaue Sesleria, Borstengras, aufrechte Trespe, liegender Dreizahn, Michelis Lieschgras. — Düngerfliehend, d. h. an gedüngten Plätzen sich nicht stärker entwickelnd als an ungedüngten und deshalb von andern Pflanzen verdrängt: Mittleres Zittergras, gefiederte Zwenke, violettes Rispengras, Alpenstraußgras, violetter Schwingel und verschiedene andere alpine, meist an trockenen Stellen wachsende Gräser. Die meisten guten Gräser sind düngerliebend, einzelne, wie das einjährige Rispengras und das Alpen-Rispengras, sogar düngerfordernd, d. h. sie finden sich nur an gedüngten Plätzen.

Weber (Arb. d. D. L.-G. Heft 61, S. 84) fand, daß auf den Dauerweiden der Marschen Norddeutschlands alle Gewächse zu den Mesophyten (siehe S. 288), d. h. zu denen gehören, die eine mittlere Feuchtigkeit lieben; aber gerade die Arten, welche nach Zahl der Individuen vorherrschen, sind solche, die vermöge ihrer Organisation verhältnismäßig trockene Standorte verlangen, oder doch vermöge der Anschmiegsamkeit ihres Organismus zu ertragen vermögen. Namentlich gilt dies von dem so stark vorherrschenden englischen Raigras, das im Mittel der vom Weidevieh bevorzugten Stellen 72 % einnimmt (Weißklee als nächster 13 % der Fläche). Das Fehlen der Spaltöffnungen auf der Unterseite, ihre Lage an den Flanken der Riefen der Oberseite, ihre leichte Verschiefsbarkeit und das Zusammenfallen des Blattes bei Wassermangel, endlich die meist 45 cm tief reichenden Wurzeln befähigen das englische Raigras dazu, auch an trockenen Stellen zu gedeihen.

§ 52.

Wuchs, Ober- und Untergräser. Viele Gräser haben einen hohen, reich beblätterten Stengel, solche heißen „Obergräser“; andere dagegen entwickeln wenig Blätter an den Halmen, wenigstens an den blühenden,

und dafür mehr Blätter an den Seitentrieben, solche heißen „*Untergräser*“; manche kann man sowohl als Ober- wie als Untergräser bezeichnen, z. B. das Wiesen-Rispengras. Bei der Zusammenstellung von Grasmischungen ist es wichtig, beide Arten zu nehmen, die Obergräser geben im ersten, die Untergräser im zweiten Schnitt den Hauptertrag.

Einteilung der Gräser nach Güteklassen.

Im allgemeinen teilt man die Gräser nach ihrem Futterwert in 3 Güteklassen. Bei einigen Arten sind die Ansichten über den Wert verschieden, das richtet sich auch nach den verschiedenen Gegenden. In Norddeutschland gelten z. B. das Mielitzgras, *Glyceria aquatica*, und das Havelmielitzgras, *Phalaris arundinacea*, bei den Heuhändlern als Gräser 1. Güte, in anderen Gegenden sieht man sie als 2. Güte an.

Gräser 1. Klasse. Vorzügliche Gräser.

1. *Agrostis alba* (*A. stolonifera*), weißes Straußgras, Fioringras.
2. *Alopecurus pratensis*, Wiesen-Fuchsschwanz.
3. *Avena elatior*, hoher Hafer, französisches Raigras.
4. „ *flavescens*, Goldhafer.
5. *Dactylis glomerata*, Knaulgras.
6. *Festuca elatior* L (*pratensis* Hudson), Wiesenschwingel.
7. *Glyceria fluitans*, flutender Schwaden, Mannaschwaden.
8. „ *aquatica* (*spectabilis*), Wasserschwaden. Auch zur 2. Klasse gerechnet.
9. *Lolium italicum*, italienisches Raigras.
10. „ *perenne*, englisches Raigras.
11. *Phalaris arundinacea*, Havelmielitz (auch zur 2. Klasse).
12. *Phleum pratense*, Wiesen-Lieschgras, Timotheegras.
13. *Poa annua*, einjähriges Rispengras.
14. „ *pratensis*, Wiesen-Rispengras.
15. „ *trivialis*, gemeines Rispengras.
16. „ *serotina* (*palustris*), spätes Sumpf-Rispengras.

Gräser 2. Klasse. Gute Gräser.

Hierzu gehören viele. Man kann kurz sagen, alle die nicht zur 1. und 3. Klasse gehören.

Gräser 3. Klasse. Geringe Gräser.

1. *Aira caespitosa*, Rasenschmiele (jung 2. Güte).
2. „ *flexuosa*, geschlängelte Schmiele.
3. „ *canescens*, graue Schmiele, Silbergras, Bocksbart (auf Sand, selten auf Wiesen).
4. *Calamagrostis*, alle Arten.
5. *Nardus stricta*, steifes Borstengras.

Kapitel VI.

Systematik der Gräser und Verwandten.

*Reihe oder Ordnung Glumiflorae, Spelzblütige.*¹⁾

Blätter meist schmal, parallelnervig. Blüten klein, meist in den Achseln spelzenartig ausgebildeter Deckblätter. Blütenblätter (Perigon) fehlend. Fruchtknoten 1 fächerig mit 1 Samenanlage. Frucht nicht aufspringend, 1 samig, Keimling gerade.

1. Fam. Gramineae (Gramina), Gräser (Echte oder Süßgräser).

Wichtigste Merkmale. (Siehe auch S. 305.) Blüten meist zwittrig ohne Blütenhülle (d. i. ohne Blütenblätter), in 1- oder mehrblütigen Ährchen; die Ährchen am Grunde mit 2—4 tauben Spelzen (Hüllspelzen, Klappen, Bälge, glumae). Jede Blüte des Ährchens in der Achsel eines spelzenartigen, sie verhüllenden Deckblattes (Deckspelze, palea inferior) und mit *einem der Deckspelze gegenüber, also hinten stehenden, meist 2 kieligen Vorblatt* (Vorspelze, palea superior). Hinter der Deckspelze (vor dem Fruchtknoten) steht ein meist bis zum Grunde 2 teiliges, sehr kleines, gewöhnlich saftreiches 2. Vorblatt (die beiden vorderen Schüppchen, lodiculæ, auch als Blütenblätter angesehen) (Fig. 60, 55 und 56). Mitunter ist noch ein 3. Vorblatt entwickelt, das dann wieder hinten über dem 1. steht (so bei Stipa). Staubgefäße meist 3. Fruchtknoten aus einem einzigen, zusammengefalteten, hinten an der Verwachsungsstelle oft eine Furche bildenden Fruchtblatt, mit 1 schwach gekrümmten Samenanlage. Narben meist 2. Frucht nicht aufspringend, sondern geschlossen bleibend, eine Schließfrucht, bei welcher meist Frucht und Samenschale verwachsen (Ausnahme die ausländischen Zizaniopsis und Eleusine). Eine

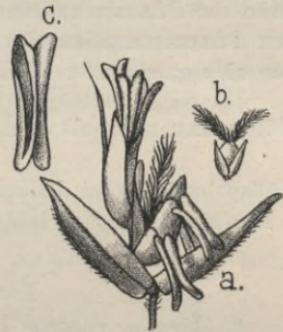


Fig. 60. *Holcus lanatus*. *a* Ährchen, die obere männliche Blüte mit einer in der Jugend noch nicht hakenförmigen Granne; *b* Fruchtknoten, davor die 2 Schüppchen; *c* Staubbeutel, längs aufgesprungen.

¹⁾ Vergl. S. 218 und 224.

derartige Schließfrucht heißt Korn oder Karyopse. Sie ist mit großem, stärkereichem Nährgewebe (Mehlkörper) versehen, an dessen *Vorderseite und Basis der nur von der Kornschale bedeckte Keim* liegt. Keim meist klein und gerade, mit schildförmigem Keimblatt, in dessen vorderer Aushöhlung oder Rinne das mit mehreren Blattanlagen versehene Knöspchen und die von einem Hüllgewebe umgebenen Würzelchen liegen. (Vergl. Fig. 38 und 39, S. 294 und 295.)

Kräuter, selten Sträucher oder Bäume, mit knotig gegliederten, meist hohlen Stengeln (Halmen), abwechselnden zweizeiligen Blättern mit meist offenen Blattscheiden, die Ährchen meist am Grunde von leeren spelzenartigen Hüllblättern umgeben (Hüllspelzen, Klappen), in rispen- oder ährenartige Blütenstände vereinigt.

§ 53.

Einteilung der Gräser. Man hat früher die Gräser einfach nach der Zahl der Hüllspelzen eingeteilt, und da Ascherson und Gräbner diese Einteilung in ihrer trefflichen „Flora des nordostdeutschen Flachlandes“, 1898/99, sowie in ihrem noch größeren Werk „Synopsis der Mitteleuropäischen Flora“ wieder angenommen haben, wollen wir diese voranstellen, im übrigen aber der Einteilung von Hackel in dem großen Werk von Engler und Prantl, „Natürliche Pflanzenfamilien“, die sich auch in Englers Syllabus der natürlichen Pflanzenfamilien (5. Ausgabe 1907) findet, folgen. Beide Einteilungen lassen sich ganz gut verbinden.

Unterfamilie

Hüllspelzen mehr als 2. Ährchen meist 1 blütig

I. Panicoideae

umfasst unsere Gruppen 1—5.

Hüllspelzen 2 (bei *Lolium* 1, bei *Nardus* 0),

Ährchen 1- oder mehrblütig

II. Poaeoideae

umfasst unsere Gruppen 6—11.

Einteilung nach Hackel.

A. *Ährchen 1 blütig*, ohne Achsenverlängerung, d. h. ohne kurzes seitliches Stielchen über der Blüte, also ohne Andeutung einer 2. Blüte; selten 2blütig und dann die untere Blüte unvollkommen. Ährchen bei der Reife als Ganzes vom Stiele oder samt gewissen Gliedern der Ährenspindel abfallend.

a) *Ährchen vom Rücken* her zusammengedrückt oder stielrundlich. (Die Körner können auf dem Rücken liegen.) Nabel meist punktförmig. Hüllspelzen meist 3.

a) *Deckspelze und Vorspelze* (letztere oft fehlend) *sarthatig*. Hüllspelzen meist derbhäutig, die unterste am größten.

Gruppe 1. *Maydeae*. ♂, ♀. Ährchen in getrennten Blütenständen oder an getrennten Teilen desselben Blütenstandes.

Gruppe 2. *Andropogoneae*. Ährchen ♀ oder ♂ und ♀, dann in demselben Blütenstande so gemischt, daß ein ♂ neben einem ♀ steht.

β) *Deck- und Vorspelze meist knorpelig*, Hüllspelzen zarter, die unterste meist klein.

Gruppe 3. *Paniceae*. Hirsegräser.

b) *Ährchen von der Seite zusammengedrückt* (die Körner können deshalb nicht auf dem Rücken liegen). Nabel lineal.

Gruppe 4. *Oryzaceae*. Reisgräser. Staubgefäße meist 6.

B. Ährchen *1- bis vielblütig*, die *1blütigen oft mit Achsenfortsatz* (Stielchen) über der Blüte (als Andeutung einer 2. Blüte), ihre Spindel meist oberhalb der Hüllspelzen gegliedert, so daß die Hüllspelzen beim Ausfallen der reifen bespelzten Körner *stehen bleiben* (Ausnahmen u. a.: *Alopecurus*, Fuchsschwanz und *Holcus*, Honiggras, wo das Ährchen als Ganzes abfällt). — Wenn 2- oder mehrblütig, dann immer mit deutlichen Internodien (Stielchen der nächsten Bl) zwischen den Blüten.

a) *Ährchen 1blütig*.

Gruppe 5. *Phalarideae*. Ährchen gestielt, in Rispen oder Ährenrispen (Scheinähren), 1blütig, mit 4 Hüllspelzen, die zwei inneren oft sehr klein. Vorspelze 1nervig.

Gruppe 6. *Agrósteae*, wie vorige, aber nur mit 2 Hüllspelzen, diese so lang oder meist länger als die Deckspelze.

b) *Ährchen meist 2- bis mehrblütig*, Hüllspelzen 2.

Gruppe 7. *Avéneae*. Ährchen gestielt, in Rispen. Hüllspelzen länger als die nächste Deckspelze. Granne, wenn vorhanden, auf dem Rücken oder an der Basis, meist gekniet.

(Gruppe 8. *Chlorideae*. Ährchen in 2 einander genäherten Reihen sitzend. Eleusine Coracana, Afrika, Ostindien, zur Bierbereitung in Ostafrika.)

Gruppe 9. *Festúceae*. Ährchen gestielt, in Rispen oder seltener Trauben; wie die Avéneae, aber Deckspelzen länger als die Hüllspelzen, unbegrannt oder aus der Spitze (selten, z. B. *Bromus*, unter der Spitze) begrannt, Granne nie gekniet. Selten 1blütig.

Gruppe 10. *Hordéae*. Ährchen in *Einsenkungen der Spindel*, in einer sog. *Ähre*, fast stets in 2 einander gegenüberstehenden Reihen.

(Gruppe 11. *Bambúseae*. Grofse, oberirdisch ausdauernde Gräser mit oft kurzgestielten Blattspreiten, in den Tropen.)

§ 54.

Künstlicher Schlüssel zum Bestimmen der *Galtungen* der einheimischen Gräser. (Hier sind auch solche aufgenommen, die im speziellen Teil nicht behandelt sind.)

A. Getrennten Geschlechts, die männlichen (Staubgefäfs-) Blüten in Rispen an der Spitze des *nicht hohlen* Stengels, die weiblichen in Kolben im Winkel der Blätter *Zea Mays*, *Mais*.

B. Mit Zwitterblüten. Zerfallen nach dem Blütenstand in:

I. *Ährengräser*, d. h. Ährchen sitzend an einer einzigen, unverästelten Achse (Spindel), z. B. Roggen (Fig. 61). Vergl. III.

II. *Fingerährengräser*; mehrere Ähren fingerig zusammengestellt, z. B. Fingerhirse.

III. *Rispenährengräser oder Scheinährengräser*; Ährchen kurzgestielt, die Stiele oft verzweigt, aber alle dicht aneinander und der Hauptachse anliegend, z. B. Fuchsschwanz und Timothee. I und III sind einander ähnlich.

IV. *Rispengräser*; Ährchen an ziemlich langen, verzweigten Stielen.

I. Ährengräser. Siehe auch III.

a) Hüllspelzen fehlend.

Ährchen einzeln, 1 blütig, in einseitwendiger Ähre, Narbe nur 1, Blätter borstenförmig Nardus, Borstengras.

b) Hüllspelze 1, nur das endständige Ährchen mit 2.

Ährchen einzeln, wechselständig, drei- bis mehrblütig, mit der *schmalen* Seite der Ährenspindel zugekehrt (Fig. 62 u. 63) . Lólium Lolch, Raigras.

c) Hüllspelzen 2.

1. Ährchen einzeln.

* Ährchen sitzend.

a) Ährchen mit der *breiten* Seite der Spindel zugekehrt, drei- bis vielblütig, begrannt oder grannenlos, Hüllspelzen breit eiförmig oder lanzettlich, mehrnervig (Fig. 64 und 65) . Triticum, Weizen.

β) Ährchen 2 blütig, in der Mitte zwischen beiden das Stielchen einer 3. verkümmerten (zuweilen sich entwickelnden) Blüte, Deckspelzen lang begrannt, Hüllspelzen schmal pfiemenförmig. Secale, Roggen.

** Ährchen kurzgestielt (Blütenstand streng genommen eine Traube, keine Ähre), Ährchen vielblütig, Hüllspelzen ungleich lang, Vorspelze am Rande kammförmig gewimpert.

Brachypódium, Zwenke.

2. Ährchen zu mehreren.

a) Ähre ohne Gipfelährchen, Ährchen zu 3, 1 blütig,

mittleres stets zwitterig, lang begrannt, die 2 seitenständigen entweder zwitterig oder männlich oder geschlechtslos, begrannt oder grannenlos Hördeum, Gerste.



Fig. 61. Roggenähre im Aufblühen begriffen. Beginn in der Mitte, nach oben und unten vorschreitend. (Original.)

- β) Ähre mit Gipfelährchen, Ährchen zu 2 bis mehreren, 2- bis vielblütig, alle zwittrig *Élymus*, Haargras.
 NB. *Phleum pratense*, Timotheegras, *Alopecurus*, Fuchsschwanz, *Anthoxanthum*, Ruchgras, die scheinbar Ähren tragen, siehe unter III.



Fig. 62. *Lolium multiflorum* (*italicum*), italienisches Raigras. Ährchen mit der *schmalen* Seite der Ährenspindel zugekehrt.

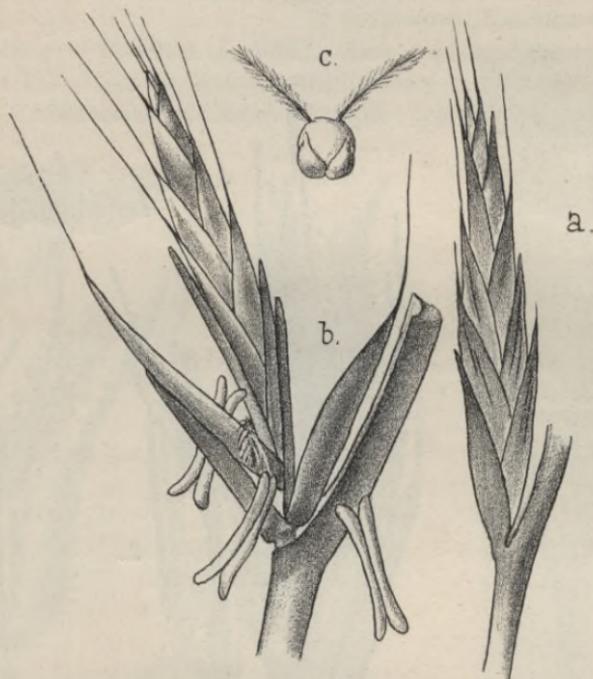


Fig. 63. *Lolium multiflorum* (*italicum*). *a* Ährchen vor der Blüte; *b* Ährchen in Blüte, die erste Blüte ist schon verblüht, die zweite in voller Blüte; *c* Fruchtknoten mit den zwei Schüppchen davor.
 (Fig. 62 und 63 Originale.)

II. Fingerährengräser.

Ährchen in einseitigen, fingerartig gestellten Ähren. 1 blütig. Narben sprengwedelförmig.

- a) Ährchen von der Seite zusammengedrückt *Cynodon*.
 b) Ährchen vom Rücken zusammengedrückt, zu 2 nebeneinander.

Ährenspindel fast zylindrisch, behaart, gegliedert, Hüllspelzen 3.

Andropogon.

Ährenspindel flach, ungegliedert, Hüllspelzen 3, die unterste sehr klein oder verkümmert. *Digitaria* (eine Untergattung von *Panicum*, s. S. 320).

III. Rispenährengräser (d. h. mit Scheinähren). Siehe auch I.

- a) Zweige der ährenförmigen Rispe zum Teil ohne Ährchen, als rauhe Borsten hervorragend, Hüllspelzen 3, die unterste die kleinste.

Setária, Borstenhirse.

b) Zweige sämtlich Ährchen tragend.

1. Hüllspelzen 4, die 2 äußeren groß, kahnförmig, die 2 inneren klein, schuppenförmig; nur angebaut . . . *Phalaris canariensis*, Kanariengras.
2. Hüllspelzen 4, die unterste halb so lang als die zweite, die 2 inneren verdeckt, bräunlich und begrannt, daher 2 Grannen. *Staubgefäße* 2. Narben fadenförmig, hervortretend . . . *Anthoxanthum*, Ruchgras.



Fig. 64. *Triticum repens*, kriechender Weizen, Quecke. Ährchen mit d. breiten Seite der Ährenspindel zugekehrt.

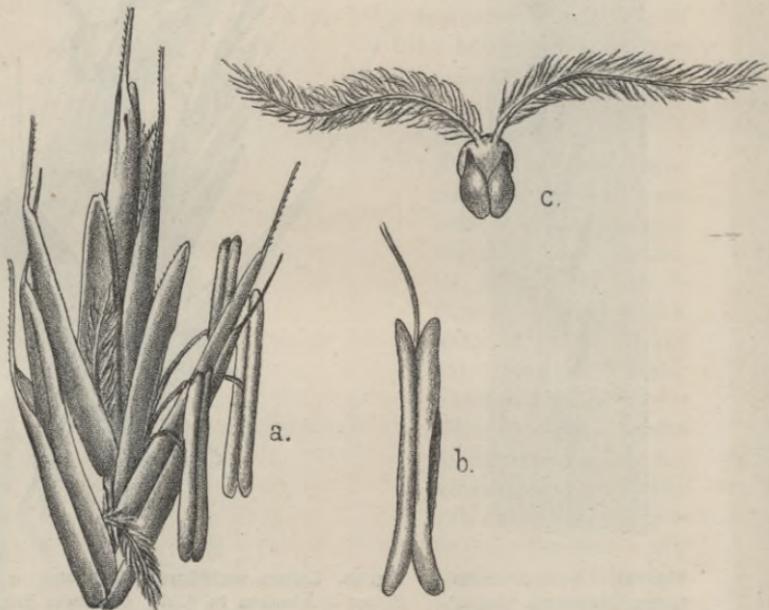


Fig. 65. *Triticum repens*. a Ährchen; b Staubbeutel; c Fruchtknoten, davor die 2 Schüppchen.

(Fig. 64 und 65 Originale.)

3. Hüllspelzen 2.

α) Ährchen 1blütig.

Ährchen groß, Hüllspelzen vom Grunde bis zur Mitte verwachsen, 1 Granne, Ähre weich anzufühlen . . . *Alopecurus*, Fuchsschwanz.

Ährchen klein, Hüllspelzen nicht verwachsen, stachelspitz, daher Ährchen stiefelknechtartig, Ähre büstenartig rau (Fig. 66).

Phleum Lieschgras.

Ährchen sehr groß, untere Hüllspelze kleiner, Blüten am Grunde mit Haaren. Dünengras . . . *Ammophila*, Sandhalm.

β) Ährchen 2- bis mehrblütig.

Ährchen allseitwendig, Deckspelze stachelspitz oder begrannt.

Koeléria, Koelerie.

Ährchen meist einseitwendig, bläulich, Narben fadenförmig.

Seslería, Seslerie.

Ährchen mehrblütig, einseitwendig, mit kammförmig gefiedertem Tragblatt Cynosúrus, Kammgras.

Ährchen mehrblütig, Hüllspelzen gewölbt, so lang wie das Ährchen, untere Spelze knorpelig, am Rande zottig gewimpert. Trockene [Hügel, Mittel- u. Süddeutschland. Mélica ciliáta, gewimpertes Perlgras.

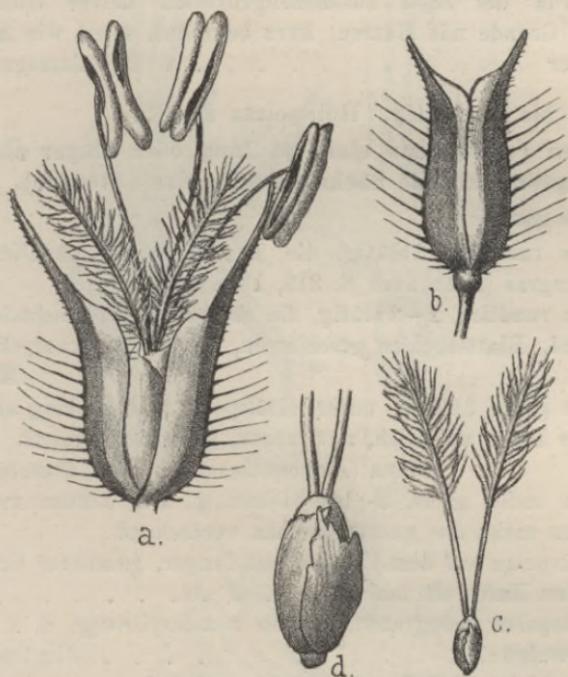


Fig. 66. *Phleum pratense*. a Ährchen; b Hüllspelzen; c Fruchtknoten mit den beiden sprengwedelförmigen Narben und den 2 zarten Blütenspelzen; d unterer Teil von c, mit den 2 zarten Blütenspelzen, stärker vergrößert. (Original.)

IV. *Rispengräser* (selten nur eine Traube).

a) Ährchen 1 blütig.

α) *Hüllspelzen 4* (Phalarideae).

1. Die 2 äußeren Hüllspelzen länger als die Blüte, die inneren sehr klein, pinselförmig, Ährchen geknäuel, oft rötlich oder violett angehaucht.

Phálaris arundinácea, rohrartiges Glanzgras.

2. Die 2 inneren Hüllspelzen braun, mit je 3 Staubgefäßen in ihrer Achsel, also eigentlich männliche Blüten. Die fruchtbare Zwitterblüte mit 2 Staubgefäßen. Zittergras ähnlich *Hieróchloa*, Mariengras.

β) Hüllspelzen 3 (Paniceae).

3. Unterste Hüllspelze die kleinste Pánicum, Hirse.

γ) Hüllspelzen 2 (Agrosteae).

4. Ährchen eiförmig, im Querschnitt rund, hirseähnlich. Rispe grofs, sehr locker, Blätter sehr breit und schlaff. Hohes Waldgras.

Milium, Flattergras.

5. Ährchen von der Seite zusammengedrückt, sehr klein, untere Hüllspelze gröfser, Granne meist fehlend oder sehr kurz . . . Agróstis, Straufsgras.

6. Ährchen von der Seite zusammengedrückt, klein, untere Hüllspelze kleiner, Granne lang, sonst wie *Agrostis* Apéra, Windhalm.

7. Ährchen von der Seite zusammengedrückt, untere Hüllspelze gröfser, Blüten am Grunde mit Haaren, kurz begrannt, sonst wie *Agrostis*. Hohe, harte Gräser Calamagróstis, Landrohr.

b) Ährchen 2- bis vielblütig. Hüllspelzen stets 2.**1. Hüllspelzen (wenigstens eine) so lang oder länger als das Ährchen oder wenigstens als die nächste Deckspelze (Aveneae).***α) Ährchen gewölbt.*

Ährchen rundlich, 3blütig, die 2 unteren Bl männlich. Hieróchloa, Mariengras (siehe auch S. 319, IV a 2).

Ährchen rundlich, 2—3blütig, die oberste Bl geschlechtslos, einen Knopf bildend, Blattscheiden geschlossen, Deckspelze knorpelig. Im Walde.

Mélica, Perlgras.

Ährchen grofs, 2blütig, untere Hüllspelze halb so lang als die obere, die untere Blüte männlich, mit langer, geknieter Granne.

Avena (*Arrhenátherum*) *elatior*, französisches Raigras.

Ährchen meist grofs, 2- bis vielblütig, alle Blüten zwittrig. Hüllspelzen meist das ganze Ährchen verdeckend.

† Deckspelze auf dem Rücken mit langer, geknieter Granne (beim gebauten Hafer oft fehlend) Avéna, Hafer.

†† Deckspelze unbegrannt, Rispen traubenförmig, d. h. Äste fast unverzweigt Sieglingia, Sieglingie.

Ährchen klein, 2blütig, alle Blüten zwittrig.

† Deckspelze nahe dem Grunde mit kurzer, fast gerader oder langer geknieter Granne, Rispe locker, Ährchen z. T. sehr klein. Aira, Schmele.

†† Granne grundständig, oberwärts keulenförmig. Ährchen sehr klein. Weingaertnéria, Silbergras.

β) Ährchen zusammengedrückt gekielt.

Ährchen eiförmig, platt, 2blütig, die obere Bl männlich, kurz begrannt, Granne kurz, hakenförmig oder gekniet. Holcus, Honiggras.

2. Hüllspelzen kürzer als die nächsten Deckspelzen (Festuceae).

α) Alle Blüten, aufser der untersten, von langen, seidenartigen Haaren umhüllt. Phragmites, Schilfrohr.

β) Blüten ohne solche Haare.

αα) Ährchen herzförmig, herabhängend Briza, Zittergras.

ββ) Ährchen von gewöhnlicher Form, länglich oder lanzettlich.

† Deckspelzen auf dem Rücken *zusammengedrückt gekielt*. (Die Spelzen können nicht auf dem Rücken liegen.)

Ährchen geknäuelte, Deckspelze mit Grannenspitze, *Blattscheiden halb geschlossen, platt* Dáctylis, Knaulgras.

Ährchen einzeln an der vielästigen Rispe, unbegrannt, Blattscheiden z. T. anfangs geschlossen, meist rund. *Poa, Rispengras.*

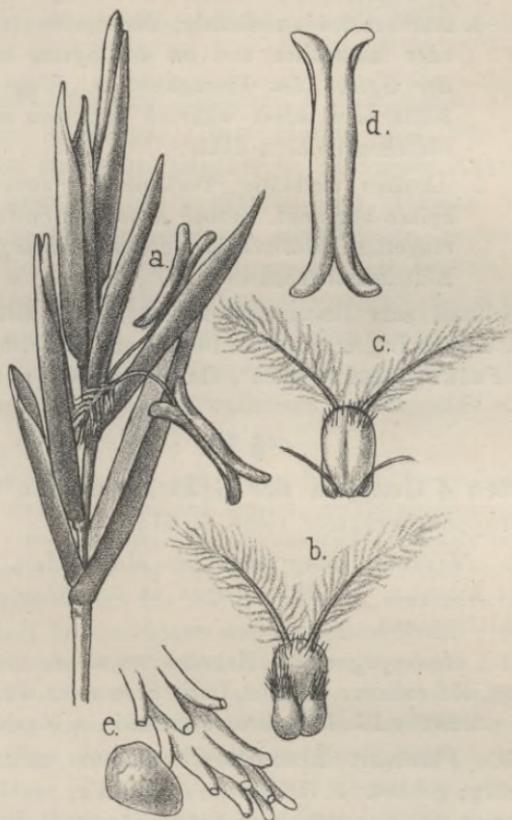


Fig. 67. *Bromus inermis*. a Ährchen, eins der 3 Staubgefäße schon abgefallen; b Fruchtknoten mit den 2 Schüppchen; c derselbe von hinten, die Staubfäden abgeschnitten; d Staubbeutel; e Pollenkorn auf den Haaren der Narbe. (Original.)

†† Deckspelzen auf dem Rücken *gewölbt*. (Können auf dem Rücken liegen)

††α) Halm scheinbar ohne Knoten, Blatthäutchen in eine Reihe Haare aufgelöst, Ährchen schieferblau, Deckspelze bauchig, Narben purpurn *Molinia*, Pfeifengras.

††β) Halm deutlich mit Knoten.

1. Ährchen 4—11 blütig, Deckspelze länglich, stumpf, 5—7 nervig, grannenlos, Narben ästig gefranst, Blattscheiden geschlossen. Hohe Wassergräser *Glycéria*, Süßgras.

2. Ährchen 2—7blütig, untere Hüllspelze größer als die obere, Deckspelze 3spitzig, am Grunde mit 1 Haarbüschel. Hohes Wassergras mit sehr ästiger Rispe, Blätter am Grunde mit braunem Fleck. Ähnlich wie *Glyceria aquatica*, aber Blattscheiden offen . . . *Scolóchloa festucácea*, Schwingelschilf.
3. Ährchen 2blütig, schlaffes Wassergras.
Catabrosa aquatica, Quellgras.
4. Ährchen 2- bis vielblütig, Deckspelze stumpf und unbegrannt oder lanzettlich und *an der Spitze* begrannt, Narben *an der Spitze* des Fruchtknotens, Rispe vor und nach der Blüte oder selbst während derselben meist einseitwendig. Blütenstielchen dünn *Festúca*, Schwingel.
5. Ährchen vielblütig, Deckspelze grannenlos oder *unter* der Spitze begrannt, Narben *unter* der Spitze des Fruchtknotens eingefügt, *Blattscheiden bis zur Hälfte geschlossen* (Fig. 67). Blütenstielchen dick *Bromus*, Trespe.

Einen Schlüssel zum Bestimmen der häufigeren Gräser im blütenlosen Zustande gibt C. Weber in „Arbeiten der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft“ Heft 61, ferner Falke, „Dauerweiden“, Hannover 1907, mit Abb.

§ 55.

Die ersten 4 Gruppen der Gräser umfassen meist ausländische Arten. Die Gruppencharaktere siehe S. 314.

Gruppe 1. *Maydeae*, Maisgräser. *Zea* Mays, Mais, türkischer Weizen, stammt aber aus Amerika. ♂ Bl in Rispen an der Spitze des Stengels, ♀ in Kolben in den Blattachseln.

Gruppe 2. *Andropogoneae*, Mohrenhirsegräser. *Andropogon* *Sorghum* (*Sorghum vulgare*), Mohrenhirse, Durrha, Dari, Broomcorn, Besenkorn, aus Afrika, jetzt überall in wärmeren Ländern, besonders auch in Nordamerika gebaut.

Gruppe 3. *Panicaceae*, Hirsegräser. *Panicum miliáceum*, Rispenhirse. Rispe weitschweifig; gebaut. *P. (Digitaria) sanguinale*, rauhaarig, und *P. (Dig.) lineare*, kahl, beide mit fingerförmigen Blütenständen,¹⁾ *P. crus galli*, Hühnerhirse (mit einseitwendiger Rispe), alle 3 Unkräuter, ebenso wie *P. viride* (*Setaria viridis*), *P. glaucum* (*S. glauca*), diese beide mit borstigen Scheinähren. Als Kolbenhirse wird *P. italicum* gebaut, die wohl nur eine Kulturform von *P. viride* ist. Hierher gehört auch *Pennisétum typhoídeum*, Negerhirse, Afrika, Kolben einem Rohrkolben ähnlich, sowie *Paspálum dilatátum*, Südamerika, Futtergras in den Tropen, sehr wichtig für Australien.

Gruppe 4. *Oryzeae*, Reisgräser. *Oryza sativa*, Reis, trop. Asien. *Oryza clandestina* (*Leersia oryzóides*), am Wasser vorkommend, bei uns selten, die Rispen entwickeln sich nur in warmen Sommern.

¹⁾ *P. lineare*, Blätter und Halm niederliegend, Ähren meist zu 3; ☉, Juli—Herbst. Besiedelt nackte Sandflächen und bereitet die Pflanzendecke vor.

Die wichtigsten Gattungen und Arten aus den Gruppen 5—10.

§ 56.

Gruppe 5. **Phalarideae.** Ährchen gestielt, 1 blütig, mit vier Hüllspelzen, die 2 inneren sehr klein. Rispen oder Scheinähren.

(Gattung) 1. *Phalaris*,¹⁾ Glanzgras. Rispe lappig oder, bei *P. canariensis*, ährenförmig, die 2 äusseren Hüllspelzen die Blüte verdeckend, die 2 inneren klein, pinsel- oder schuppenförmig, Deckspelze grannenlos, glänzend.

(Art) 1. *P. arundinacea* (Baldingéra arundinacea, Digraphis arundinacea), rohrartiges Glanzgras, Havel-Mielitz (Fig. 68). — Zahlreiche unterirdische, bis 30 cm lange, purpurrote, glänzende Ausläufer treibend, rohrartig, Blätter breit, schmal zugespitzt, mit glänzend weissem Mittelnerv, trocken schilfartig rauschend, die Blattscheide, gegen das Licht gesehen, mit vielen Queradern, die Blattspreite mit 40—60 feinen weissen Längsstreifen, Blattgrund flach, Blatthäutchen lang, bis 6 mm, abgestutzt oder spitz, meist zerschlitzt, Halm hoch, Rispe gelappt, oft rötlich oder violett angelaufen, die beiden inneren Hüllspelzen (eigentlich verkümmerte Blütchen) auf kleine Haarbüschel reduziert. Deckspelze silbergrau, pergamentartig. ♀. Juni, Juli. 1—2¹/₂ m.

Standort: An Flufsufern und stehenden Gewässern, besonders in der Ebene, neuerdings aber auch viel auf besandeten Moorwiesen angebaut, ebenso hoch in den Alpen, wo es vorteilhaft gedeiht und der Kälte völlig widersteht. — *Bewässerung* verträgt es sehr gut, auch stauende Nässe, und gedeiht selbst oft auf trocknerem Boden. An der Havel und allen norddeutschen Flüssen sehr verbreitet und ähnlich hochgeschätzt wie das echte Mielitzgras (S. 344), von dem es sich durch runden Halm, offene Blattscheide, langes Blatthäutchen und die gelappte Rispe, die öfter bei ihrem violetten Anhauch dem Honiggras ähnlich sieht, aber gröfser ist, unterscheidet. *Wert:* Vor der Blüte gemäht ein gutes, wenn auch grobes Gras, von norddeutschen Heuhändlern sehr hochgehalten; später hart.

Entwickelt sich früh, gibt guten Nachwuchs und kann oft 3mal geschnitten werden. Auf Moorwiesen breitet es sich oft in bedenklicher Weise aus und bildet grofse blaugrüne Inseln. Die jungen Triebe sehen denen des Timotheegrases, *Phleum pratense*, sehr ähnlich. *Unterscheidung:* Die Längsnerven der Blattscheiden sind durch *zahlreiche* und *deutliche Queradern* verbunden, während sich bei *Phleum* nur wenige und minder deutliche finden.

Eine Abart, *var. picta*, mit weifs gestreiften Blättern, ist das Bandgras der Gärten.

¹⁾ Gewöhnlich leitet man es ab von *φάλος*, *φαλερός* glänzend. Nach Ascherson und Graebner, Flora des nordostdeutschen Flachlandes S. 77, ist *φάλαρις* bei Dioskorides der Name eines Grases, das eine gewisse Ähnlichkeit mit einem Helmschmuck (*φάλαρα*) hat.

2. *P. canariensis*, Kanariengras, Spitzsamen, mit hellgrünen matten Blättern, hat keine Rispen, sondern ovale Ähren, eigentlich Scheinähren. Die 2 unteren Hüllspelzen sehr groß, auf dem Rücken mit ganzrandigem, bis zur Spitze reichendem *Flügel*, kahnförmig, obere lanzettlich, weißlich, letztere sitzen oft noch der gelben Scheinfrucht, dem Spitzsamen, an. Auf dem Acker gebaut, mitunter verwildert. Stammt aus Südeuropa. ○.

2. *Anthoxanthum* (*ἀνθος* Blüte, *ξανθός* gelb, wird früh gelb), Ruchgras. Rispe ährenförmig (Scheinähre), Ährchen 1 blütig. Hüllspelzen 4, die unterste *halb* so lang als die 2., die 3. und 4. kurz, verborgen,



Fig. 68. *Phalaris arundinacea*.

a Ährchen; *b* die 2 äußeren Hüllspelzen; *c* Blüte mit den 2 pinselförmigen inneren Hüllspelzen an der Basis; *d* Fruchtknoten; *e* Frucht.



Fig. 69. *Anthoxanthum odoratum*, echtes Ruchgras.

a blühendes Ährchen, bei *b* ausgebreitet; *c* innere (3. u. 4.) Hüllspelzen; *d* Staubgefäße und Fruchtknoten.

braun, behaart und (was bei Hüllspelzen selten der Fall) auf dem Rücken *begrannt* (verkümmerte Blüten). Staubgefäße nur 2. Narben fadenförmig. Blätter nach Waldmeister und etwas bitter schmeckend, getrocknet nach Cumarin riechend.

1. *A. odoratum*, gemeines, echtes Ruchgras (Fig. 69). Triebe teils intra-, teils extravaginal, einen niedrigen Horst bildend. Stengel aufrecht, Knoten kurz, grün. Blattscheiden stark gerippt, meist mit abstehenden Haaren. Blätter gewimpert, oft oberseits behaart, oberstes bewimpertes Blatthäutchen lang, spitz. Halm aufrecht oder gekniet, wenig beblättert. Scheinähren länglich, dicht, spitz, bald gelb werdend. Innere (also 3. und

4.) Hüllspelzen (verkümmerte Blüten) (Fig. 69 c) zur Reifezeit *dunkelbraun*, lang und stark behaart, *kaum länger* als die zwischen ihnen sitzende *fruchtbare Blüte* (das Korn), die 3. Hüllspelze mit einer kurzen, geraden, die 2. Hüllspelze nicht überragenden, die 4. mit einer langen, geknieten Granne, die länger als die 2. Hüllspelze. — Protogynisch! (S. 308.)

4. Wälder, Wiesen, auf trockenem wie nassem Boden. *Sehr früh*, Mai, Juni, 30—50 cm. Nach Bewässerung wächst es üppig. Wert nur mittelmäßig, in *kleinen* Mengen wegen des angenehmen Cumarin-Geruchs, der an Waldmeister erinnert, als Würze des Heues erwünscht; der eigentliche Heugeruch stammt aber nicht vom Ruchgras her, sondern entsteht durch die Gärung (Fermentation), welche alle Gräser usw. während des Trocknungsprozesses durchmachen (Heubazillus). Cumarin-Geruch des Heues verrät immer die Gegenwart von *Anthoxanthum odoratum* oder von *Hierochloa odorata*. — Der Ertrag ist gering.

2. *A. aristatum* oder *A. Puelii*, begranntes oder Puels Ruchgras. (Nach Timothée Puel, Mitte des 19. Jahrhunderts Arzt in Paris, beschäftigte sich mit der Flora Frankreichs und Syriens.) Wie voriges, aber niedriger, Stengel gekniet, Knoten lang, dick, winkelig, oft rot, Scheinähre *ziemlich locker* und *kürzer*, die 2 unteren Hüllspelzen mit *deutlicher Stachelspitze*, die 2 oberen zur Reifezeit etwas heller braun, noch etwas stärker behaart und *doppelt so lang als die fruchtbare Blüte* (das Korn); ihre Grannen die 2 unteren Hüllspelzen meist weit überragend.

Einjährig. Juni, Juli. Mittelmeergebiet, auf sandigen Äckern im nordwestlichen Deutschland, namentlich im Hannoverschen seit längerer Zeit eingeschleppt und jetzt sich weiter verbreitend. Im Nordwesten viel als Unkraut unter Roggen. *Fast wertlos*. Wird leider vielfach angeboten unter dem unschuldigen Namen „*Anthoxanthum odoratum (Puelii)*“ und sollte dann stets *zurückgewiesen* werden. Dient auch zur Verfälschung des echten Ruchgrases. Die Unterscheidung ist schwierig, meist ist der sog. Samen etwas heller braun als der vom echten und etwas kürzer. Leider ist echtes Ruchgras fast gar nicht mehr zu haben; in Norddeutschland ist fast alles *A. aristatum*, das im Lüneburgischen aus dem Roggen ausgesiebt wird und über Hamburg in den Handel kommt. Der Samen von *A. Puelii* läßt sich am leichtesten daran erkennen, daß der untere Teil der *geknieten* Granne $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ mal so lang ist als ihre Spelze und am freien Teil oberhalb des Knies bräunlich-weiß, an der Spitze fast rein-weiß ist. Bei *A. odoratum* ist der untere Teil kaum länger als die Spelze, höchstens $1\frac{1}{4}$ mal, und der freie Teil ist *bräunlich* bis zur Spitze. Die *gerade* Granne der anderen Hüllspelze ist bei *A. Puelii* fast doppelt so lang als die letztere und heller bräunlich, bei *A. odoratum* kaum $1\frac{1}{2}$ mal so lang und dunkler braun.

3. *Hierochloa* (*ἱερός* heilig, *γλόη* oder *γλόα* junges Gras), Marien-gras. Rispe locker, glänzend. Die beiden inneren (bei *Anthoxanthum* unfruchtbaren, begrannten) Hüllspelzen sind hier zu 2 wirklichen ♂ Blüten mit je 1 Deck- und Vorspelze und mit 3 Staubgefäßen entwickelt (Fig. 70 c); die Zwitterblüte hat nur 2 Staubgefäße, wie *Anthoxanthum*, und steht

zwischen den beiden männlichen. Spelzen zur Fruchtzeit erhärtend. Cumarinhaltig. Im Aussehen ähnlich wie Zittergras, aber Ährchen braun.

1. *H. odorata*, wohlriechendes Mariengras, Darrgras. Wurzelstock bis 30 cm lang, kriechend. Ährchenstiele kahl, ♂ Blüten mit sehr kurzer, gerader Granne. ♀. Auf Wiesen. — 2. *H. australis*. ♀. In Laubwäldern. Beide meist selten.

§ 57.

Gruppe 6. **Agrosteae.** Ährchen gestielt, in Rispen oder in Scheinähren, 1 blütig mit zwei Hüllspelzen.



Fig. 70. *Hierochloa australis*. *a* Rispenästchen; *b* Ährchen; *c* eine der beiden männlichen Blüten; *d* die Zwitterblüte von der Seite; *e* dieselbe von innen.



Fig. 71. *Alopecurus pratensis*. *a* Hüllspelzen, auseinander genommen; *b* und *c* Ährchen; *d* Deckspelze; *e* Blüte.

1. *Alopecurus* (ἀλώπηξ Fuchs, οὐρά Schwanz), Fuchsschwanz. Rispe ährenförmig, eine Scheinähre oder Rispenähre bildend, Hüllspelzen groß, meist am Grunde verwachsen, Deckspelze auf dem Rücken begrannt.

1. *A. pratensis*, Wiesenfuchsschwanz (Fig. 71). Wurzelstock kurz, kriechend, Triebe extravaginal, kurze Ausläufer darstellend, aber gleich aufsteigend und im Laufe der Jahre große Horste bildend, untere Blattscheiden oft rötlich, nicht in Fasern aufgelöst (im Gegensatz zum Timothee), obere länger als die Blätter, oberste etwas aufgeblasen. Untere Blatthäutchen kurz, dicklich, obere so lang wie breit, abgestutzt. Halm glatt, mit starken Knoten, unten oft gekniet, dann aufrecht. Blätter grasgrün, mäsig breit, etwas rau, mit ca. 7 flachen Hauptnerven (im

ganzen 20—30), lineal, allmählich zugespitzt. Scheinähre (ährenförmige Rispe) lang, die kurzen Äste mit 4—10 Ährchen. Ährchen groß, eiförmig, 5 mm lang, mit 2 großen, die Blüte verdeckenden Hüllspelzen. Hüllspelzen breit, lanzettlich, nur bis *unterhalb der Mitte verwachsen*, weiß, mit grünen Nerven, an der Spitze gerade oder zusammengeneigt, am Kiele *lang gewimpert*, daher die ganze Ähre, im Gegensatz zu der ähnlichen des Timotheegrases, weich anzufühlen.

Blüte nur mit 1 Deckblatt, der unteren Spelze, versehen, das Vorblatt fehlt. Deckblatt oberhalb der Basis mit hervortretender Granne, die doppelt so lang als die Hüllspelzen ist und deshalb hervortritt. Narben 2, lang, fadenförmig, weit hervortretend, vor den Staubgefäßen entwickelt (protogyn), Staubbeutel gelb, dann rotbraun.

4. Fruchtbare Wiesen, Mai und Juni, 60—100 cm. Wohl das *vorzüglichste* aller Gräser, *sehr früh*, sehr ertragreich und der strengsten Kälte, wie auch den Spätfrösten widerstehend. Treibt schon im April lange, kräftige Wurzelblätter und blüht Mitte Mai. Bestockt sich nach dem 1. Schnitt wieder sehr schnell, wenn auch nicht immer stark, und könnte auf gutem Boden, wenn es allein stände, 3mal geschnitten werden. Dauert viele Jahre aus, gibt aber im 2. und 3. Jahre die höchsten Erträge. — Liebt nur den besten, feuchten Wiesenboden und gedeiht angesät auch in den Alpen sehr gut, während das Timotheegras dort oft erfriert. Stauende Nässe verträgt es nicht, für Bewässerungswiesen ist es aber vorzüglich geeignet. Same früher wenig keimfähig, in neuerer Zeit, wo viel Saat aus Finnland kommt, aber öfter zu 70—80 %.

Var. nigricans. Ausläufer länger, Scheinähren dicker, schwärzlich. Nicht selten.

2. *A. arundinaceus*, rohrartiger Fuchsschwanz. 4. 60—130 cm hoch, graugrün. Wurzelstock lang, kriechend. Hüllspelzen oberwärts auseinander-tretend. Pommern, Salzwiesen an der Ostsee.

3. *A. geniculatus*, geknieter Fuchsschwanz. ☉. Halm am Grunde niederliegend, knickig aufsteigend, etwas graugrün, Scheinähre (Rispe) dünner und kürzer als bei *A. pratensis*, Rispenäste 1—2 Ährchen tragend, Ährchen nur 3 mm lang, verkehrt-eiförmig, Hüllspelzen *nur am Grunde verwachsen*, ihre Spitzen auseinander-tretend, kurzhaarig, Granne unter der Mitte des Deckblattes, lang hervortretend, Staubbeutel hellgelb, verblüht hellbrann. Sehr nasse Wiesen. Geschätztes Untergras für Weiden und Wiesen, Same nicht im Handel.

4. *A. fulvus*, rotgelber Fuchsschwanz. ☉. Wie voriger, graugrün. Granne in der Mitte, kaum vorragend. Staubbeutel verblüht rotgelb. Wohl nur Abart des vorigen.

5. *A. agræstis*, Acker-Fuchsschwanz. ☉. Blatthäutchen ziemlich lang, 2—3 mm, stumpf, gezähnt. Scheinähre schmal, an beiden Enden verdünnt. Ährchen zu 1—2, verkehrt-eiförmig, *oberhalb der Mitte* am breitesten, Hüllspelzen bis zur Mitte verwachsen, nur kurz gewimpert, an der Basis mit einem Haarbüschel. Granne doppelt so lang als das Ährchen. ☉. Auf Äckern, besonders in Süd- und Westdeutschland ein lästiges Unkraut. — Dient mitunter

zur Verfälschung der Wiesenfuchsschwanzsaat. Leicht an den fast kahlen, härteren, mehr keilförmigen, nicht ovalen Ährchen im Samen zu unterscheiden. Die Hauptverunreinigung des Samens von *Alopecurus pratensis* ist aber *Holcus lanatus*, siehe S. 338. Näheres über den Ackerfuchsschwanz siehe Fruwirth in Arbeiten d. D. L.-G. Heft 136. Berlin 1908. Vertilgung durch Hackfrucht- bau, Gründüngungspflanzen, mehrjährigen Klee grasbau.

2. *Phleum* (phleos bei Aristophanes Name einer Sumpfpflanze), Lieschgras. Rispe ährenförmig, Hüllspelzen getrennt, aber dicht zusammenstehend, klein, stachelspitz begrannt, etwa einen Stiefelknecht bildend; Deckspelze stumpf, unbegrannt, wie die Vorspelze zart.

1. *Phleum pratense*, Wiesen-Lieschgras, Timotheegras (Fig. 66 auf S. 319 und Fig. 72). Triebe intravaginal, einen ziemlich dichten Horst bildend. Blattscheiden lang, eng anliegend, die alten unteren sich oft in Fasern auflösend (im Gegensatz zum Fuchsschwanz). Blatthäutchen der unteren Blätter kurz, abgestutzt, der oberen oft länger, spitz und gezackt, sich oft an der Scheide gehört hinabziehend. Scheiden frühzeitig der ganzen Länge nach offen. Blattspreite gelbgrün, mitunter auch dunkelgrün, lang zugespitzt, rückwärts rau, gegen das Licht gesehen mit ca. 7 weißlichen Hauptnerven, im ganzen ca. 15—25 flache Nerven. Halm aufrecht, Knoten kurz, länglich, wenig verdickt, oft gebräunt, Scheinähre zylindrisch, ziemlich stumpf, Ästchen ganz kurz, angedrückt, 2—3 Ährchen tragend. Ährchen *klein*, 1blütig, die Blüte von den 2 bis unten getrennten Hüllspelzen ganz verdeckt, Hüllspelzen länglich, quer abgestutzt, in eine stachelspitzige Granne von $\frac{1}{3}$ der Länge der Hüllspelzen auslaufend, am Kiel steif gewimpert. Deck- und Vorspelze sehr zart. Staubbeutel purpurn, später gelbbraun. *Same des Handels*: die nackte, kleine, gelblich-braune Frucht, meist noch mit den zarten, silbergrauen Deck- und Vorspelzen bedeckt.

Spät. Ende Juni, Juli, 0,50—1 m. Eines der *wichtigsten*, große Massen liefernden Gräser, oft auch auf dem Acker rein oder im Gemenge mit Klee als „Klee gras“ gebaut. Muß spät geschnitten werden, aber noch ehe der Halm hart wird; gibt oft erst im 2. Schnitt den höchsten Ertrag, weil es im ersten noch weit zurück ist, so auf Moordammwiesen. Nachwuchs nicht bedeutend. — Die volle Entwicklung erreicht es erst im 2. Jahre und nimmt nach einigen Jahren sehr ab, dauert überhaupt nach Weber auf den meisten Wiesen Norddeutschlands nur 4—6 Jahre aus; bei uns winterhart, in den Alpen aber öfter erfrierend. Auf allen besseren, frischen, humosen Bodenarten. An trockenen Orten verdickt sich der Halm am Grunde zwiebelartig (var. *nodosum*). Für Bewässerung sehr empfänglich, auch für Moordammkulturen ausgezeichnet. Vom *Fuchsschwanz*, der übrigens viel früher blüht, durch die rau anzufühlenden Scheinähren und die viel kleineren, einem *Stiefelknecht ähnlichen Ährchen* leicht zu unterscheiden. Unterschied von *Phalaris arundinacea* siehe S. 323. Auch sind nach Weber die Blattscheiden der jungen Triebe ganz offen.

2. *Phleum Boehmeri*, Boehmers Lieschgras (Fig. 73). Graugrün. Laubtriebe kurz. Blatthäutchen kurz, gestutzt. Scheinähre schmal, zylindrisch, meist oben oder auch unten verschmälert; zeigt beim *Biegen* die lappigen Äste und beweist dadurch, daß *Phleum* keine Ähren, sondern ährenförmige Rispen besitzt. Hüllspelzen lanzettlich, plötzlich in die kurze Granne zugespitzt. ♀. Sonnige Hügel, Grasraie, zerstreut, fehlt im Nordwesten und in Schleswig-Holstein.

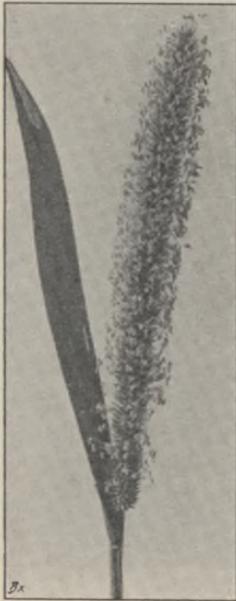


Fig. 72. *Phleum pratense*, Lieschgras (blühende Scheinähre).
(Fig. 72 und 73 Originale.)

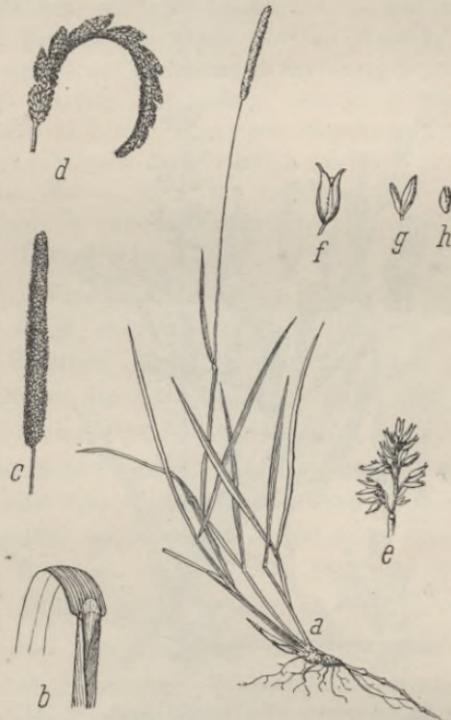


Fig. 73. *Phleum Boehmeri*. *a* ganze Pflanze, verkl.; *b* Blatthäutchen; *c* Scheinähre; *d* dieselbe gebogen, um die Äste zu zeigen; *f* Hüllspelzen; *g* Deck- und Vorspelze; *h* Frucht, von den Spelzen umgeben.

3. *Agróstis* (Name eines Futtergrases bei Homer), Straußgras. Ährchen 1 blütig, ohne Ansatz einer 2. Blüte; untere Hüllspelze kleiner, Blüten *klein*, meist unbegrannt. Längsrippen der Blattspreite nach Weber im Querschnitt oben abgerundet (im Gegensatz zu *Alopecurus geniculatus*). Ährchen *sehr klein*.

1. *A. alba* (*A. stolonifera*, Fig. 74 und 75), weißliches Straußgras, Fioringras. *Ausläufer* meist *zahlreich*, *sehr lang*, teils unter, teils auf der Erde, an den Knoten sich bewurzelnd und dort zahlreiche reichbeblätterte Triebe entwickelnd, so daß zuletzt ein dichter Filz entsteht.

Halm aufsteigend, *Blatthäutchen lang*, Blattspreite lang, rückwärts rau, Rispe *vor* und *nach* der Blüte *zusammengezogen*, während der Blüte mit spitzwinklig ausgebreiteten rauen Ästen; weißlich oder rötlichviolett. Deckspelze doppelt so lang als die Vorspelze, klein, unbegrannt. ♀. Spät. Ende Juni, Juli, im Gebirge oft August, Höhe 30—60 cm. Hauptertrag im 2. Schnitt, wegen der massenhaft sich nach dem 1. Schnitt entwickelnden Blätter.



Fig. 74. *Agrostis alba* (stolonifera). *a* das lange Blatthäutchen; *b* Ährchen; *c* Blüte; *d* Ährchen geschlossen; *e* Frucht, von Spelzen umgeben.



Fig. 75.
Agrostis alba, blühend.
Fioringras. (Original.)

Liebt feuchten, lockeren Boden, erträgt die größte Kälte und kommt daher von der Meeresküste bis hoch in den Alpen vor. Zur Bewässerung sehr geeignet. Bildet nach Weber an der Seeküste und in den Seemarschen, sowie an den Flusnniederungen des norddeutschen Flachlandes ausgedehnte Bestände.

Nach Ahlfvengren in Westpreußen in allen Moorformationen, welche wenigstens zeitweise über dem Wasser stehen; auf frischem Grünlandsmoor und Torfwiesen eine deckende Matte bildend. (Schriften d. Naturforsch.-Gesellsch. in Danzig, N. F. XI, Danzig 1903/04.)

In England auf hochwertigen alten Weiden nach Armstrong im Durchschnitt des Jahres bis 10% des Bestandes einnehmend, engl. Raigras bis 36, Weisklee bis 38% (Mitt. d. D. L.-G. 1908, Stück 15, S. 125).

2. *A. vulgaris*, gemeines Straufsgras. Ausläufer fehlend oder kurz. Halm aufsteigend. *Blatthäutchen sehr kurz*, abgestutzt. Blattspreite tief gerillt, kurz, dunkelgrün, unterseits meist glänzend, Mittelnerv undeutlich, jederseits 7—9 starke Nerven. Rispe vor der Blüte zusammengezogen, während der Blüte eiförmig, *auch nach der Blüte ausgebreitet* oder doch nicht ganz zusammengezogen, *rotbraun*. Äste haarfein, untere bis zu 7 im Quirl. Klappen (Hüllspelzen) beinahe gleich lang.

♀. Sehr spät. Ende Juni bis Juli, oft erst im August. — Auf allen Bodenarten und in allen Lagen, bis hoch in den Alpen. Oft an Waldrändern auf kiesigem oder sandigem Boden, überall auf der Geest in Schleswig-Holstein. *Wert: Untergras*. Rasen dicht, fein. Ertrag nur mäfsig, aber im 2. Schnitt besser. für Gebirgswiesen wichtig, bildet in der Schweiz einen besonderen Typus, den Straufsgrastypus, der die gedüngten Wiesen der Bergtäler von 800—1700 m (oberhalb des Arrhenatherumtypus) umfaßt. — Mehr für leichteren Boden als *Agr. alba*. Nach Armstrong in England auf minderwertigen alten Weiden, mit *A. alba* zusammen bis 52 % des Bestandes im August.

3. *A. (Apéra) spica venti*, Windhalm. Lästiges Unkraut unter Getreide mit langen Grannen. — 4. *A. canina*, Hunde Straufsgras. Auf Moorboden, mit borstenförmigen Blättern, violetten Ährchen und ganz kurzen Grannen. Blätter bei beiden in der Knospelage gefaltet (bei den beiden vorhergehenden gerollt). Grundblätter borstenförmig.

4. *Calamagróstis (záλαμος)* Schilf, Rohr, agrostis siehe S. 329), Landrohr. Ährchen 1blütig, mit oder ohne behaartes Stielchen als Ansatz einer zweiten Blüte, untere Hüllspelze gröfser, Blütenspelze am Grunde mit *Haaren*, was besonders zur Reifezeit sichtbar. Granne sehr kurz. Grofse, rohrartige, grobe Gräser, Blüten etwas gröfser als bei Agrostis.

A. Ansatz zur 2. Blüte fehlend (nur unter der Lupe zu sehen).

1. *C. lanceolata*, lanzettliches Landrohr. Wurzelstock kriechend, Stengel und Scheiden unten glatt, oberwärts etwas rauh, Blatthäutchen lang, Rispe länglich, schlaff, zur Blütezeit abstehend, violett, Hüllspelzen lanzettlich, *Haare länger als die Spelzen*, Granne *endständig*, gerade, aus einer *sehr kurzen* Ausrandung wenig hervortretend. ♀. Moorige Wiesen, Birken- und Erlenmoore. Juli, August. 0,60—1,25 m. Schlechtes Futtergras.

2. *C. epigeios*, Landrohr, Hügelrohr. Wurzelstock kriechend. Pflanze graugrün, Stengel und Scheiden besonders oberwärts rauh, Blätter breit, Blatthäutchen lang. Rispe steif aufrecht, auch *während der Blüte geknäult-lappig*, oft sehr lang, über Winter vertrocknet stehen bleibend, Hüllspelzen lanzettlich, pfriemlich, *Haare länger als die Spelzen*. Granne *unter* oder *aus der Mitte des Rückens* hervortretend, gerade. ♀. Sonnige Hügel, sandige Ufer. Juli, August. 1—1,5 m. Befestigt den Sand. Als Futter wertlos.

B. Ährchenachse über die Blüte verlängert, d. h. stielartiger Ansatz zur zweiten Blüte vorhanden, oberwärts pinselförmig behaart.

3. *C. neglecta* (*C. stricta*), vernachlässigtes Landrohr. Stengel unter der Rispe rau. Scheiden glatt. B unterseits grasgrün, glänzend. Rispe schmal, steif, vor und nach der Blüte sehr dicht, zur Blütezeit abstehend. *Haare kürzer* oder fast so lang als die *Spelzen*, Granne *unterhalb* der Mitte des Rückens entspringend, gerade.

4. Feuchte, moorige Wiesen, Grünlandsmoor, Laubmoor und Torfstümpfe, zerstreut, aber sehr gesellig. Juni, Juli. 0,60—1 m. — Es gibt noch mehrere Arten, die sich schwer unterscheiden lassen.

5. *Ammóphila* (ἄμμος Sand, φίλος Freund), Sandgras, Helm. Untere Hüllspelze kleiner, stielartiger Ansatz zur 2. Blüte an der Spitze pinselartig behaart. Sonst wie *Calamagrostis*, aber Ährchen viel größer.

A. arenaria (*A. arundinacea*, *Psamma arenaria*) (Fig. 76), Helm, Sandhelm, Strandhafer, Strandroggen. Wurzelstock weithin kriechend, Blätter eingerollt, weißlich-graugrün, Rispe ährenförmig, walzlich. Hüllblätter lanzettlich, spitz, Haare 3 mal kürzer als die kurzstachelspitzigen Spelzen. 4. An der Küste der Nord- und Ostsee und auf Flugsand im Binnenlande. Juli, August. 1 m. *Wichtigste Pflanze zum Befestigen der Dünen* und daher dort viel angepflanzt. „Durchdringt den Sand mit einem dichten Netz von Rhizomzweigen, das dem stärksten Wogenandrang widersteht.“ (Hackel.) Wächst oben immer



Fig. 76. *Ammophila arenaria*, Helm. a Teil der Scheinähre; b Ährchen, bei c zerlegt; d Vorspelze; e die 2 Schüppchen, Staubgefäße und Fruchtknoten.

weiter, wenn sie vom Dünenande überweht wird, und kann ein sehr hohes Alter erreichen. Wächst also gewissermaßen mit der Düne mit. Die unteren Teile sterben allmählich ab, bleiben aber auch noch lange erhalten.

§ 58.

Gruppe 7. **Avéneae.** Ährchen gestielt, meist *mehrblütig*. Hüllspelzen 2, *grofs*, ganz oder fast ganz die Blüten, wenigstens die unterste, verdeckend. Narben federig, aus dem Grunde der Blüte hervortretend.

1. *Avéna* (Name des Hafers bei Varro), Hafer. Ährchen 2- bis vielblütig, alle zwitterig. Deckspelze an der Spitze 2 spaltig oder 2 zählig,

auf dem Rücken mit einer geknieten, gedrehten Granne, die aber beim gemeinen Hafer fehlen kann. Frucht aufer bei *A. flavescens* gefurcht.

A. Ährchen, wenigstens nach der Blüte, hängend; Hüllspelzen 5- bis 11nervig. (Ackerpflanzen.)

1. *Avena sativa*, gemeiner Hafer. Rispe gleichmäsig ausgebreitet. Ährchen grofs, 1- bis 3-, meist 2 blütig. Hüllspelzen länger als die Blüten, sehr grofs, 7—11nervig; Ährchenachse nur unter der unteren Blüte behaart. Deckspelzen kahl, an der Spitze 2spaltig und gezähnel, grannenlos oder die untere mit geknieter, hervorragender Granne, weifslich, gelb oder braun, schwarz (Schwarzhafer). ☉. Juli, August. Die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft unterscheidet: a) schlaffrispigen, b) steifrispigen Rispenhafer. Weitere Einteilungsmomente: Kornfarbe und Reifezeit (Mitt. d. D. L.-G. 1908, S. 122).

2. *A. orientalis*, türkischer oder Fahnen-Hafer. Rispe einseitwendig, sonst wie voriger, von dem er nur eine Abart ist. Gebaut. ☉.

3. *A. brevis*, kurzer Hafer, Kurzhafer. Rispe oft einseitwendig. Ährchen klein, meist 2 blütig. Obere Hüllspelze 7nervig. Deckspelzen beider Blüten begrannt, länglich, bisweilen mit 2 sehr kurzen Grannenspitzen, graulich bis schwarzgrau. Achse unter der oberen Blüte stärker büschelig behaart. Auf leichtem Boden. Unter anderem Hafer, selten.

4. *A. strigosa*, Rauh- oder Sand-Hafer. Rispe oft einseitwendig, oberwärts traubenförmig. Obere Hüllspelze 7—9nervig. Deckspelzen beider Blüten begrannt, an der Spitze mit 2 deutlichen Grannenspitzen, zuletzt graulich bis schwarzgrau, selten weifs, sonst wie *sativa*. Auf geringem Boden gebaut oder unter anderem Hafer, ziemlich selten.

5. *A. nuda*, nackter Hafer. Rispe grofs. Ährchenachse verlängert, dünn. Ährchen 3—6 blütig, klein. Korn aus den Spelzen herausfallend. Selten gebaut.

6. *A. fatua*, Flug- oder Windhafer. Rispe grofs, ausgebreitet. Ährchen meist 3 blütig. Deckspelze in oder über der Mitte mit starker, geknieter Granne, braun, meist vom Grunde bis zur Mitte mit braungelben Borsten besetzt, oberste fast kahl, Gelenkfläche der Scheinfrucht schief, mit knorpeligem Rand, Ährchenachse meist rauhaarig. ☉. Unkraut unter Getreide. Vielleicht Stamm-pflanze unseres Hafers, aber die von den Spelzen umgebene Frucht leicht herausfallend. Besonders auf Lehm- und Mergelboden. Vertilgung durch Brache oder Hackfrucht, besonders Raps. Hafer, der mit Flughafers besetzt ist, sollte nur verfüttert werden.

B. Ährchen aufrecht, Hüllspelzen 1—3nervig. (Wiesenpflanzen.)

7. *A. pubescens*, weichhaariger Hafer. Horst locker, mäfsig grofs, mit zahlreichen Halmen und bogig aufsteigenden Ausläufern. Blätter flach, die unteren nebst den unteren Scheiden zottig. Rispe etwas zusammengezogen, fast traubig, kürzere Äste mit 1, längere mit 2 Ährchen, untere zu 5; Ährchen 2—3 blütig, Ährchenachse unter jeder Blüte behaart. Deckspelze nach der Spitze hin silberig, trockenhäutig. Granne braun oder hübsch purpurrot.

4. Früh, Mai, Juni. 0,30—1 m. Auf nicht zu feuchten Wiesen, am liebsten auf Mergel und humosem Lehm, auch auf Moor mit Kalkunterlage. Er-

trägt Bewässerung gut und gibt dann auch Obergras, während er sonst mehr als Untergras anzusehen ist. *Wert*: 2. Güte, auf trockenem Boden hart und wenig ertragreich. Same wenig im Handel.

8. *A. pratensis*, Wiesen-Hafer. Horst klein, dicht. Graugrün, Blätter schmal zusammengefaltet, *knorpelig berandet*, lang, steif, *oberseits sehr rauh, nebst den Blattscheiden kahl*, Rispe *zusammengesogen, traubig*, untere Äste zu 2, *obere einzeln*, alle ein einzelnes (seltener 2) Ährchen tragend. Ährchen 4- bis 5blütig. ♀. Juni, Juli. 0,40—0,60 m. Wert gering. Untergras. Seltener als *A. pubescens*. Sonnige Hügel, trockene Wälder, seltener auf trockenen Wiesen, sehr zerstreut, doch sehr gesellig. Selten in der Nähe der Ostseeküste und überhaupt im Nordosten. Hat nach Aschersons briefl. Mitteilungen ganz ähnliche Standorte wie die Küchenschelle, *Pulsatilla pratensis* (Ranunculaceae), für die auch der Name *pratensis* (Wiesen) nicht paßt.

2. *Trisetum*, Dreiborste. Deckspelze *zspitzig*, auf dem Rücken mit geknieter Granne. Fruchtknoten kahl, Frucht *nicht* gefurcht, frei. Sonst wie *Avena*.

T. flavescens, Goldhafer (*Avena flavescens*, Fig. 77 und 78). Besonders der ungefurchten Frucht wegen als eigene Gattung *Trisetum* von *Avena*, die gefurchte Früchte hat, abgetrennt. — Horst ziemlich locker, nicht ganz eben. Seitentriebe zwar intravaginal, aber früh die Scheide durchbrechend. Halm 40—60 cm hoch, mitunter an den Knoten rückwärts behaart. Untere Scheiden alle *zottig*, Haare herabgebogen, seltener kahl, Blatthäutchen kurz, Spreite vielnervig, mit 20—25 Nerven, davon im durchfallenden Licht 5 als weisse Streifen sichtbar, oberseits *zottig* behaart. Rispe schmal eiförmig, ca. 13 cm lang, Äste unten zu 5 bis 7, fein, selbst zur Blütezeit nicht ganz horizontal abstehend, längere Äste 5—6 Ährchen tragend. Ährchen klein, zur Blütezeit blafsgrün und gelblich gescheckt, später glänzend gold- oder lehmgelb, meist 3 bis 4blütig, Stielchen der 2.—4. Blüte (d. h. die Ährchenachse) behaart. Untere Hüllspelze 1nervig, kürzer, obere 3nervig, fast so lang als die 1. Blüte. Deckspelze 5nervig, mit 2 kurzen, grannenförmigen Spitzen und *auf dem Rücken* mit einer langen, geknieten Granne. Daher *Trisetum flavescens*, gelbliche Dreiborste, genannt. Alle Spelzen mit weißem Hautrande. Schüppchen schmal, abgestutzt oder gezähnelte, fast so lang wie der eiförmige, kahle Fruchtknoten. Staubbeutel hellgelb, Narben federig, weifs. Blüte mittelfrüh, protandrisch. ♀. Juni, Juli.

Same des Handels: Die einzelnen *Blütchen*, selten die nackte, *ungefurchte* Frucht. Von *Aira flexuosa*, die sehr oft als Verfälschung dient, durch die *rückenständige* Granne (nicht grundständige) und etwas hellere Farbe unterscheidbar. (Siehe S. 336.)

Standort: Liebt frischen Mergel- und Kalkboden, warmen, fruchtbaren Sand und entwässerten Humus. Vom Meere bis hoch in den Alpen, auf Bergwiesen

aber häufiger. Für Dünger sehr empfänglich, ebenso für Bewässerung; stauende Nässe erträgt er nicht. An manchen Stellen Norddeutschlands nach Weber wahrscheinlich durch Ansaat oder Verschleppung angesiedelt. — *Wert*: Vortreffliches Untergras, wächst gut nach und gibt in beiden Schnitten ein vorzügliches, feines Futter, wenn auch nicht in großen Quantitäten. Leider ist der Same selten echt zu haben und sehr teuer. Er sollte aber nach Stebler möglichst in jeder Mischung für Dauerwiesen vorhanden sein, wenigstens zu 2–3 %.



Fig. 77. *Trisetum flavescens*. *a*, *c* Ährchen; *b* behaarte Ährchenachse; *d* Frucht mit der begranneten 2spitzigen Deckspelze. Goldhafer.



Fig. 78. *Trisetum flavescens*, blühend. Goldhafer. (Original.)

3. *Arrhenátherum* (ἄρρηνη männlich, ἀθήρη Granne), Wiesenhafer.

Ährchen 2 blütig; Hüllspelzen kürzer als die Blüten, untere Blüte männlich, auf dem Rücken mit langer, geknieteter Granne, obere zwittrig, unter der Spitze mit kurzer, gerader Granne, öfter jedoch grannenlos. Sonst wie *Avena*.

A. elátius (*Avena elatior*), hoher Wiesenhafer, Glatthafer, französisches Raigras, in der Schweiz *Fromental* (Fig. 79). Horst groß, locker, kürzere Ausläufer mit vielen, langen Wurzelblättern.

Halm sehr hoch, glatt und glänzend. Scheiden öfter etwas rauh. Blätter stets etwas rauh. Spreite trocken, unterseits mit vielen weißen Baststreifen, untere nahe dem Grunde mit kräftig vorspringendem, dreikantigem Kiel, im Gegensatz zu *Bromus mollis* und *racemosus*. Rispe

zur Blütezeit ausgebreitet, silberig schimmernd, vor- und nachher *sehr* zusammengezogen. Ährchen mittelgroß, untere Hüllspelze halb so lang als die obere. ♀. Juni, Juli. 0,60—1,15 m.

Liebt sehr fruchtbaren, trockenen, warmen, humusreichen Kalk oder mergeligen Lehm, sowie frischen, lehmigen Sand und ist mit Recht in der Schweiz als *Typus* der gras- und kleereichen, etwas trockeneren Wiesen mit mildem, humosem Lehmboden hingestellt, kann auch bei uns als solcher gelten. — Geht in der Schweiz nach Stebler selten über 900 m, gedeiht also hauptsächlich in den fetten Talwiesen, bildet dort den erwähnten Typus und macht 20—50% des Bestandes aus. Nach oben schließt sich an ihn der *Agrostis vulgaris*-Typus.



Fig. 79. *Arrhenatherum elatius*.
a blühendes Ährchen; b Frucht.
Hoher Hafer, französisches Raigras.



Fig. 80. *Aira caespitosa*.
a Halm; b Ährchen; c Blütenchen; d Staubgefäße und Fruchtknoten; e Frucht.
Rasenschmiele.

Gegen rauhes Klima und rauhe Lagen ist das französische Raigras empfindlich, gedeiht aber auf besandeten Moordämmen gut, zumal es Kali und Phosphorsäure nebst Kalk liebt. — Blüht ziemlich früh, Ende Mai, Anfang Juni, gibt auch guten Nachwuchs, der oft noch wieder in Blüte schieft. Gibt schon im 1. Jahre bedeutenden Ertrag, oft 3—4 Schnitte, im 2. Jahr ist der Ertrag am höchsten, mit dem 3. nimmt er ab. Für *Berieselung* geeignet, stauende Nässe erträgt es nicht. Sehr gutes *Obergras*; wenn nicht zu spät geschnitten, treffliches, reichliches Futter; *allein* gebaut soll das Futter bitter sein.

4. *Aira* [sprich: Eira] (Aera, Name eines Unkrautes bei Theophrastos), Schmele oder Schmiele. Ährchen 2blütig, Deckspelze abgestutzt, 4zählig, an der *Basis* begrannt. B im Triebe gefaltet.

1. *A. caespitosa* (Deschampsia c.), Rasen-S. (Fig. 80). Horst grofs, polsterförmig. Blätter flach, fast alles Wurzelblätter, sehr lang, bis 30 cm und mehr, oberseits mit *sehr starken Nerven* und rückwärts *sehr rauh*, gegen das Licht gehalten mit etwa 6 weifsen Streifen. Blatthäutchen lang, spitz. Halm sehr hoch. *Rispe sehr grofs*, zur vollen Blütezeit weitschweifig, breit pyramidenförmig. Äste etwas geschlängelt, sehr lang, untere zu 5—7. *Ährchen klein*, silberig glänzend oder gescheckt. Hüllspelzen so lang wie das Ährchen. Blüten an der Basis behaart. Deckspelze an der Spitze abgestutzt, 4zählig. Granne *an der Basis* befestigt, borstenförmig, nicht hervortretend.

♀. Auf schlechten, moorigen Wiesen, an Gräben. Juni, Juli. Bis 1,25 m. Grobes, hartes Gras, das aber doch, wie Verfasser sich überzeugte, auch bei uns so gut wie in der Schweiz jung vom Weidevieh gefressen wird. Trotzdem ist es, wie Weber mit Recht sagt, wegen seines stark „bültigen“ Wuchses als Unkraut anzusehen.

2. *A. flexuosa*, geschlängelte Schmele, Drahtschmele. Der vorigen äufserlich gar nicht ähnlich. Horst dicht, Triebe intravaginal, nur feine, borstenförmige Wurzelblätter entwickelnd, viele Jahre dauernd, von unten her allmählich absterbend. Halm aufrecht, dünn. Rispe ausgebreitet. *Äste und Zweige meist geschlängelt*, oft rötlich. *Ährchen grofs*, 2blütig, hellbräunlich, silberig-trockenhäutig. Hüllspelzen ungleich, die untere etwas kürzer. Deckspelze bräunlich-gelb, an der Basis fein weiflich behaart und *eben über der Basis* mit einer *geknieten, hervortretenden Granne*.

♀. Trockene Waldränder, besonders in Nadelwäldungen und Schonungen massenhaft, den Typus der *Aira flexuosa* bildend. 40—60 cm. Als Futter wertlos. Der Same dient als Verfälschung des Goldhafers, bei welchem die Granne aber in der Mitte befestigt ist.

5. *Weingaertneria* (nach Konrektor Weingärtner, welcher zu Anfang des 19. Jahrh. bei Erfurt botanisierete), Silbergras. Ährchen klein. Deckspelze nicht gezähnt. Granne zierlich, kurz, oberwärts *keulenförmig*, in der Mitte mit einem behaarten Knoten, wie ein Morgenstern, sonst wie *Aira*. *W. canescens* (*Aira canescens* oder *Corynéphorus* [d. h. keuletragend] *canescens*) (Fig. 81), graues Silbergras, Bocksbart, Schindermann. Dicht rasenförmig, Horst aber nur lose verbunden, *graugrün*. Blätter *zusammengefaltet, borstlich*. Scheiden unterwärts rosa, oft purpurn. Rispe nur zur Blütezeit spreizend. Staubbeutel dunkelbraun. 15—30 cm. Juni, Juli. ♀. Auf dem traurigsten Sandboden.

6. *Holcus* (Name eines Grases bei Plinius), Honiggras. Ährchen als *Ganzes* abfallend, 2blütig, obere Blüte männlich. Hüllspelzen gekielt, flach, länger als die Blüten.

1. *H. lanatus*, wolliges Honiggras (Fig. 82). Horst dicht, polsterförmig, graugrün, Halm aufrecht, am Grunde gekniet, an und unter den Knoten nebst den Blattscheiden behaart. Rispe nur zur Blütezeit ausgebreitet, *rötlich* oder *violett überlaufen*. Blätter weichhaarig, im durchfallenden Licht mit 6—10 weissen Streifen. Blatthäutchen mälsig lang. Hüllspelzen ziemlich groß, weißlich, oft hellpurpurn überlaufen. Die obere männliche Blüte mit kurzer, *eingeschlossener* oder wenig hervortretender, *zuletzt hakenförmig ein- oder auswärts gebogener Granne*.



Fig. 81. *Weingaertneria canescens*.
a vor, *b* zur Blütezeit; *c* Ährchen; *d* Deck- und Vorspelze, erstere mit der Keulengranne *e* am Grunde; *f* Staubgefäße und Fruchtknoten.



Fig. 82. *Holcus lanatus*.
a Ährchen; bei *b* dessen Hüllspelzen abgetrennt, darüber die 2 Blüten; *c* Staubgefäße und Fruchtknoten.

4. Treibt früh und erfriert leicht, blüht Anfang Juni, zuweilen schon Mitte Mai, und zur Zeit der Heuernte fallen die reifen Ährchen leicht ab, daher Hauptbestandteil der sog. „Heublumen“ (Samen), die sich auf dem Heuwagen und auf dem Heuboden ansammeln, nach Stebler mitunter bis 50%. Auf einer hochwertigen alten Weide in England fand es sich nach Armstrong bis zu 10%, auf anderen weniger (Mitt. d. D. L.-G. 1908, S. 125). Auf allen Bodenarten, liebt besonders feuchtes Klima und verliert hier auch etwas von der starken Behaarung, die es dem Vieh unangenehm macht. Von geringem Wert und schwer zu mähen wegen der polsterförmigen Horste, doch reich im Ertrage. Nur auf armem Boden, sowie auf Moor, wo bessere Gräser nicht gut gedeihen, zu empfehlen. Wird vom Weidevieh in den Marschen nach Weber meist gemieden (Arb. d. D. L.-G. Heft 61, S. 87). Die eiförmigen platten Scheinfrüchte (Heublumen) ähneln denen des Fuchsschwanzes, ihre beiden Hüllspelzen sind aber nicht verwachsen. Neuerdings wird abgeriebene Saat (ohne Hüllspelzen) geliefert.

2. *H. mollis*, weiches Honiggras. Lange, fast queckenartige *Ausläufer* treibend, schlanker als voriges. Halm unten stark gekniet, oft liegend, dann aufrecht, hoch. Nur die Knoten, besonders die unteren, mit rückwärts gerichteten, abstehenden Haaren. Obere Blätter und Blattscheiden *kahl*. Untere Blattschäutchen kurz, obere länger; Blattspreite mit ca. 7 Hauptnerven, meist kurz. Rispe vor und nach der Blüte zusammengezogen. Hüllspelzen an der Basis oft violett, untere mit 1, obere mit 3 starken Nerven. Blüten 2, wie bei *H. lanatus* die obere verkümmert (nicht immer rein männlich, wie gewöhnlich angegeben, sondern öfter auch rein weiblich), unten an der Basis der Spelzen behaart, unter der Spitze mit einer *hervortretenden*, später *geknieten* Granne. ♀. Juli, August. 50—100 cm. In Wäldern und an Feldrändern, oft auch auf moorigem Boden. Wertlos, höchstens zur Befestigung von Sand und Moor. Geht hoch ins Gebirge.

7. *Sieglingia* (nach Prof. Siegling, welcher zu Anfang des 19. Jahrhunderts bei Erfurt botanisierte). Ährchen 3- bis 5 blütig, oberste Blüte verkümmert. Hüllspelzen > Blüten. Deckspelze an der Spitze 3-zählig (daher auch *Triodia* genannt), Ährchenachse zerbrechlich. *S. decumbens*, liegende Sieglingie (Fig. 83). Stengel anfangs im Kreise niederliegend, später aufrecht. Blätter und Scheiden gewimpert. Rispe traubig. Innere Spelze am Grunde mit 2 großen Schwielen. ♀. Moorige, trockene Wiesen, zerstreut, aber gesellig. Juni, Juli. 15—30 cm.

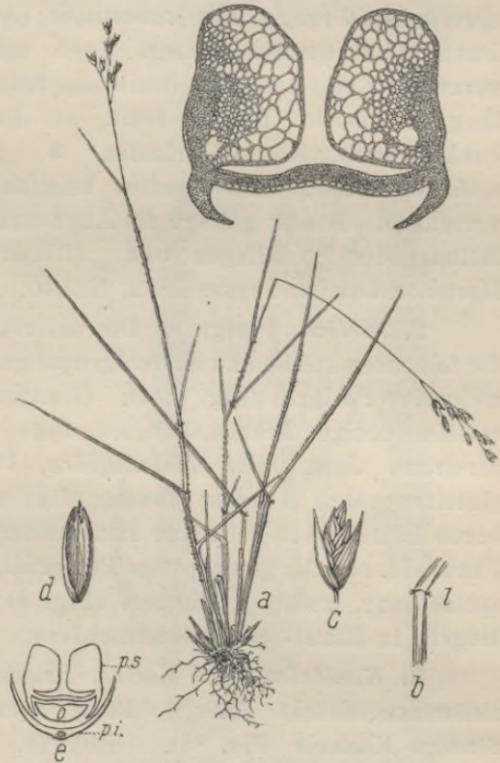


Fig. 83. *Sieglingia decumbens*. a Pflanze; b Blattscheide; c Ährchen; d Frucht; e Grundriß der Blüte: *pi* äußere Spelze, *ps* innere Spelze mit den 2 Schwielen, letztere oben stärker vergrößert. (Original.)

Gruppe 8. **Chlorideae**. Ährchen in 2 einander genäherten Reihen auf der Außenseite der Ähren, oder 4 Traubenspindelähren, daher einseitwendig, enthält keine wichtigen einheimischen Wiesengräser. Hierher gehören: *Cynodon Dactylon*, fast kosmopolitisch, in Nordamerika Weidegras; *Bouteloua* und *Buchloe*, Präriengräser daselbst; *Eleusine Coracana*, in Ostindien und Afrika wichtiges Getreide (z. B. zur Bierbereitung).

§ 59.

Gruppe 9. **Festuceae**. Ährchen gestielt, Hüllspelzen *kürzer* als die nächste Deckspelze, sonst wie Gruppe 7, *Avéneae*.

1. **Phragmites**. (Bei Dioskorides Beiname von Pflanzen, die zu Zäunen, *φράγματα*, dienen.) Schilfrohr, Dachrohr. Ährchen 3—7 blütig, unterste Blüte männlich oder geschlechtslos, unbehaart, die übrigen zwitterig, *mit langen*, von der Achse entspringenden *Haaren*. Deckspelze lang zugespitzt, unbegrannt, auf dem Rücken zusammengedrückt. Narben sprengwedelförmig. *Ph. communis* (*Arundo Phragmites*), gemeines S. Das größte unserer Gräser. 1—3, selten bis 9 m hoch. Grundachse verzweigt, oft Ausläufer treibend, mitunter die Laubstengel bis 10 m lang kriechend. Blätter breit, am Rande messerartig scharf. Rispe dunkelbraun, violett überlaufen. ♀. Am Wasser. Jung gemäht ein mässiges Futter. Samen selten keimfähig, in Lehm einzukneten und zu versenken. Besser gelingt die Anpflanzung durch Einsetzen von Wurzeln, Büten oder Stecklingen usw. (Illustr. Landw. Zeitg. 1902, Nr. 35, Deutsche Landw. Presse 1902, Nr. 40.)

2. **Mélica**, Perlgras. Die untersten 2 Blüten oder nur 1 fruchtbar, die folgenden sterilen zu einem knorpeligen Köpfchen vereinigt. *M. nutans*, nickendes Perlgras (Fig. 84 2). Grundachse weit kriechend. Ährchen in einseitwendiger Traube, hängend, braun, trockenhäutig. ♀. Laubwälder, zerstreut. Juni, Juli. *M. uniflora*, 1 blütiges Perlgras. Rispe locker, einseitwendig. Ährchen braun, nicht trockenhäutig, nur mit 1 fruchtbaren Blüte. ♀. Schattige Laubwälder, besonders unter Buchen. Mai, Juni. *M. ciliata*, gewimpertes Perlgras. Rispe dicht ährenförmig. Deckspelze lang, zottig gewimpert (Fig. 84 1). ♀. Zerstreut auf steinigem Hügeln in Mittel- und Süddeutschland.

3. **Koeléria** (nach Koeler, Professor in Mainz, 1802). Deckspelze zusammengedrückt gekielt. Rispe *ährenförmig*. *K. cristata*, kammförmige Koelerie (Fig. 85). Grasgrün. Alle Blätter und Scheiden oder nur die unteren gewimpert. Rispe etwas gelappt. Ährchen glänzend, gelblich-weiß. Deckspelze *zugespitzt*. ♀. Trockene Wiesen. Juni, Juli. *K. glauca*, graugrüne Koelerie. Pflanze bläulich-grün. Blätter starr, schmalrinnig. Deckspelze *stumpf*. Dürre Sandfelder. In der Tracht ähnlich wie *Weingartneria canescens* (S. 337).

4. **Sestéria** (nach Leonardo Seslero, Arzt in Venedig, Zeitgenosse Linnés; schrieb über die Naturgeschichte des adriatischen Meeres. Carl v. Linné lebte von 1707—1778). Rispe ährenförmig, ihre Zweige meist 2zeilig. Ährchen meist 2 blütig. Hüllspelzen so lang als die 1. Deckspelze (also an der Grenze zwischen *Avéneae* und *Festuceae*). Blätter starr, in der Knospenlage gefaltet. *S. coerulea*, blaue Seslerie, Gilzgras. Blätter

plötzlich zugespitzt. Ährchen gelblich-weiß, blau überlaufen. Grundachse meist kriechend, durch die Verzweigungen einen dichten Rasen bildend. ♀. Sonnige *Kalkhügel*, Mittel- und Süddeutschland.

5. *Briza* (gr. Name einer Getreideart bei Galenos, wahrscheinlich Roggen), Zittergras. Ährchen 3- bis vielblütig, herzförmig rundlich, von der Seite zusammengedrückt. Hüll- und Deckspelzen gewölbt, muschelförmig, letztere am Grunde herzförmig ausgeschnitten.

B. media, mittleres Zittergras. Halm aufrecht. Blätter schmal, Blatthäutchen kurz, gestutzt. Rispe aufrecht, zierlich, violett und weißlich gescheckt. Gutes, feines Untergras. Auf allen Bodenarten, auch Moor, am ertragreichsten auf feuchten Wiesen. Same leider meist nicht im Handel. ♀. Mai, Juli.

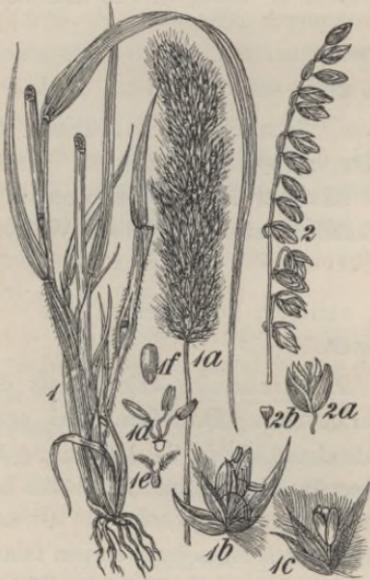


Fig. 84. 1 *Melica ciliata*. 2 *M. nutans*. 1a Rispe, 1b Ährchen, 1c reifes Ährchen, 1d Staubgefäße, 1e Fruchtknoten und Narben, 1f Frucht. 2a Ährchen, 2b dessen knorpeliges Köpfchen.



Fig. 85. *Koeleria cristata*. a Scheinähre vor, b während der Blüte; c Ährchen.

6. *Poa* (πόα Gras oder Kraut), Rispengras. Ährchen 2- bis vielblütig, eiförmig, klein, platt. Deckspelze seitlich zusammengedrückt, auf dem Rücken *gekielt*. Die Blüten bezw. die sog. Samen können daher nicht auf dem Rücken liegen. Äste wie bei *Festuca* 3seitig, meist nur auf 2 Seiten Zweige tragend. Deckspelzen unterwärts meist mit Zotten, welche den Zwischenraum zwischen den Blüten ausfüllen. Vorspelze 2spaltig. Blätter im Triebe *gefaltet*. Blattscheiden offen, aber an den Trieben *geschlossen*.

I. Einjährig.

1. *P. annua*, 1jähriges Rispengras. Blatthäutchen an jungen Trieben groß (1 mm), Spreite kurz, breit, plötzlich in eine breite, kappenförmige Spitze zusammengezogen, unterseits meist glanzlos. Rispe meist mit 1 grundständigen Ast. Untere Hüllspelze viel kürzer. Dichte Einzelrasen, zuweilen mit kurzen Ausläufern. In Gärten und auf Straßen, auf kahlen Stellen der Wiesen. Bis jetzt nicht benutzt, könnte aber, da es vom ersten Frühjahr bis zum spätesten Herbst blüht und außerordentlich widerstandsfähig gegen Kälte ist, vielleicht in Kultur genommen werden, zumal es nach Weber in den westdeutschen Marschen auch mehrjährig ist. In England fand Armstrong auf einer hochwertigen *alten* Weide 11 % des Bestandes *P. annua*, auf anderen freilich nur 1—2, auf *neueren* hervorragenden Weiden 2—5 %. (Mitt. d. D. L.-G. 1908, S. 125 und 126.)

II. Ausdauernd.

a) Untere Rispenäste zu 1—2.

2. *P. bulbosa*, zwiebeliges Rispengras. Stengel und Laubtriebe am Grunde von harten, umhüllenden Scheiden zwiebelig verdickt. Unter Bäumen. Bei der var. *vivipara*, die viel häufiger ist als die Stammart, wachsen die Ährchen in blättertragende Pflänzchen aus. Trockene Wälder, Parkanlagen, Triften.

b) Untere Rispenäste meist 4, selten weniger, Deckspelzen mit *schwachen* Nerven.

3. *P. nemoralis*, Hain-Rispengras. *Blattscheiden kürzer als die Halmglieder*, die *oberste kürzer als ihr Blatt*. *Blatthäutchen sehr kurz*, fast fehlend. Rispenäste rau. Ährchen klein, 2—5 blütig. ♀. Wälder, Gebüsche, besonders auf trockenem Boden. Juni, Juli. 30 bis 100 cm.

Für Wiesen nicht in Betracht kommend, aber als eines der wenigen feinen Gräser, welche *Beschattung ertragen*, für *Parkanlagen*, Obstgärten usw. höchst wichtiges *Untergras*. Same teuer.

4. *P. serotina* (*P. palustris*), *spätes* oder *Sumpf-Rispengras*. Horst hoch, mit zahlreichen, an den Knoten oft wurzelnden Halmen. Blätter schlaff, unterseits meist glanzlos. Blatthäutchen *länglich*, spitz. Deckspelzen meist ohne Zotten. Sonst wie *P. nemoralis*. ♀. Juli. 30 bis 60 cm.

Treibt *sehr spät*, blüht erst Ende Juli, gibt aber guten und reichlichen Nachwuchs. *Standort*: Feuchte, fruchtbare Wiesen, auch auf Grünlandsmooren zerstreut, für Moorwiesen sehr geeignet. Leider ist der Same noch wenig im Handel zu haben, doch erhält man ihn jetzt von Dänemark mitunter in kleineren Mengen. *Bewässerung* erträgt es sehr gut, auch stauende Nässe. *Wert*: Gras erster Güte, besonders im zweiten Schnitt ertragreich. *Untergras*.

5. *P. compressa*, zusammengedrücktes Rispengras. Stengel zweischneidig zusammengedrückt, knickig, graugrün, lange Ausläufer treibend. Blätter schmal. Blatthäutchen kurz, gestutzt. Rispe schmal-länglich. Rispenäste rauh, die unteren zu 1—4. Ährchen 5—8 blütig. Sonnige Hügel, besonders auf Lehm und Kalk, gern auf Mauern. Der Same kommt öfter aus Nordamerika als oder unter *P. pratensis*. Unterscheidet sich von dieser besonders durch die *schwachen* Nerven der *stumpfen*, oben am Rande weifs-trockenhäutigen Deckspelze. Ahlfvengren gibt es für Westpreußen auch auf Torfwiesen und Äckern an (Schriften der Naturf.-Gesellsch. Danzig, N. F. XI, 1903/04).

e) Untere Rispenäste zu 3—5, Deckspelzen mit 5 *starken* Nerven, kahl oder unterwärts auf dem Rücken mit *zottigen Haaren* besetzt.

6. *P. trivialis*, gemeines Rispengras. Horst locker, ausgebreitet. Triebe extravaginal, teils aufsteigend, teils *über* dem Boden kurz hinkriechend und dann an den Knoten einen neuen Laubtrieb erzeugend. *Halm* gekniet aufsteigend, rückwärts *rauh*. *Blattscheiden* *rauh*. *Blatthäutchen*, besonders an den Halmblättern, *lang und spitz*. Blattspreite mit 5 Hauptnerven, unterseits glänzend, nach oben allmählich verschmälert, mit kleiner, kappenförmiger Spitze. Rispe eiförmig, blafsgrün. Ährchen 3—4 blütig. Deckspelzen am Grunde mit verbindenden Zotten. ♀. Juni, Juli. 30 bis 100 cm.

Auf feuchten, fruchtbaren Wiesen überall, bildet auf feuchtem Boden oft typische Bestände, zumal in den Küstenlandschaften (Weber). Für Bewässerung sehr geeignet, besonders als Untergras, den Boden dicht bedeckend, aber im Gebirge (nach Schröter) oft mit seinen Ausläufern einen lästigen Filz bildend. Nach Stebler ist es wenig ergiebig und verdient keinen Ruhm. Der Nachwuchs im 2. Schnitt ist nach Weber *äufserst* gering. Gedeiht auch unter Bäumen und ist für schattige Rasenflächen von Frankreich aus empfohlen.

7. *P. pratensis*, Wiesen-Rispengras (Fig. 86). Horst locker, weit ausgebreitet, eben, mit zahlreichen *unterirdischen Ausläufern*, außerdem mit intravaginalen, sich sofort nach oben wendenden Trieben, welche mit ihren Mutterhalmen Teilhorste bilden. Halm aufrecht, *glatt*. Laubtriebe 2schneidig. Blattscheiden *glatt*, an jüngeren Trieben auf der vorderen Seite mit tiefer Einfaltung. *Blatthäutchen* *kurz*, gestutzt. Blattspreite mit 7 Hauptnerven, unterseits glänzend, nach oben wenig verschmälert, mit breiter, kappenförmiger Spitze. Rispe pyramidal, blaugrün oder violett überlaufen. Ährchen 3—5 blütig. Deckspelzen am Grunde und auf dem Rücken mit verbindenden Zotten. Kommt mit breiten und schmalen Blättern vor, letztere in der Nachmahd oft $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$ m lang. ♀. Juni, Juli.

Auf fast allen Bodenarten, liebt aber etwas trockeneren Stand als *P. trivialis*, gedeiht trotzdem ausgezeichnet auf Rieselwiesen, dort oft Obergras, auf

Moorwiesen treffliches Untergras. Eins der vorzüglichsten, lange Jahre bleibenden Gräser, das im Ertrag mit den Jahren sehr zunimmt. Bildet nach Weber auf mälsig feuchtem Boden, zumal im Küstenklima, oft einen besonderen Bestandtypus.

7. *Glycéria* (*γλυκερός* süß, wegen der wohlschmeckenden Samen von *G. fluitans* und *plicata*), Schwaden. *Blattscheiden geschlossen*, *Blätter gefaltet*, Ährchen 4—11 blütig. Deckspelze länglich, *gewölbt, stumpf*, 5—7 nervig, unbegrannt. Hüllspelzen 1 nervig. Die Blüten bezw. Samen können auf dem Rücken liegen (Gegensatz von *Poa*).

1. *G. aquática* (*G. spectábilis*, *Poa aquática*), Wasser-Schwaden, echtes Mielitz. Hellgrün. In der Blüte vom Aussehen eines riesigen



Fig. 86. *Poa pratensis*.

a Ährchen, bei *b* nach Beseitigung der Hüllspelzen; *c* Blütenchen; *d* Fruchtknoten.



Fig. 87. *Glycéria fluitans*.

a Ährchen; *b* Blütenchen.

Rispengrases, aber mit hohem, steif aufrechtem, *plattem*, schilfartigem Halm. Wurzelstock weit kriechend. Blätter breit, gegen das Licht gehalten wie die Blattscheiden mit vielen Queradern. *Blathäutchen breit*, fast halbmondförmig, *mit spitzem, grannenartigem Zahn*. *Rispe gleichmälsig ausgebreitet, weitschweifig, sehr ästig*. Ährchen klein, wie bei *Poa*, 5—9 blütig. Deckspelze stumpf, mit 7 hervortretenden Nerven (nicht 5, wie bei vielen *Poa*-Arten). ♀. Am Rande von Gewässern und im Wasser, in Gräben der Wiesenmoore usw. Juli und August.

Nach dem Schilfrohr das *größte deutsche Gras*, 1,25—2 m hoch. Besonders in den Gräben der Marschen häufig, aber auch an den Flusniederungen stets in großen Beständen. Im Havel-, Spree-, Warthe- und Oderheu sehr häufig und als „echtes Mielitzgras“ von den Heuhändlern sehr geschätzt,

vielleicht überschätzt. Jung geschnitten ein vorzügliches Futter für Rindvieh und Pferde. Wird jetzt mitunter auf besandeten Moorwiesen angebaut. („Havelmielitz“ siehe S. 323.) Öfter sind die Blätter in langen schwarzen Streifen mit einem Brandpilz, *Ustilago longissima*, besetzt.

2. *G. fluitans*, flutendes Süßgras, Schwaden- oder Mannagras (Fig. 87). Wurzelstock kriechend, Ausläufer treibend. Halm aufsteigend, unterwärts platt, Knoten kurz, wenig hervortretend. *Blattscheiden* sehr lang, oft über den nächsten Knoten hinaufragend. *Blatthäutchen* *derb, sehr lang, zerschlitzt*, obere spitz. Blattspreite kurz zugespitzt, besonders unterseits gegen die Spitze rauh. Rispe *traubenförmig*, lang und schmal. Äste vor und nach der Blüte an die Hauptachse angedrückt, zur Blütezeit *einseitswendig* rechtwinkelig abstehend, untere meist zu 2, obere sehr kurz. *Ährchen* *sehr lang*, lineal, 7—11 blütig, hellgrün. Hüllspelzen ungleich, untere sehr kurz, beide stumpf. Blüten länglich. Deckspelze länglich, 7nervig, an der Spitze weißlich, unbegrannt. Vorspelze bleich, mit 2 grünen Nerven. Staubbeutel violett. Frucht *nackt*, schwarzbraun.

4. An Gräben, Flüssen. Juni, September. Ein vorzügliches Gras auf nassen Wiesen, neuerdings daher für Moorwiesen empfohlen. Liefert die sog. *Schwadengrütze* oder *Mannagrütze*, *Frankfurter Schwaden*.

3. *G. plicata*, gefaltetes Süßgras. Stengel schlaff, Rispe nicht einseitswendig, untere Äste zu 3—5, sonst wie voriges. Gern an Quellen; oft übersehen. — Beide zeigen gutes Rieselwasser an.

8. *Molinia* (nach dem Missionar Molina in Chile, um 1800), Steifhalm, Molinie. Ährchen stielrundlich, 2—5 blütig. Deckspelzen gewölbt, stumpf, 5nervig, von der Vorspelze, besonders zur Fruchtreife, etwas abstehend. Narben purpurn.

M. coerúlea, *blauer Steifhalm*, *blaues Pfeifengras*, Benthalm, in der Schweiz Besenried. Horstbildend. Triebe intravaginal. Wurzeln wellig gebogen. Halm steif aufrecht, *scheinbar ganz ohne Knoten*, am Grunde gleich über der Wurzel mit mehreren dicht übereinander stehenden Knoten, zwischen denen ein etwas längeres Internodium birnförmig angeschwollen ist (Speicherinternodium nach Schellenberg, Ber. d. schweiz. bot. Gesellsch. 1897), nur am Grunde beblättert, aber die Blätter, wie Schellenberg nachgewiesen, mit sehr langen Scheiden, damit die Spreiten mehr ans Licht kommen. Rispe *etwas zusammengezogen*. Ährchen oft *schieferblau*, daran leicht zu erkennen.

4. Auf Torfboden, Heidemooren, moorigen Wiesen und in Wäldern, bildet auf anmoorigem Sande und auf Moorboden, seltener auf reinem Sande einen sehr charakteristischen Bestand (Molinétum nach Stebler und Schröter, *Molinia*-Typus nach Weber). Spät, August, September. Im Gebirge niedrig, in der Ebene bis 1,50 m. Als Futter gewöhnlich für wertlos gehalten, aber nach der „Flora von Brandenburg“ des Ökonomie-Kommissionsrats Schramm

1857 bei Brandenburg als kräftiges Futter bekannt; als Streu beliebt und in der Schweiz, wo großer Mangel an Streu, deswegen gebaut. Läßt sich im Herbst, nachdem die Blätter sich zumeist fast feuerrot gefärbt haben, leicht zusammenrechen, da sich der Halm mit den Blattbüscheln leicht an den Knoten abgliedert. Heißt in der Mark „Flunkerbart“. In einem mit Birken vermischten Kiefernhochmoor Westpreußens bei Ostrow Lewark, Kreis Stuhm, bestandbildend und Sphagnum verdrängend. (Ahlfvengren in Schriften d. Naturf.-Gesellsch. Danzig, N. F. XI, 1903/04.)

9. *Scolóchloa*, Schwingelschilf (*σκόλος* Stachel, Spitze, *χλόα* Gras, die Deckspelze hat 1 Spitze), oft auch Graphéporum genannt (*γραφή* Pinsel, *ἔρω* tragen, die Blütenachse trägt ein Haarbüschel unter der Blüte an der Deckspelze). Hüllspelze wenig oder nicht kürzer als die anstossende Deckspelze. Deckspelze beiderseits mit 3—4 Seitennerven, von denen wenigstens einer über die Spitze hinausragt.

S. festucea (Graphéporum arundinaceum), nordisches Schwingelschilf. Riesiges, auffallendes Wassergras, 1—1,8 m hoch. In Deutschland nur im Norden, besonders an Flüssen und Seeufern, im Wasser. Grundachse weit kriechend. Pflanze hellgrün, St unterwärts mit mehreren Ästen (seltener Fall der Verzweigung bei Gräsern!), die aber meist nicht zur Blüte kommen. Rispe sehr groß und locker, Fruchtknoten rauhaarig. — Ähnlich wie *Glyceria aquatica*, mit dem es auch zusammen vorkommt, aber seltener; unterscheidet sich leicht durch die offenen Blattscheiden, das längliche Blatthütchen und meist durch einen braunen Fleck am Grunde des Blattes. — Nur jung als Futter.

Catabrosa aquatica, Quellgras. Rispenäste dünn, lang (siehe S. 322).

§ 60.

Festuceae. (Fortsetzung.)

10. *Dáctylis* (bei Plinius Name einer Weintraubensorte; ob von *δάκτυλος*, Dattel?), Knaulgras. Ährchen 3—6 blütig, geknäuel. Hüllspelzen ungleich. Deckspelzen auf dem Rücken *zusammengedrückt gekielt* (die Samen können daher nicht auf dem Rücken liegen), *stachelspitz* oder kurz begrannt. Stengel platt zusammengedrückt. *Blattscheiden geschlossen*. Blätter *gefallt*. Rispe nach dem Festuca-Typus, d. h. mit 3kantiger Achse, die nur auf 2 Seiten abwechselnd Äste trägt, daher einseitwendig.

1. *D. glomerata*, gemeines Knaulgras (Fig. 88 und 89). Wurzelstock *faserig*. Horst dicht, mit sehr zahlreichen, bläulich-grünen, deutlich 2zeiligen Blättern, kein geschlossener Rasen. Triebe intravaginal, fächerartig. Halm unterwärts platt, meist 2schneidig, Knoten stark. Blattscheiden in der unteren Hälfte *geschlossen*, *Blatthütchen sehr lang, spitz* oder zerrissen. Blattspreite sehr lang und schlaff, rückwärts sehr rauh, gegen das Licht gehalten mit vielen weissen Streifen. *Rispe ein-*

seitswendig, bis 13 cm lang, fast stets aufrecht, dicht büschelig, lappig geknäuel, mit 7—8 Hauptästen, davon der unterste sehr lang und abgerückt. Äste am Grunde mit Quellpolster und daher besonders zur Blütezeit abstehend oder zurückgeschlagen. Ährchen länglich-eiförmig, dicht gedrängt, oft purpurn überlaufen, besonders im Gebirge; 3—5 blütig. Hüllspelzen lanzettlich, zugespitzt, untere 1nervig, obere 3nervig, auf dem Kiel steifhaarig kurz bewimpert. Deckspelze wenigstens am Grunde undeutlich 3- oder 5nervig, lanzettlich, grün, auf dem Kiel steif bewimpert. Vorspelze spitz, 2zählig. Staubbeutelhälften parallel, am Grunde nur wenig getrennt.



Fig. 88. *Dactylis glomerata*.
a Halmstückchen mit Blatthäutchen;
b Ährchen.



Fig. 89. *Dactylis glomerata*,
blühend.
(Original.)

♀. Mai, Juni, Juli. 0,30—1,35 m. Sehr früh treibend. Blüht Ende Mai; im zweiten und dritten Jahr den höchsten Ertrag gebend, doch auf den meisten Wiesen Norddeutschlands, wie Dr. Weber beobachtete, nach einigen Jahren stark zurückgehend. Liebt mäfsig feuchten Boden, selbst naskalten Tonboden, kommt aber auch viel auf trockenem vor und gedeiht ferner noch gut im Schatten, in Parks und Obstgärten usw., ebenso auf Moorboden. Gegen Spätfröste empfindlich. Für Bewässerung mit Rieselwasser oder Spüljauche sehr geeignet und dann riesige Erträge bringend, aber oft zu geil wachsend. — Eins der besten Gräser, wengleich etwas grob, wird aber vielleicht überschätzt; muß möglichst früh gemäht werden, da es sonst leicht hart wird.

2. *D. Aschersoniana*. Von *D. glomerata* verschieden durch folgende Merkmale: Lebhaft hellgrün. Grundachse (Wurzelstock) *kriechend*, bis

10 cm lange, dünne Ausläufer treibend. Rispe *schlank*, bis 20 cm lang, *nicht geknäuel*t, die einzelnen Teile fast ährenförmig überhängend, Rispenäste fast anliegend, nur zur Blütezeit abstehend. Ährchen länglich, schmal, meist 6blütig. Hüllspelzen *beide* 3nervig, *kahl*, durchsichtig-häutig. Deckspelze schmal, weiflich-häutig, mit 3 stark vorspringenden grünen und 2 undeutlicheren Nerven, *kahl*, auf dem Rücken rau. Staubbeutelhälften am Grunde stark *auseinandertretend*, nur im oberen Viertel zusammenhängend.

♀. Erst Ende Juni, Juli. Auf buschigen, sonnigen Hügeln, in Laub-, besonders Buchenwäldern, auf Waldwegen, nur auf *mergelhaltigem*, feuchtem Boden. Diese erst 1899 von Dr. Paul Graebner im Notizblatt des Königl. botanischen Gartens und Museums Berlin II, 274 (1899) aufgestellte Art unterscheidet sich nach Ascherson und Graebner, Synopsis der Mitteleuropäischen Flora, Leipzig 1900, S. 381, in ihrer Tracht und in ihren systematischen Merkmalen außerordentlich von *Dactylis glomerata*. In der Tracht erinnert sie etwas an *Phalaris arundinacea* (S. 323). Die schlaff überhängenden Blätter erinnern an *Melica*, die Stengel sind sehr schlank und hoch ($1\frac{1}{2}$ —1 m), tragen an der Spitze die überhängende, schlanke, wenig auffällige, hellgrüne Rispe und stehen fast stets einzeln an der Pflanze. Die *abgestorbenen* Stengel *bleiben sehr lange stehen*, mindestens bis zur Mitte des folgenden Sommers, und drücken dadurch den Beständen ein ganz charakteristisches Gepräge auf.

11. *Cynosurus* (*κύων* Hund und *οὐρά* Schwanz), Kammgras. Unter jedem ährchentragenden Zweiglein ein anderes mit zweizeilig gestellten, gekämmt erscheinenden, tauben Spelzen (sog. gefiedertes Trag- oder Deckblatt). Blätter *gefal*let. Ährchen 1—5 blütig, Deckspelze auf dem Rücken abgerundet. Die Samen können daher auf dem Rücken liegen.

C. cristatus, gemeines Kammgras (Fig. 90). Triebe intravaginal, aber ausläuferartig. Horst klein, eben, mit zahlreichen Wurzelblättern. Bildet selten einen dichten Rasen, da es meist vereinzelt steht, ist aber ein gutes Untergras. Halme zahlreich, aufrecht, fein, glatt, obere Knoten länglich. Blatthäutchen kurz. Blätter schmal, gelbgrün, ähnlich denen des englischen Raigrases, aber zäher, steifer und sperriger. Spreitengrund ohne Zahnfortsatz. *Rispe ährenförmig*, einseitwendig oder 3seitig. Hüllspelzen etwas ungleich, lanzettlich, fein und kurz begrannt. *Deckspelze* auf dem Rücken stark gewölbt, oberwärts *fein warzig behaart* (was in der Reife viel mehr hervortritt), *kurz begrannt*.

♀. Wiesen, Triften. Juni, Juli. 0,30—0,60 m. Mittelfrüh, erst Mitte Juni blühend, zur Zeit der Heuernte noch wenig entwickelt, im 2. Schnitt aber sehr viel (nach Weber nur mäsig) Ertrag gebend. Liebt feuchten Boden und feuchtes Klima, viel in den Marschen, selbst auf zähem Ton gedeihend, in der Schweiz im unteren Teile der Straußgras-Region, 700—1200 m, oft bis zu 58 % vorkommend. Über den Wert sind die Ansichten geteilt. Tatsache ist, daß das Weidevieh in den Marschen die trockenen, abgeblühten Halme stehen läßt; als

Untergras hat es großen Wert, daher viel für feinen Gartenrasen benutzt. Bewässerung erträgt es gut. Leider ist der Same sehr teuer. Nach Armstrong auf hochwertigen alten Weiden in England 5—11 % des Bestandes, auf neueren 3—10, auf minderwertigen alten Weiden 7—18 % (Mitt. d. D. L.-G. 1908, S. 125 ff.).

12. Festuca (Name eines Unkrautes bei Plinius; bedeutet eigentlich einen Grashalm), Schwingel. *Rispe* (außer zur Blütezeit) meist *einseitigwendig* (Festuca-Typus siehe S. 341, Poa). Ährchen 2- bis vielblütig, Deckspelze auf dem Rücken ungekielt (Gegensatz zu Poa: die Samen können auf dem Rücken liegen), entweder stumpf und unbegrannt oder spitz und an der Spitze begrannt. Vorspelze fein gewimpert, untere Hüllspelze bei unseren Arten 1-, obere 2nervig. *Narben an der Spitze des Fruchtknotens, Stielchen* der einzelnen Blütchen *dünn, zylindrisch* (Unterschiede von Bromus).



Fig. 90. *Cynosurus cristatus*.
a Ährchen; b dasselbe blühend, mit den sogen. Kammspelzen; c Blütchen; d Staubgefäße und Fruchtknoten.



Fig. 91. *Festuca pratensis*.
Rechts oben Blatthäutchen, unten Frucht mit Spelzen, von innen gesehen.

I. Blätter alle flach.

1. *Festuca distans* (Glyceria d., Atropis d.), absteher Schwingel. Rasenförmig. Äste meist zu 5, nach der Blüte *zurückgeschlagen*. Ährchen 4—6 blütig. Hüllspelzen sehr klein. ♀. Düngerhaufen, Salzwiesen. Tracht einer Poa, Deckspelzen aber nicht gekielt. Von der ebenfalls ähnlichen *Catabrosa aquatica* durch die meist zahlreichen Blüten und die fast ganz offenen Blattscheiden zu unterscheiden.

2. *Festuca thalassica* (F. od. *Atropis maritima*), Meerstrandschwingel. Nicht blühende Halme im Herbst *verlängert, niederliegend*,

wurzelnd. Untere Äste meist zu 2, fruchttragende *zusammengezogen*. Ährchen 5—8blütig, schmal, sonst wie vorige. Ährchen gröfser. An der See.

3. *F. pratensis* (F. *elatior* L.), *Wiesen-Schwingel* (Fig. 91). Horst ziemlich dicht, eben, mit zahlreichen hohen Halmen und langen, breiten Blättern. Untere Blattscheiden am Grunde glänzend purpurn, sich in *braune Fasern* auflösend. Blätter unterseits stark glänzend, lang zugespitzt, ähnlich denen des englischen Raigrases, besonders auch wegen der Zahnfortsätze am Blattgrunde, aber Blätter im Triebe gerollt, nicht gefaltet, der Blattgrund ferner am Rande rückwärts rauh und die Spreite mit deutlicheren Rippen, 15—20, die als weisse Längsstreifen im durchfallenden Licht erscheinen. Rispe einseitwendig, nur während der Blüte ausgebreitet. *Äste rauh*, die unteren meist zu 2, der eine *davon sehr kurz* und *meist 1 Ährchen*, der zweite 3—4 Ährchen tragend. Ährchen 7—12blütig, unbegrannt, untere Hüllspelze kleiner. ♀. Juni, Juli. Treibt ziemlich früh, blüht Anfang Juni, wächst schnell, bestockt sich stark und bleibt lange Jahre sich im Ertrage gleich.

Liebt feuchtes, nebeliges Klima und guten Boden, besonders humusreichen, frischen Mergel-, Lehm- und Tonboden, auch besandeten und gedüngten Moorboden; eines der besten Gräser für *Bewässerungs-* und für *Moorwiesen* und überhaupt eines der vorzüglichsten Gräser, gibt grofse Massen sehr guten Futters, kann oft 3 mal geschnitten werden. Vom Meere bis in die Alpen, hoch geschätzt.

4. *F. arundinacea*, rohrartiger Schwingel. Horst dicht, grofs, höher, derber und breitblättriger als *F. pratensis*. Blattscheide mit undeutlichen Queradern, etwas rauh, Blattspreite im durchfallenden Licht mit ca. 9 weifsen Streifen, steif, dick und hart, Rand des Spreitengrundes gewöhnlich mit einigen verlängerten Borstenhaaren. *Rispe ausgebreitet*, überhängend. Äste rauh, zu 2, verzweigt, 5—15 Ährchen tragend, die unteren mit einem nur wenig kürzeren, fast *ebensoviel Ährchen* tragenden, grundständigen Zweige. Ährchen nur 4—5blütig. ♀. Juni, Juli. 0,60—1,50 m.

Feuchte Wiesen mit fruchtbarem, bindigem Boden, besonders in den Marschen, wo sie zuweilen massenhaft sich findet. Liefert, frühzeitig gemäht, viel und gutes Futter, auch guten Nachwuchs für den 2. Schnitt, hat aber nach Webers Beobachtungen, namentlich auch für Weiden, bei weitem nicht den Wert von *F. pratensis*, deren Same noch dazu billiger ist. (Ist *F. elatior* der Samenhändler.)

II. *Halmblätter flach (trocken aber auch fast borstlich)*. *Wurzelblätter borstlich*. *Alle Blätter im Triebe gefaltet, nicht gerollt, Blatthäutchen kurz, mit 2 Öhrchen den Stengel umfassend*.

5. *F. heterophylla*, verschiedenblättriger Schwingel. Wurzel faserig. Triebe intravaginal, dichte Horste bildend. *Wurzelblätter borstenförmig*, zusammengefaltet, grasgrün, meist schlaff, *halmständige flach* (trocken gefaltet). Stengel dünn, schlaff. Rispe einseitwendig, nur während

der Blüte abstehend, Rispenäste fein, rauh. Die untersten meist mit 1 *grundständigen* Zweige. Ährchen 2zeilig, meist 6blütig. Hüllspelzen sehr ungleich, die untere halb so groß als die obere, 1nervig, die obere 3nervig. Deckspelze an der Spitze mit einer Granne, die kürzer ist als die Spelze. (*F. duriuscula* der Samenhändler.)

♀. Mai, Juni. Trockene Wälder und Wegränder; nach Weber auch auf nicht abgetragenen Hochmoor gedeihend. Der *Aira flexuosa* ähnlich. Höhe 0,50—1 m. Für leichten Boden geeignet. Feines Untergras. Erträgt Bewässerung, doch wird meistens statt seiner der rote Schwingel, *Festuca rubra*, genommen, der, weil meist kurze Ausläufer treibend, einen besseren Rasen bildet. Oft sind beide kaum voneinander zu unterscheiden.



Fig. 92. *Festuca rubra*, mit Querschnitt des Blattes, Blatthütchen und bespelzter Frucht.
(Nach Stebler und Schröter.)



Fig. 93. *Festuca ovina*, nebst bespelzter Frucht, von innen und von außen.
(Nach Sutton.)

6. *F. rubra*, roter Schwingel (Fig. 92 und 51, S. 304). Wurzelstock meist *kurze Ausläufer* treibend und einen zusammenhängenden, auf Moorboden und im Gebirge oft büstendichten Rasen bildend. Sonst wie voriger, oft etwas graugrün, so an trockneren Stellen. Waldränder, auch auf sandigen und moorigen Bodenarten. Bei der Varietät *fallax* fehlen die Ausläufer, und ist es dann äußerst schwer, sie von *F. heterophylla* zu unterscheiden.

Mai, Juni. Höhe 30—60 cm. Ährchen und Halme oft rot überlaufen. Treibt früh, blüht Ende Mai; zunächst langsam wachsend, hat er seine höchste Entwicklung im 2. Jahr. Bildet im 2. Schnitt zahlreiche lange Blätter. *Wert*: 2. Güte. Eines der besten Untergräser für geringere Wiesen, namentlich Moor-

wiesen, da es unempfindlich gegen Kälte ist und Nässe gut erträgt. Von den Strandwiesen des Meeres bis hoch in die Alpen. Bildet am Strande der See als var. *arenaria* (Ährchen größer, wollig zottig) oft ausgedehnte Bestände.

III. Alle Blätter borstlich, sonst wie II.

7. *F. ovina*, Schafschwingel (Fig. 93). Graugrün oder grasgrün, Horst dicht, rundlich. Triebe intravaginal, Halme fein. Rispe zusammengezogen, nur während der Blüte abstehend. Äste aufrecht, ihr unterster Zweig erst oberhalb des Grundes abgehend. Ährchen eiförmig bis länglich, 3—4 blütig. Deckspelze kurz begrannt, lineal-lanzettlich, Vorspelze an der Spitze 2zählig.

4. Trockene Wiesen, Heiden, Triften, Wälder, gemein, früh. Typus eines Steppengrases. Nur für Schafweiden. Mai, Juni. 30—60 cm. Sehr vielgestaltig.

F. heterophylla und *rubra* zeigen recht deutlich den Übergang von Pflanzen der atlantischen Flora mit breiten Blättern, die viel verdunsten können, wie *F. arundinacea* und *pratensis*, zu solchen des Steppengebiets wie *F. ovina* mit nur borstlichen Blättern. Beide haben unten zwar borstenförmige Blätter, am Halm aber 1—2 flache.

13. *Bromus* (*βρωμος*, Name des Hafers bei Theophrastos), Trespelze. Rispenäste *zweiseitswendig*, Ährchen vielblütig. Deckspelze lanzettlich oder eilanzettlich, an der Spitze 2spaltig, *unter* der Spitze begrannt oder seltener grannenlos. Narben nicht an der Spitze, sondern auf der *vorderen* Seite des Fruchtknotens, *oberhalb der Mitte* eingefügt. *Blattscheiden meist bis zur Hälfte geschlossen* (Unterschiede von *Festuca*). Die Arten am besten zur Reifezeit zu unterscheiden, zu welcher Zeit der charakteristische Winkel an den Deckspelzen, den einige Arten zeigen, deutlicher ist. *Stielchen* der einzelnen Blüten *dick, keilförmig*.

1. *B. secalinus*, Roggen-Trespelze. ☉. Gefürchtetes Unkraut unter Getreide, besonders Roggen. Blüten sich nicht deckend. Blätter im durchfallenden Licht mit 6—7 weissen Streifen.

2. *B. racemosus*, traubenförmige Trespelze. Gelblich-grün. *Untere* Blattscheiden behaart. Rispe schmal, traubenförmig, *aufrecht*, zuletzt auch überhängend, nach dem Verblühen zusammengezogen. Ährchen eiförmig-länglich, *kahl*. Blüten elliptisch, fruchttragende am Rande sich deckend. Deckspelze 7nervig, zur Fruchtzeit am *Rande bogenförmig*, nicht stumpfwinklig, länger als die steif gewimperte Vorspelze. Granne gerade. ☉. Wiesen, Triften, zerstreut. Mai und Juni. 30—50 cm. Sehr ähnlich der folgenden. Futtergras 2. Güte.

3. *B. mollis*, weiche Trespelze (Fig. 94). Graugrün. Horst locker, mit breiten Wurzelblättern. Blätter und Ährchen weichhaarig. Deckspelze zur Fruchtzeit am *Rande oberhalb der Mitte stumpfwinklig*

hervortretend, sonst wie vorige. ☺. Wiesen, Raine, auf allen Bodenarten, auch auf Moorwiesen, weniger im Gebirge. Mai, Juni. 15—50 cm. Ändert ab mit kahlen Ährchen.

Obergras, früh blühend und reifend. Ziemlich unempfindlich gegen Klima. Wegen der starken, weichen Behaarung vom Vieh ungern gefressen. Nach Weber höchstens Weidegras 3. Güte, auf Wiesen zu verwerfen. Für Bewässerung ungeeignet. Dennoch, wo billige Aussaat verlangt wird, z. B. auf unbesandeten Moorwiesen, an Eisenbahndämmen usw. (leider) oft viel angesät. Da die Samen früh ausfallen, kann sie sich leicht auf Wiesen ausbreiten und die besseren Gräser verdrängen. Im 2. Schnitt findet sie sich selten, denn der Nachwuchs ist gering.



Fig. 94. *Bromus mollis*.
 a Hüllspelzen; b Blüthen; c Deckspelze, ausgebreitet; d Vorspelze; e Staubgefäße und Fruchtknoten; f Frucht.

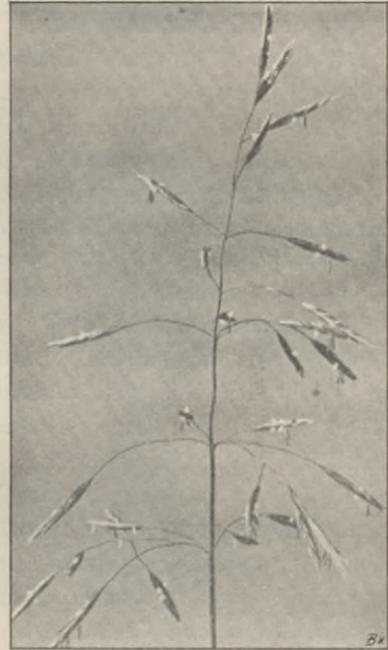


Fig. 95. *Bromus inermis*, blühend.
 (Original.)

4. *B. erectus*, aufrechte Trespe. Obergras. Triebe extravaginal, aber sich gleich aufwärts wendend. Horst klein, dicht, keinen geschlossenen Rasen bildend, hellgrün. Untere Blattscheiden bis $\frac{3}{4}$ geschlossen, abstehend locker behaart oder kahl. Blätter im Triebe *gefaltet* (nur bei dieser Art *Bromus*), schmal und lang, *am Rande gewimpert*, die unteren fast borstenförmig. Halm wenigblättrig, oben locker abstehend behaart. Rispe schmal, gedrängt, *aufrecht*, untere Äste zu 2—7, meist 5, 1—2 Ährchen tragend. Ährchen lineal-lanzettlich, 5—8 blütig, lang, gelbgrün, untere

Hüllspelze 3-, nicht 1nervig. Deckspelze kurz begrannt. Staubbeutel hellgelb, nach Stebler orangegeb. ♀. Sonnige Hügel, trockene Wiesen. Mai, Juni, und im 2. Schnitt im August. 30—90 cm. Liebt trockenen, besonders *Mergel-* und *Kalkboden*. (Im Handel *B. pratensis* genannt.)

Ziemlich früh, unempfindlich, auch in Hochtälern noch verbreitet (Engadin). Nässe und Beschattung erträgt sie nicht. Volle Entwicklung erst im 2. Jahre. *Wert*: 2. Güte, aber für trockene, *kalkhaltige* Wiesen wichtig.

5. *B. inermis*, grannenlose Trespe (Fig. 95). Hellgrün oder etwas graugrün. *Lange unterirdische Ausläufer* treibend und einen zusammenhängenden Rasen bildend. Halm vielblättrig. Blätter alle breit, zäh, wie die Blattscheiden *kahl*. Rispe groß, weit ausgebreitet, kürzer als bei *Bromus erectus*. Deckspelze grannenlos oder kurz begrannt. Staubbeutel zitronen-, zuletzt orangegeb. Sonst wie vorige. ♀. Juni, Juli. 0,15—1 m. Entwickelt sich später als alle andern Trespenarten, blüht erst Mitte Juni, gibt aber noch guten Nachwuchs.

Gegen Kälte und Trockenheit unempfindlich, am liebsten auf humusreichem sandigem Lehmboden. Für *Bewässerung* dankbar. Gras 2. Güte; wird, wenn nicht vor der Blüte geschnitten, leicht hart. Für trockene Wiesen aber wertvoll, auch für Böschungen usw. Hält lange Jahre aus.

6. *B. arvensis*, Acker-T. Blätter schlaff, mit 15—25 Rippen, abstehend behaart, selten kahl, Blattscheiden abstehend behaart, obere mitunter kahl. Rispe *groß*, abstehend, bei der Fruchtreife etwas überhängend, Äste sehr lang, Ährchen lineal-lanzettlich, Blüten elliptisch-lanzettlich. Deckspelze 7nervig, am Rande oberhalb der Mitte *stumpfwinkelig*, etwa so lang als die Vorspelze. — Leicht kenntlich an den schmalen, meist violetten oder grün und violett gescheckten Ährchen und den zugespitzten Deckspelzen (Ascherson). ☉ und ☉, zerstreut, am liebsten auf etwas feuchtem, sandigem Lehm- und torfigem Boden. In Dänemark für solche Verhältnisse als recht gutes, einjähriges Futtergras empfohlen; von dort der Same mitunter eingeführt.

14. *Brachypodium* (*βραχύς* kurz, *πόδιον* Füßchen, hier Stielchen), Zwenke. Ährchen *kurz* gestielt, einzeln, 2zeilig, in einfacher, ährenförmiger Traube, vielblütig. Vorspelze (innere Spelze) auf den Kielen kammförmig gewimpert.

1. *B. silvaticum*, Wald-Zwenke. Wurzelstock faserig. Blätter schlaff, *dunkelgrün*. Scheiden rückwärts rauhaarig. Ähre (Traube) 2zeilig, locker überhängend. Grannen der oberen Deckspelzen länger als diese, dünn. ♀. Schattige Wälder, zerstreut. Juli, August. 0,60—1 m.

2. *B. pinnatum*, gefiederte Zwenke. *Wurzelstock kriechend*. Blätter steif, *hellgrün*. Scheiden weichhaarig. Ähre meist aufrecht, Grannen kürzer als die Deckspelzen, steif. ♀. Grasige, trockene Hügel, Wälder, gern auf Sand und *Kalk*.

§ 61.

Gruppe 10. **Hordéae**, Ährengräser. *Ährchen in Auszahnungen der Spindel, d. h. der Achse, in einer Ähre*, fast stets abwechselnd in zwei einander gegenüberstehenden Reihen. (Nardus einseitigwendig.)

1. *Triticum* (Name des Weizens bei Varro), *Weizen*. Ähre mit Gipfelährchen. Ährchen meist einzeln, d. h. auf jeder Stufe der Ährenachse sitzt nur 1 Ährchen (nicht 3 wie bei Gerste). Steht das eine rechts, so steht das folgende links usf. Ährchen mit der *breiten Seite der Spindel der Ähre zugekehrt, 2- bis mehrblütig*. Hüllspelzen eiförmig oder lanzettlich, mehrnervig. Deckspelzen auf dem Rücken abgerundet oder gekielt, begrannt oder unbegrannt.

A. Ährchen gedunsen, Hüllspelzen eiförmig oder länglich, kürzer als das Ährchen.

I. Spindel der Ähre zähe, Frucht frei. Nackte Weizen.

a) Hüllspelzen breit eiförmig, nur oben gekielt, unten meist gewölbt, bei begrannten aber gekielt, etwa so lang wie die nächste Deckspelze. Halm auch oben hohl.

1. *T. vulgare* (im engeren Sinne), *gemeiner Weizen*. Ährchen ziemlich locker. Deckspelze begrannt (Bartweizen) oder unbegrannt (Kolbenweizen). Winter- oder Sommerfrucht. Ähren vorn und hinten etwas breiter als an den Seiten, im Grundrifs also ein queres Rechteck bildend (man halte die Blütenseite vor sich). Die häufigste Art. — 2. *T. compactum*, *Zwergweizen*. Wie voriger, aber Ähre kurz, dicht, im Grundrifs quadratisch, selten platt, begrannt (Igelweizen) oder unbegrannt (Binkelweizen). — Zwischen 1 und 2 steht 3. *T. subcompactum* mit oft keulenförmigen Ähren. Hierzu der Square head- oder Dickkopfweizen.

b) Hüllspelzen meist breit eiförmig, *ihrer ganzen Länge nach scharf gekielt*, meist halb so lang als die nächste Deckspelze. Halm oben dicht unter der Ähre voll, markig, nicht hohl.

4. *T. turgidum*, *bauchiger Weizen*, *Rauhweizen*, *englischer Weizen*, obwohl in England viel mehr *T. vulgare* gebaut wird. Ähre lang, dicht und dick, im Grundrifs quadratisch, *lang begrannt*. Grannen meist parallel der Ähre. Korn dickbauchig, oben fast kahl, wenig proteinreich. Hierher die in der Provinz Sachsen so viel gebaute Sorte *Rivetts bearded*.

c) Hüllspelzen oft *länglich, ihrer ganzen Länge nach fast flügelig gekielt*, oft so lang wie die nächste Deckspelze. Halm oben markig.

5. *T. durum*, *Hartweizen*. Ähren im Grundrifs verschieden, bald mehr quadratisch, bald mehr rechteckig, kurz oder lang, dick oder dünn. Ährchen sehr lang begrannt, Grannen *abstehend*. Spelzen von der Seite zusammengedrückt. Korn meist glasig, hart und dann sehr proteinreich. Bei uns selten gebaut, mehr im Mittelmeergebiet, und neuerdings in den trockensten Gegenden Nordamerikas als sogen. Makaroni-Weizen. (Scharfe Unterschiede von den vorigen gibt es nicht, wie überhaupt nicht zwischen den 4 Arten, die man deshalb oft nur als Unterarten einer einzigen Art ansieht.)

II. Spindel zerbrechlich, Frucht von den Spelzen umschlossen.

Bespelzte Weizen.

a) *Ähre fast gleichmäßig 4kantig*, im Grundrisse also quadratisch, *locker, lang und dünn*.

6. *T. Spelta, Spelz, Dinkel*. Hüllspelzen quer und breit abgestutzt, mit sehr kurzem, stumpfem Mittelzahn, wenig gekielt, begrannt oder unbegrannt.

b) *Ähre von der Seite zusammengedrückt*, dicht, im Grundrifs ein aufrechtes Rechteck bildend, fast stets begrannt.

7. *T. dicoccum (T. amyleum), Emmer, Zweikorn*. Hüllspelzen länglich, ihre Spitze einwärts gebogen, meist mit spitzem Mittelzahn, scharf gekielt.

8. *T. monococcum, Einkorn*. Hüllspelzen länglich-lanzettlich, mit *zwei* spitzen, geraden Zähnen, Vorspelze (innere Spelze) bei der Reife bis zum Grunde in 2 Teile geteilt, Korn flach, von der *Seite* zusammengedrückt.

Die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft teilt die bei uns gebauten Weizen folgendermaßen ein: I. Spelzformen und Spelzweizenkreuzungen (hierzu unsere Nr. 6—8). — II. Gemeine Weizen: a) Dichtährig — Binkel-, Igel-, Dickkopfweizen und dichtährige Kreuzungen davon umfassend — (hierzu unsere Nr. 2 u. 3); b) Lockerährig (hierzu unsere Nr. 1). — Beide werden weiter eingeteilt nach Begrannung und Behaarung der Spelzen, Farbe der Ähren, Farbe der Körner. — III. Als *strotzender* Weizen werden die mit dem Rauheizen (*Trit. turgidum*, Nr. 4) zusammengehörenden Formen bezeichnet. — Weitere Einteilungsmomente aller Gruppen sind: Winter-, Sommer- und Wechselweizen. Letzterer ist ein Weizen, der sich sowohl als Winter- wie als Sommerfrucht bauen läßt. (Mitt. d. D. L.-G. 1908, S. 122.)



Fig. 96. *Triticum repens*.

a Hüllspelzen; b 5 Blütchen; c ein Blütchen; d dessen Schüppchen; e Fruchtknoten.

B. Ährchen bauchig gedunsen, Hüllspelzen länglich, so lang oder länger als das ganze Ährchen.

9. *T. polonicum*, polnischer Weizen. Ähre meist sehr groß und locker, gewöhnlich begrannt, Ährchen sehr groß. Hüllspelzen papierartig, Vorspelze halb so lang als die Deckspelze. Sehr selten gebaut. (Der polnische Weizen des Handels gehört zu *T. vulgare*.)

C. Ährchen nicht bauchig gedunsen, Hüllspelzen lanzettlich.

10. *T. repens, kriechender Weizen. Quecke, Pede* (Fig. 96). Lange, unterirdische, weißliche Ausläufer treibend und den Acker sehr verunkrautend, auf Wiesen aber wegen Befestigung des Rasens durchaus nicht zu verachten.

Blatthäutchen kurz. Blattspreite mit 7—9 Hauptnerven, meist schlaff, oft oberseits etwas rauh durch eine einfache Reihe kleiner Borsten auf den Nerven. Halm unterwärts liegend, gekniet, dann aufrecht. Ähre 2zeilig, kürzer als bei *Lolium*. Ährchen 2—5 blütig. Deckspelze meist kurz begrannt. Staubbeutel gelb. ♀. Juni, Juli.

Von *Lolium perenne* und *L. italicum*, englischem und italienischem Raigras, durch die mit der *breiten* Seite nach der Spindel der Ähre gekehrten Ährchen leicht zu unterscheiden.

11. *T. caninum*, Hundswitzen. Nicht kriechend. Blätter graugrün, unterseits dunkelgrün, glänzend, rauh. Ähre lang und schlaff, überhängend. Granne etwas geschlängelt. ♀. Schattige Laubwälder.

2. *Secale* (Name einer Getreideart bei Plinius), Roggen. Ähre ohne Gipfelährchen, Ährchen meist einzeln, gewöhnlich 2blütig. *Hüllspelzen pfriemlich*, einnervig, sonst wie *Triticum*, aber der Embryo am reifen Korn mit 4 Würzelchen, beim Weizen nur mit 3, was am besten auf dem Querschnitt oder bei der Keimung zu sehen ist.

S. cereale, *gemeiner Roggen*. Ähre etwas überhängend, lang. Hüllspelzen am Kiel rauh, kürzer als das Ährchen. *Deckspelzen am Kiel kammartig borstig gewimpert*. ☉ und ☉, selten ♀. Überall gebaut. Mai, Juni. Stammt vom perennierenden *S. montanum*, mit zerbrechlicher Ährenspindel, in Südeuropa.

Die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft unterscheidet: 1. dichtährigen, 2. lockerährigen Roggen. Weitere Einteilungsmomente: Kornfarbe und Reifezeit (Mitt. d. D. L.-G. 1908, S. 122).

3. *Élymus* (ἔλυμος, Name einer Hirseart bei Hippokrates), Haargras. *Ährchen* (bei unseren Arten) meist zu 3 stehend, 2- bis vielblütig, oder, wenn 1blütig, mit einem Ansatz zu einer 2. Blüte. Wird jetzt meist zur Gattung *Hordeum* gezogen.

E. arenarius, Strandroggen, *blauer Helm*. Bläulich-grün, Wurzelstock weit kriechend, Ausläufer treibend. Blätter steif, breit, trocken eingerollt. Ähren sehr lang, aufrecht, Ährchen 3blütig, weichhaarig, unbegrannt. ♀. 1—1,5 m. Auf Sand an den Küsten der Nord- und Ostsee, im Binnenlande seit dem 18. Jahrhundert wie *Ammophila arenaria* (S. 332) zum Binden des Flugsandes eingeführt und jetzt völlig eingebürgert. (Ascherson.)

E. europaeus, europäisches Haargras. Grasgrün, ohne Ausläufer, an und unter den Knoten kurz rückwärts-zottig, *untere Scheiden rückwärts zottig*. Blätter flach. Ährchen 2blütig oder 1blütig, mit dem Rudiment einer 2. Blüte. Hüllspelzen linealisch-pfriemlich, begrannt, Deckspelzen lang begrannt. Laubwälder. ♀. 0,60—1,3 m. Sieht *Triticum caninum* und *Brachypodium silvaticum* ähnlich.

4. *Hordeum* (Name der Gerste bei Vergilius), *Gerste*. *Ährchen zu 3 stehend*, meist einblütig. Hüllspelzen lineal-lanzettlich bis borsten-

förmig, sich mit Deck- und Vorspelze *kreuzend*. Deckspelze meist lang begrannt. (Beim Weizen stehen die meist vorhandenen 3 Körner auf einer Stufe der Ähre in **1** Ährchen; bei der vielzeiligen Gerste dieselben 3 Körner in **3** Ährchen, jedes Ährchen enthält aber nur *ein* Korn.)

A. Blütenspelzen meist elliptisch, Granne flach verbreitert.

a) Alle Ährchen fruchtbar, begrannt (vielzeilige oder sogen. kleine Gerste).

1. *H. hexástichum*, *sechszehlige Gerste*. Ähre mit 6 gleichartig abstehenden Ährchenreihen. Selten gebaut.

2. *H. tetrástichum* (*H. vulgare*), *vierzeilige Gerste*. Die zwei mittleren Ährchenreihen anliegend, die vier seitlichen abstehend. Als Winter- und Sommerfrucht gebaut.

b) Nur die Mittelährchen fruchtbar (zweizeilige oder sogen. große Gerste).

3. *H. distichum*, *zweizeilige Gerste*. Seitliche Ährchen verkümmert. Keulenförmig. Als Sommerfrucht viel gebaut. 1. var. *nutans*, nickende oder lockere Gerste, die am meisten gebaute Form der Gerste, meist Sommerfrucht. 2. var. *erectum*, aufrechte, richtiger dichte Gerste, Imperialgerste, Goldthorpegerste. Neuerdings wieder mehr gebaut. Sommerfrucht.

Wichtig ist bei den Gersten die Beschaffenheit der sogen. Basalborste, die in der Furche des Kornes liegt. Es ist eigentlich das Stielchen der zweiten nicht ausgebildeten Blüte, die bei *Elymus* vorhanden ist. Sie ist bei unveredelten Gersten, sogen. Landgersten, gröber und länger behaart, bei veredelten Gersten feiner und kurz behaart.

Die Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft unterscheidet: 1. *Wintergerste*: a) vielzeilig, b) 2 zeilig; 2. *Sommergerste*: a) vielzeilig, b) 2 zeilig, von letzterer: α) dichtährig (Imperial- und Pfauengerste), β) lockerährig und von dieser 1. den zuerst in Schweden unterschiedenen sogen. c-Typ (Chevaliertyp, mit feiner, kurz und kraus behaarter Basalborste), 2. den a-Typ (alter Landgerstentyp, mit gröberer, lang und glatt behaarter Basalborste). Weitere Einteilungsmomente: Reifezeit, Kornfarbe (Mitt. d. D. L.-G. 1908, S. 122).

B. Blütenspelzen lanzettlich, Grannen haarfein.

4. *Hordeum murinum*, Mäuse-Gerste. Grasgrün. Hüllspelzen des mittleren Ährchens lineal-lanzettlich, bewimpert, die der 2 gestielten seitlichen borstenförmig, rauh. ☉. Wege, Schutthäufen. Juli, August. 0,15 bis 0,30 m. — Unkraut.

5. *H. secalinum*, *roggenartige Gerste*. Graugrün. Horst klein. büschelig, mit zahlreichen Wurzelblättern. Scheiden der unteren Blätter rauhhartig. *Hüllspelzen aller Ährchen borstenförmig und rauh*. ♀. Juni, Juli. 30—80 cm.

Liebt feuchtes Klima und feuchten Boden, besonders Salzboden; auf den reichen Fettweiden der Marschen, besonders wenn diese älter werden, sehr verbreitet und dort sehr geschätzt. Für Bewässerung sehr geeignet, da aber der Same nicht im Handel zu haben ist, für künstliche Wiesen ohne Bedeutung. Treibt früh, blüht oft schon Ende Mai. *Wert*: Vor der Blüte gemäht ein gutes Futter.

§ 62.

Hordéaceae, Ährengräser, Fortsetzung: Raigräser.

5. *Lolium* (Name eines Unkrautes bei Vergilius), Lolch. Ährchen einzeln, vielblütig, mit der *schmalen Kante* der Ährenspindel zugewendet. Das Gipfelährchen mit 2 Hüllspelzen, die seitenständigen nur mit einer, der äußeren, oberen. Den Schutz, den sonst die hier fehlende untere Hüllspelze gibt, gewährt bei *Lolium* eine Rinne an den Internodien der Ährchenspindel, in welche sich die Ährchen legen. Blattscheiden *geschlossen*. Blattgrund mit 2 Zähnen. Blathhäutchen kurz.

I. Wurzelstock treibt blühende Halme und nichtblühende Blätterbüschel.

1. *L. perenne*, ausdauernder Lolch, englisches Raigras (Fig. 97). Horst dicht, eben, ausgebreitet, weil die Internodien der zwar intravaginalen unterirdischen Triebe sich dennoch oft fast zu Ausläufern verlängern, so daß der ganze Horst aus Teilhorsten besteht. Blattscheiden meist etwas flach, untere am Grunde rot, lange bleibend, ohne sich in Fasern (wie beim Wiesen-schwengel) aufzulösen. Blattspreite schmal, anfangs freudig grün, daher der Gartenrasen so lebhaft grün (Samsö Lund), später dunkler grün, unterseits glänzend grün. Die Unterseite ist aber nach oben gedreht und dadurch entsteht besonders die leuchtend grüne Farbe des Raigras-Rasens. Mit hervorragendem Mittelnerv und vielen feinen (10—20) Seitennerven, die im durchfallenden Licht als dunkle Linien erscheinen, während die Zwischenräume zwischen ihnen gelbgrüne Linien darstellen, im Triebe *gefaltet*, selten bei jungen, kräftigen Exemplaren gerollt. Halm zusammengedrückt. Ähre lang, flach, 2 zeilig, Ährchen 8—10 blütig. Hüllspelze $1\frac{1}{2}$ mal so lang als die nächste ihr anliegende Deckspelze. Deckspelze stumpf, *grannenlos*, 5 nervig.

Trockenere Wiesen nur auf besserem, schwerem Boden, Wegränder, gemein. Bildet nach Weber Bestände von großer Ausdehnung, besonders in den Seemarschen, wo die Fettweiden bis zu 70, ja 80 % aus engl. Raigras bestehen. Es ist überhaupt ein besseres Weide- als Mähegras. In England findet es sich nach Armstrong auf hochmoorigen alten Weiden bis 40 % im Durchschnitt des Jahres, im Oktober bis 47, im März bis 52. Mit ihm bildet der Weifsklee



Fig. 97. *Lolium perenne*.
 a Ährchen, links die einzige Hüllspelze; b Blütchen; c Fruchtknoten;
 d Schüppchen.

den Hauptbestand, so daß beide zusammen über $\frac{2}{3}$ des gesamten Bestandes ausmachten. Über den großen Wert des *L. perenne* für Weiden in Norddeutschland siehe Weber in Mitt. d. D. L.-G. 1906, Stück 16 und Falke, Dauerweiden S. 93. — Juni—Oktober. 30—60 cm. Früh, bestockt sich nach dem Abmähen und Abweiden sehr stark, besonders auch nach dem Festtreten, daher zu Rasen, der begangen werden soll, sehr geeignet. Im Seeklima lange ausdauernd, besonders wenn es beweidet wird und nicht zur Blüte kommt, gibt es im Binnenlande meist nur in den ersten Jahren hohe Erträge, ist aber während dieser Zeit fast unentbehrlich, zumal es auch bei seiner schnellen Entwicklung der anderen Grassaat

zum Schutz (als Überfrucht) dienen kann. Für Bewässerungs- und Moorböden sehr geeignet, stauende Nässe aber erträgt es nicht. Gras 1. Güte. Same von kultivierten Pflanzen scheint meist viel weniger lang dauernde, aber schneller in „Saat“ schießende Individuen zu erzeugen, als der von wildwachsenden. (Weber, Arb. d. D. L.-G., Heft 61.) Für Rasenplätze hat man sehr feinblättrige Varietäten.

Von der Quecke, *Triticum repens*, durch die mit der schmalen *Kante*, nicht mit der breiten Seite der Hauptachse zugewandten Ährchen leicht zu unterscheiden.

Same des Handels: Die einzelnen Blüten; von den ähnlichen, aber meist viel teureren des Wiesen-schwingels, *Festuca pratensis*, durch ein kurzes, *plattes*, nicht langes, rundes *Stielchen* zu unterscheiden.

2. *L. multiflorum* (*L. italicum*), italienisches Raigras (Fig. 98). Horst ziemlich dicht, büschelig, untere Scheiden rot. Halme rauh, bis 1 m hoch. *Blätter* schlaff, mit 15—25 Rippen, im durchfallenden Licht mit 5—7 grünlich-weißen Streifen, meist breiter als bei *L. perenne*, *hellgrün*, unterseits glänzend, im *Trieb* gerollt. Ährchen sehr zahlreich, sehr lang, meist 10—20 blütig. Hüllspelze kaum so lang als die Deckspelze über ihr. Deckspelzen, besonders die oberen, meist *begrannt*.
Sonst wie vorige, aber Ährenachse zur Reifezeit

sehr zerbrechlich, Vorspelze am Rande *stärker gezähnt*-gewimpert, was zur Erkennung des Samens wichtig, wenn die Granne fehlt. Meist 2-, selten 3jährig. Juni—Oktober.

Stammt aus Südeuropa, liebt warmes Klima und feuchten, humusreichen Boden, auch Kalk- und Mergelboden, sowie milden, durchlassenden Tonboden, erfriert in Norddeutschland öfter, wird aber dennoch vielfach gern gebaut, weil es schon im ersten Jahre hohe Erträge gibt. Gras 1. Güte.

Bewässerung. Kein Gras eignet sich so für Bewässerung, wie das italienische Raigras; es wurde seit langen Zeiten auf den lombardischen Wässer-



Fig. 98. *Lolium italicum*
(italienisches Raigras),
blühend. (Original.)

wiesen gebaut, später in England auf den Riesel-Farms, und jetzt ist es auch auf den deutschen städtischen Rieselfeldern das am meisten angebaute Gras, da es nach Spüljauche-Düngung sich 5—6 mal, selbst noch mehrere Male im Jahre schneiden läßt. Man sät es meist alle Jahre von neuem an, da der Winter den Bestand sehr lichtet. Auch auf besandeten Moorwiesen viel gebaut, zumal es im ersten Jahr als Schutz für die übrigen Gräser dient.

Da es sehr schnell wächst, unterdrückt es andere Gräser leicht und dürfen davon nicht über 10 % in Grasmischungen beigegeben werden.

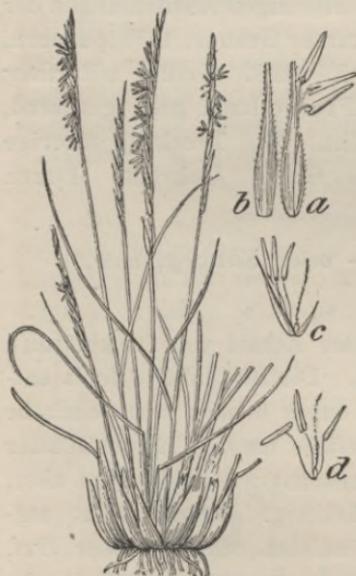


Fig. 99. *Nardus stricta*.
 a Ährchen; b Deckspelze; c Blüte;
 d Staubgefäße und die einzige
 Narbe.



Fig. 100. *Nardus stricta*, steifes Borstengras,
 kurz kriechende Scheinachse.
 (Original.)

II. Wurzelstock treibt nur blühende Halme.

3. *L. temulentum*, Taumellolch, unter Sommergetreide, besonders Hafer. Hüllspelze länger als das ganze Ährchen. Deckspelze länger oder kürzer begrannt. Giftig. ☉. 40—90 cm. Die Giftigkeit wird wahrscheinlich durch einen Pilz hervorgerufen, dessen Gewebe innerhalb zwischen der Samenschale und den Kleberzellen (siehe diese, Fig. 38, S. 294) wuchert und in Symbiose mit dem Korn lebt. Er kommt beim Keimen des Kornes wieder in den Stengel der neuen Pflanze und wächst in diesem in die Höhe.

4. *L. remotum*, Leinolch. Hüllspelze fast so lang oder kürzer als das Ährchen. Deckspelze meist unbegrannt. ☉. Unkraut unter Lein. 30—60 cm.

6. *Nardus* (*νάρδος*), Name einer ährentragenden Pflanze, welche ein wohlriechendes Öl liefert). Ährchen ganz ohne Hüllspelzen, Griffel nur 1.

N. stricta, steifes Borstengras (Fig. 99 und 100). Wuchs der ausdauernden Juncus- (Binsen-) Arten. Scheinachse dick, kurz kriechend, niedrige graugrüne Horste bildend, welche aus oft über hundert dicht zusammengedrängten Trieben bestehen, die zu je 5—10 wieder eng zusammengepreßt und von sterilen Blattscheiden umgeben sind. Wurzeln faserig, fast horizontal. Unterste (äußere) Blattscheiden schuppenförmig, kurz ei-lanzettlich, rötlich-weiß, porzellanartig glänzend, innere lang, eng anliegend, weiß. Blattspreite *borstenförmig*, rinnig gefaltet, rundlich, rückwärts rauh. Halm dünn, borstenförmig, meist 1 blätterig. Ähre *einseitswendig*, Ährchen 1blütig, in den rinnenförmigen Aushöhlungen der Ährenachse. Deckspelze an der Spitze mit kurzer Granne, trüb purpurn, am Rande sehr rauh. Vorspelze sehr schmal, weiß. Griffel mit *einer* fadenförmigen, weit hervortretenden Narbe. Frucht lang, gelb, glänzend, noch mit dem Griffel und der Narbe gekrönt. ♀. Trockene moorige Wiesen, Abhänge. Sehr schlechtes, hartes Gras. Unkraut. Durch Düngung verschwindet es.

2. Familie Cyperaceae, Halb-, Ried- oder Sauergräser.¹⁾

§ 63.

Blüten wie die der echten Gräser in der Achsel von Deckblättern (Deckspelzen), aber *ohne Vorblatt* (Vorspelze). Die Blütenhülle fehlt entweder, wie bei den Gramineae, oder sie ist durch 6 oder mehr einfache oder verzweigte Borsten dargestellt. Staubgefäße meist 3, Fruchtblätter 2 oder 3 (wie man an der Zahl der Narben erkennt); Fruchtknoten aber, wie auch bei den echten Gräsern, nur 1fächerig. Frucht nicht aufspringend, Same im Gegensatz zu dem der meisten echten Gräser *frei*, d. h. seine Schale nicht mit der Fruchtschale verwachsen. Keim im Innern vom Nährgewebe *eingeschlossen* (nicht wie bei den echten Gräsern unten an der Seite aufsen). Blüten zwittrig oder eingeschlechtlich, in Ährchen, welche wieder zu Ähren, Köpfen oder Rispen zusammengestellt sind.

Grasähnliche Kräuter, einjährig oder meist durch einen unterirdischen Wurzelstock ausdauernd, aus dem einzeln oder büschelig die beblätterten oder blattlosen, *oft scharf 3kantigen, knotenlosen und markhaltigen* Halme entspringen. *Blätter meist 3zeilig* an den 3 Kanten des Halmes. *Blattscheiden geschlossen.*

Die meisten Scheingräser sind schlechte Futterkräuter und kommen in der Regel auf *sauer*en Wiesen vor.

Gattungen: **I. Scirpus** (Name der Binse bei Terentius), *Binse* (Fig. 101). Ährchen vielblütig, zu einfachen oder zusammengesetzten Blütenständen ge-

¹⁾ Vergl. S. 218, 224, 291, 293.

ordnet. Blüte zwittrig, in der Achsel einer Deckspelze, *ohne Vorspelze*. Blütenhülle (Perigon) aus sechs Borsten bestehend oder fehlend. Griffel am Grunde nicht oder wenig verdickt. Blätter scheidig, oft ohne Spreite.

Hierher *Scirpus caespitosus*, Rasen-Binse. 10—30 cm. Ährchen *einzel*n, *endständig*. Heidemoore, zerstreut. Rasen gelbgrün. *S. lacustris*, Teichbinse (Fig. 102). 1—3 m hoch, im Wasser. Ährchen in doldenähnlichen Blütenständen (sogen. Spirren). Halm stielrund, grasgrün. *S. silvaticus* und *radicans* mit 3kantigem, beblättertem Halm und großer, reich verzweigter Rispe, an feuchten Orten. 60—90 cm.

2. Heleocharis (ἑλεος Sumpf und χάρις Huld, Zier), *Ried*. Wie *Scirpus*, aber *Griffel am Grunde verdickt*. *H. palustris* (*Scirpus palustris*), Sumpf-Ried. Ährchen *einzel*n, *endständig*, länglich-lineal. Unterste Spelze das Ährchen *halb* umfassend. In Stümpfen, große Flächen überziehend. ♀. Juni bis August. 10 bis 60 cm. *H. uniglumis*, einbälziges Ried (Fig. 103). Ährchen eiförmig-länglich, unterste Spelze das Ährchen *ganz* umfassend, sonst wie vorige. ♀. Juni bis August. Trocken leicht gelb werdend.



Fig. 101.

Grundriß der Blüte von *Scirpus*. 2 × 3 Borsten, 1 × 3 + 0 × 3 Staubgefäße, 1 × 3 Fruchtblätter; a Achse.



Fig. 102. *Scirpus lacustris*. a Stengelquerschnitt; b Blüte; c Staubgefäße, Fruchtknoten und die 6 Borsten; d Frucht mit Deckspelze; e reife Frucht, von den 6 Borsten umschlossen.

3. Eriophorum (ἐριόφορος Wolle tragend), *Wollgras*. Wie *Scirpus*, aber Perigon aus zahlreichen, sich nach der Blüte verlängernden Fäden, die einen weissen *wolligen Schopf* bilden.

E. vaginatum, scheidiges Wollgras. Ährchen *einzel*n. Stengelblätter mit aufgeblasener Scheide. *E. polystachyum* (*angustifolium*), vielähriges W. Stengel rundlich, Stengelblätter rinnig. *E. latifolium*, breitblättriges W.; ähnlich. Stengel 3 kantig, Stengelblätter flach (Fig. 104). Alle auf Moorbiesen. *E. vaginatum* und *polystachyum* besonders auf Hochmoor (Heidemoor).

4. Carex (Pflanzenname bei Vergilius), *Segge*. Ährchen 1 blütig, eingeschlechtlich, entweder eine einzige endständige oder mehrere Ähren bildend.

Sind mehrere Ähren vorhanden, so sind gewöhnlich die obersten männlich, die unteren weiblich. Die männlichen Blüten bestehen nur aus 3 Staubgefäßen und



Fig. 103. *Heleocharis uniglumis*.
a Ähre; *b*, *c* Spelzen; *d* Staubgefäße,
 Fruchtknoten und verdickter Griffel;
e Frucht (sogen. Nütschen).



Fig. 104. *Eriophorum latifolium*.
a Blühende Pflanze; *b* Blütenbüschel;
c Blüte; *d* Staubgefäße und Fruchtknoten,
 freigelegt; *e* Fruchtbüschel; *f* einzelne
 Fruchtfähre; *g* Same mit den Wollhaaren,
 bei *h* ohne solche.

sitzen unmittelbar in der Achsel der Deckspelze (Fig. 105 *A*), die weiblichen bestehen nur aus einem Fruchtknoten mit 2 oder 3 Narben, sie sitzen aber nicht unmittelbar in der Achsel der Deckspelze, sondern es entspringt aus der Achsel

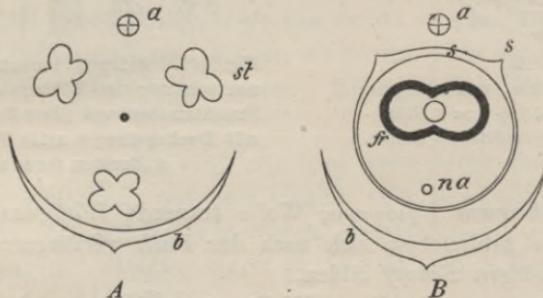


Fig. 105. *Carex*. *A* Grundriss (Diagramm) der männlichen Blüte, *B* der weiblichen.
a Achse; *b* Tragblatt (Deckspelze) des Blütenzweiges; *fr* Fruchtknoten; *na* Nebenachse, d. h.
 Achse 2. Ordnung; *s* die an ihr sitzende Deckspelze, das Tragblatt 2. Ordnung, welches an
 seinen Rändern verwächst und als sogen. „Schlauch“ die Frucht umschließt; *st* Staubblätter.

der Deckspelze erst ein kurzer Zweig, welcher auf der innern Seite wieder eine Deckspelze (Tragblatt 2. Ordnung, Fig. 106 *C*, *s*) trägt. Erst in der Achsel dieser sekundären Deckspelze steht die weibliche Blüte. Das sekundäre Tragblatt vergrößert sich und umhüllt die Frucht als sogen. *Schlauch* (Fig. 105 und 106).

Hierher sehr viele Arten mit meist scharfen, schneidenden Blättern, daher meist als Futter ungeeignet, mit Ausnahme einiger Arten in den Alpen. Nach Ratzburg soll *Carex vulpina* auf den Oderwiesen einigen Futterwert haben; überhaupt werden manche gröfsere Arten öfter im Heu mitgefressen, einzelne sehr langblättrige sogar zu Häcksel geschnitten. Man teilt die aufserordentlich zahlreichen Seggenarten, von denen wir nur einige vorführen können, folgendermassen ein:

A. Einährige Seggen. Ein *einzelnes*, endständiges Ährchen, z. B. *Carex dioica* (Fig. 107), 2 häusige Segge, klein. 10—20 cm.

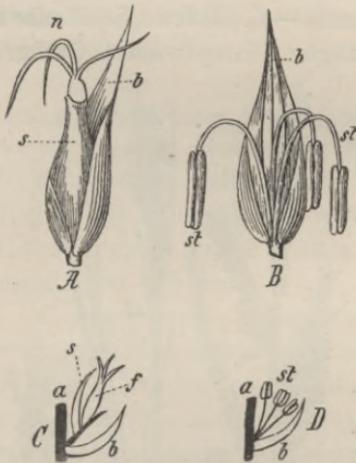


Fig. 106. *Carex*. A Weibliche Blüte mit *b* Tragblatt (Deckspelze) des Blütenzweiges; *s* Schlauch (Tragblatt oder Deckspelze der Blüte); *n* Narben. — C Schematischer Aufriss derselben; *a* Achse; *f* Frucht; *s* Schlauch. — B Männliche Blüte; *b* Tragblatt (Deckspelze); *st* Staubgefäße. — D Schematischer Aufriss derselben.



Fig. 107. *Carex dioica*. *a* Blühende männliche Ähre; *b* Blüte mit Deckspelze; *c* weibliche Ähre; *d* Blüte mit Deckspelze; *e* weibliche Ähre zur Fruchtzeit; *f*, *g* Früchtchen.

B. Gleichährige Seggen. Mehrere Ährchen zu einer einfachen oder zusammengesetzten Ähre, seltener zu einer Rispe zusammengestellt, alle einander ziemlich gleich.

I. *Mit Ausläufern.* *Carex arenaria*, Sand-Segge (Fig. 108). Blühender Stengel 3kantig, oberwärts rauh, so lang wie die starren Blätter. 15—30 cm hoch. Schläuche (Scheinfrüchte siehe S. 364) breit geflügelt gekielt. Eine der wichtigsten Pflanzen zur Befestigung des Flugsandes und der Dünen. Kommt am Meeresstrande und auf trockenem Sande des Binnenlandes von Ostfriesland bis Ostpreussen vor. In Mitteldeutschland seltener, in Süddeutschland fehlend. Die unterirdischen, sich

mittels einer pfriemlichen Spitze weiter bohrenden Stengel treten als grüne Büschel über die Erde, ein Seitentrieb setzt den unterirdischen Stengel fort, kommt wieder an die Oberfläche usw. Dadurch entstehen sehr lange, bis 6 m erreichende „Scheinachsen“, die sich durch die schnurgerade angeordneten grünen Triebe über dem Boden bemerklich machen. Der unterirdische Stengel (Wurzelstock) riecht nach Terpentin. — Ähnlich:

C. ligérica, die Loire-Segge, durch schlankere Stengel, schmälere Blätter und schmälere Flügel der Schläuche von voriger unterschieden, mit der sie oft zusammen vorkommt. — *C. disticha*, Schläuche ungeflügelt. Sumpfwiesen. Gelbgrün.



Fig. 108. *Carex arenaria*. *a* Blühende Pflanze mit dem lang kriechenden Wurzelstock; *b* fruchttragende Pflanze; *c* männliche Blüte mit Deckblatt; *d* Deckblatt der weiblichen Blüte; *e* weibliche Blüte, der sogen. Schlauch mit geflügelten Rändern, aus dem die beiden Narben des im Schlauch sitzenden Fruchtknotens hervorschauen; *f* Schlauch zur Reifezeit (Scheinfrucht), mit den geflügelten Kielen; *g* eigentliche Frucht, noch mit dem Griffel und dessen 2 Narben versehen; *h* dieselbe im Querschnitt; *i* letzterer vergrößert.

(Nach Reichenbach.)



Fig. 109. *Carex stricta*. *a* Junge blühende Pflanze; *b* fruchttragender Halm; *c* männliche Blüte mit Deckspelze (Tragblatt); *d* Frucht.

II. Ohne Ausläufer, dicht rasenförmig.

1. Schläuche innen flach, außen gewölbt, sperrig abstehend.

C. vulpina, fuchsbraune Segge. Stengel sehr scharf 3kantig mit vertieften Seitenflächen. Ähre meist einfach, dick. Schläuche 6—7 nervig. Feuchte Wiesen. 30—90 cm. — *C. muricata*, sperrfrüchtige Segge. Stengel mit ebenen Seitenflächen, nur oberwärts rau. Viel feiner als vorige. Auch auf ziemlich trockenen Wiesen. 15—60 cm.

2. Schläuche beiderseits gewölbt, aufrecht.

C. paradoxa, abweichende Segge. Gelbgrün. Untere Scheiden von *den faserigen Resten der vorjährigen Blätter umgeben* (faserschopfig), glänzend schwarzbraun. Rispe *dicht*, länglich. Schläuche 9—11 nervig. Moorwiesen. 30—60 cm.

C. paniculata, rispige Segge. Graugrün, kräftig. Untere Scheiden nicht zerfasernd, schwarzbraun. Rispe *grofs und locker*. Deckspelzen breit silberweifs berandet. Sehr rauh. Sumpfwiesen. 50—90 cm. Ähnlich: *C. teretiuscula*, rundliche Segge, aber Blätter viel schmaler. Ähre dicht. Torfsümpfe. 30—60 cm.

C. Verschiedenährige Seggen. Ähren (eigentlich Scheinähren) deutlich in ♂ und ♀ geschieden, meist die oberen ♂, die unteren ♀. Narben 2 oder 3.

I. Narben 2.

1. *Dichte feste Rasen bildend*, mit langen Laubblättern. Blühender Stengel ganz am Grunde ohne Laubblätter, nur mit Blattscheiden.

C. stricta, steife Segge (Fig. 109). Graugrün oder dunkelgrün, kräftig. *Alle Blattscheiden netzfaserig*, hellgelbbraun. Sumpfige Wiesen, in tiefen Sümpfen grofse Polster (Bülten) bildend und sie dadurch wegsam machend. 30—90 cm.

C. caespitosa, rasige Segge. Stengel schlaff. *Nur die unteren*, schwarzpurpurnen Scheiden netzfaserig. Blätter der nicht blühenden Triebe sehr lang. Fruchtbare, mäfsig feuchte Wiesen. Ziemlich grofse, sehr dichte, durch ihre hellgrüne Farbe auffallende Rasen bildend. 30—50 cm.

2. *Wie 1*, aber blühender Stengel schon am Grunde mit Laubblättern.

C. gracilis (*C. acuta*), scharfkantige Segge. Durchaus nicht zierlich, sondern grob, bis 1,2 m hoch. Mit *Aira caespitosa* in Ostpreussen ganze Bestände am Pregel und der Deime bildend (s. S. 293). Dunkelgrün. Blätter breit linealisch, *trocken meist am Rande rückwärts gerollt*. *Stengel weit herab rauh*. *Scheiden nicht netzfaserig*. Tragblatt der untersten ♀ Ähre den Stengel überragend. ♂ Ähren 2—4, die 3—5 ♀ meist überhängend. Deckspelzen spitz. Sumpfwiesen, Gräben, Ufer, gemein. (Nicht zu verwechseln mit *C. acutiformis* [S. 368]).

C. Goodenoughii (*C. vulgaris*), gemeine Segge. Meist graugrün, kleiner als vorige. Stengel *nur oben rauh*. Blätter schmal, *trocken am Rande einwärts gerollt*. Tragblatt der untersten ♀ Ähre so lang oder kürzer als der Stengel. ♂ Ähre meist 1, seltener 2, ♀ 2—4, aufrecht. Deckspelzen stumpf. Wiesen, Triften, Sümpfe, gemein. — Viel kleiner als vorige, nur bis 50 cm.

II. Narben 3.

1. Schläuche schnabellos oder nur kurz geschnäbelt.

C. panicea, hirseartige Segge. Mit Ausläufern. Stengel am Grunde beblättert, untere Scheiden braun. ♀ Ähren meist 2, locker, oft wenig-

blütig. Schläuche sehr groß, kugelig-eiförmig, hirseartig. Feuchte Wiesen, Sumpfränder. 10—30 cm.

2. Schläuche mit kürzerem oder längerem 2zähniem Schnabel.

a) Meist nur 1 ♂ Ähre. Zähne des Schnabels gerade. Blattscheiden nicht netzfaserig.

C. flava, gelbe Segge. Gelbgrün. ♀ Ähren 2—3, rundlich-eiförmig. Tragblatt der untersten weit abstehend. Schläuche wagrecht abstehend, aufgeblasen, mit zurückgekrümmtem Schnabel. Nasse, nicht torfige Wiesen. Auf sandigem Moorboden und in Heidemooren die var. *Oedéri* mit geradem Schnabel. Höhe 15—30 cm.

b) ♂ Ähren meist mehrere. Zähne des Schnabels an den Schläuchen linealisch zugespitzt, von einander abstehend. Blätter und besonders Blattscheiden meist mit sehr entwickelten Quernerven, dadurch gitterartig.

α) Rasenförmig. (♂ Ähren nur 1.) *C. Pseudo-Cyperus*, cypergras-ähnliche Segge. Lebhaft grün, zuletzt gelbgrün. ♀ Ähren 3—6, lang gestielt, zuletzt zierlich überhängend. Sümpfe, Gräben, Ufer. 30—60 cm.

β) Mit Ausläufern.

1. Schläuche länger als die stumpflichen Deckspelzen, hellgrün. Untere Scheiden netzfaserig.

C. rostrata (*C. ampullacea*), geschnäbelte oder Flaschen-Segge. Graugrün. Stengel stumpfkantig. ♀ Ähren 2—3. Schläuche fast kugelig aufgeblasen, plötzlich in einen ziemlich langen Schnabel verschmälert, horizontal abstehend. Heide- und Grünlandsmoore, Gräben, Ufer. 30—60 cm. Nach Ahlfvengren Charakterpflanze der Grünlandsmoore in Westpreußen.

C. vesicaria, Blasen-Segge. Grasgrün. Stengel scharfkantig. Schläuche ei-kegelförmig, allmählich in einen mässiig langen Schnabel verschmälert, meist schief abstehend, sonst wie vorige. Gräben, Sümpfe, Ufer, nasse Wiesen, sowohl auf Moor- als auf humosem Boden. 30—60 cm.

2. Schläuche wenig länger oder kürzer als die zugespitzten Deckspelzen, olivengrün. Die Pflanzen graugrün.

C. acutiformis (*C. paludosa*), Sumpf-Segge. Scheiden netzfaserig. Stengel scharfkantig. Schläuche nicht aufgeblasen, eiförmig, zusammengedrückt. 30—90 cm. Sumpfwiesen, Ufer, Gräben. Von *C. acuta* (*C. gracilis*) durch die dicken ♂ Ährchen, die drei Narben, den 2zähniem Schnabel und das Fasernetz unterschieden. (S. vorige S.)

C. riparia, Ufer-Segge. Die größte und kräftigste deutsche Art. 60—120 cm hoch. Durch die breiten, stark gegitterten Blätter und Blattscheiden leicht auffallend. Blattscheiden meist nicht netzfaserig, die unteren Deckspelzen der ♂ Ährchen stachelspitz, sonst wie vorige.

C. hirta, kurzhaarige Segge. Grasgrün. Blätter und Blattscheiden undeutlich gegittert, wie die Schläuche mehr oder weniger behaart. Wiesen, feuchte, aber auch trockene Sandstellen. 20—60 cm.

Kapitel VII.

Bau, Entwicklung und Systematik der Hülsenfrüchte (Leguminosae).

Vergl. S. 232 u. 249.

A. Bau und Entwicklung.

§ 64.

Allgemeines. Blüten oft median-zygomorph (jochgestaltig), d. h. gleich dem menschlichen Körper nur durch eine Ebene von vorn nach hinten in 2 symmetrische Hälften zu teilen. Nach der 5-Zahl gebaut, Kelch 5 zählig oder 2 lippig, Blumenblätter 5, Staubgefäße $2 \times 5 = 10$ (oder mehr). Fruchtknoten einfächerig, aus einem *einzigem* (wie ein Bogen Papier) zusammengefalteten Fruchtblatt gebildet, das an der Bauchnaht, d. h. in der Blüte an der Innenseite, die Samen trägt, welche man als verdickte, einwärts geschlagene Blattzähne ansehen kann. Die Frucht (Hülse) springt meist in zwei Klappen auf, indem sich das Fruchtblatt an seiner Rückennaht und an der Bauchnaht teilt (wie ein Buch, dessen Rücken zerreißt). Eine Scheidewand, wie bei den *Schoten* der Cruciferae, Kreuzblütler, ist gewöhnlich *nicht* vorhanden. Blüten stets *seitlich*. Blätter fast immer zusammengesetzt, 3 zählig oder gefiedert.

Die Leguminosen zerfallen in drei Unterfamilien, die man früher als eigene Familien ansah: *Papilionatae*, *Caesalpinioideae* und *Mimosoideae*, von denen nur die *ersteren* sogen. *Schmetterlingsblüten* besitzen und für uns in Betracht kommen, da unsere Kleegehäuche und Hülsenfrüchte alle zu ihnen gehören.

§ 65.

Unterfamilie **Papilionatae**, *Schmetterlingsblütler*, früher als eigene Familie *Papilionaceae* (Fig. 110). Kelch 5 zählig, röhrig, zuweilen 2 lippig, Kronenblätter 5; das hintere meist aufrechte heist *Fahne* (vexillum, Fig. 110 *f*) und deckt in der Knospe die zwei seitlichen, die *Flügel* (alae), und diese wieder die beiden vorderen, meist zu einem kahnförmigen Gebilde, dem *Schiffchen* oder Kiel (carina) verwachsenen (sogen. absteigende Deckung). Die 10 *Staubfäden*

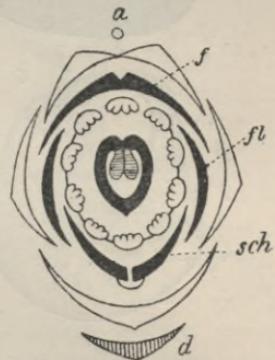


Fig. 110. Grundriss der Papilionaten-Blüte.

a Achse; *d* Deckblatt;

f Fahne; *fl* Flügel;

sch Schiffchen.

9 Staubfäden verwachsen, das 10. hintere frei.

(Nach Kienitz-Gerloff.)

(nicht die Beutel) sind bei einigen (meist honiglosen) *alle* zu einer Röhre verwachsen (1 brüderig), bei den meisten aber ist der hintere Staubfaden frei und deckt den Schlitz, welchen die Röhre der 9 übrigen hinten in folgedessen aufweist (2 brüderig). Fruchtknoten von der Staubfadenröhre eingeschlossen, Griffel meist vorragend, Frucht eine Hülse (siehe oben), seltener durch Querwände geteilt (Gliederhülse, bei *Serradella*) oder quer aufspringende Kapsel (Rotklee).

§ 66.

Bau des Samens, Keimung und Entwicklung (Fig. 111). Im Gegensatz zu den Gräsern ist der Keimling im Samen sehr groß und

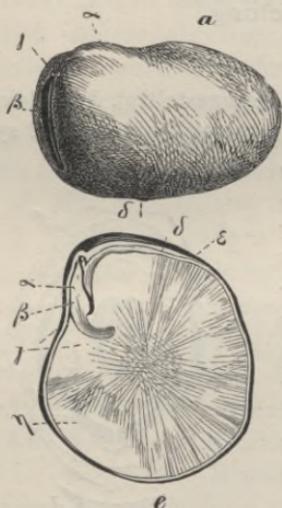


Fig. 111. Same der Pferdebohne, nach Nobbe. *a* Von außen, *α* Lage des Würzelchens, *β* Nabel, *γ* Mikropyle (Keimmund); *e* Same im Längsschnitt, *α* Samentasche, *β* Federchen (Plumula), *γ* Würzelchen, *η* Keimblatt, *δ*, *ε* Samenschale.

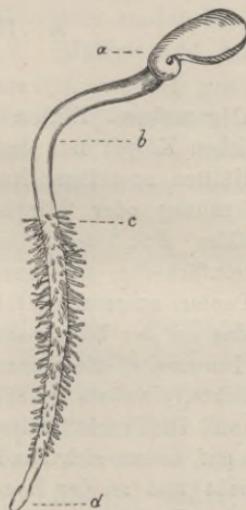


Fig. 112. Keimende Luzerne, nach Nobbe. *a* Keimblätter (Kotyledonen); *b* hypokotyles Stengelglied, an der Spitze gewunden; *c* Würzelchen mit Wurzelhaaren; *d* Wurzelhaube.

nimmt mit seinen beiden großen Keimblättern fast den ganzen Raum ein, so daß für Nährgewebe (Endosperm) meist kein Platz bleibt, dafür sind aber die Keimblätter selbst mit Stärkemehl und Eiweißstoffen (Protein) erfüllt. Die beiden Hälften einer Bohne oder Erbse sind die Keimblätter. Die Plumula und die Radicula liegen zwischen ihnen und sind nur klein.

Bei der Keimung (Fig. 112) tritt zuerst das Würzelchen aus der Mikropyle oder dem Keimmund, welchen man z. B. bei der weißen Bohne als einen Nadelstich neben dem Nabel erkennt, hervor, dann erst folgt das Knöspchen, die Plumula, und streckt die beiden Keimblätter wie bei den meisten Pflanzen bald *über* die Erde. Bei der ganzen Gruppe der

Wicken, Erbsen usw. (Viciae) bleiben sie aber *unter* der Erde, ebenso bei der Feuerbohne.

Manche Samen von Hülsenfrüchten, besonders von wildwachsenden, keimen schwer, weil ihre Schale so hart ist, daß sie kein Wasser durchläßt, so z. B. der wilde *Lathyrus silvester* und selbst manche Rotklee-samen. Durch Ritzen kann man die Wasseraufnahme beschleunigen, und dann keimen sie leichter. Auch durch längere Kultur werden sie meist durchlässiger.

§ 67.

Bau der Wurzel, Wurzelknöllchen, Impfung. Die Hülsenfrüchte haben, wie die meisten

Dikotyledonen, eine Haupt- oder Pfahlwurzel und viele Seitenwurzeln. Was sie aber besonders auszeichnet, sind die *Wurzelknöllchen* (Fig. 113).

Diese nehmen aus dem Rindengewebe der Wurzel ihren Ursprung und sind den Gallbildungen zu vergleichen. Sie werden erzeugt durch einen Spaltpilz (*Rhizobium leguminosarum*,

synonym *Bacillus radicicola*). Die Gestalt ist nach den Gattungen verschieden. Bei den Lupinen bilden sie große, kugelige oder kropffartige Gebilde an der Hauptwurzel, bei vielen andern sitzen sie

mehr an den Seitenwurzeln und sind

kleiner, oval oder spindelförmig. Bei *Wicken* und *Serradella* usw. sind sie gelappt. Diese Gallen sind reich mit der stickstoffreichen Substanz der Bakterien erfüllt, die von der Pflanze zur Fruchtbildung aus ihnen entnommen wird. Zur Fruchtzeit sind die Knöllchen daher meist leer, einzelne Bakterien finden sich aber doch noch darin; diese gelangen bei Verwesung der Knöllchen wieder in den Erdboden, wo sie neue Wurzeln infizieren können.

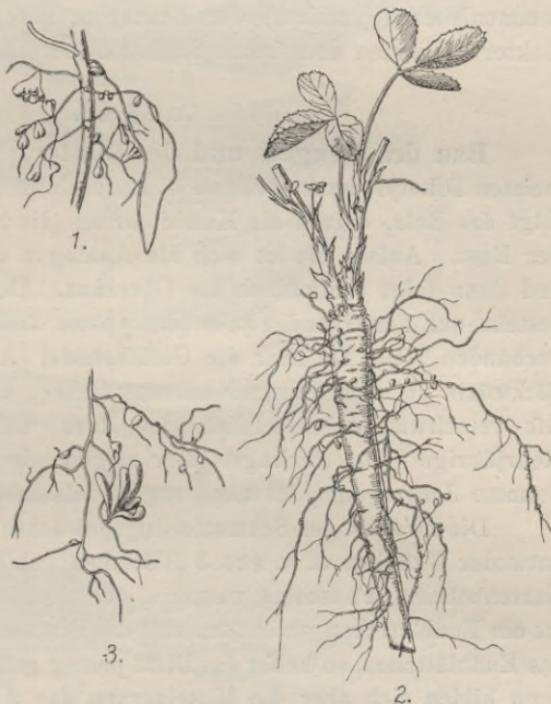


Fig. 113. Wurzelknöllchen der Leguminosae. 1. *Vicia silvatica*. 2. *Melilotus officinalis*. 3. Einzelne Knöllchen von *Melilotus officinalis*, vergrößert.

Impfung. Durch Unterhacken von wenig Erde eines Feldes, auf dem Saubohnen gestanden, hat man andere Felder, auf denen Saubohnen schlecht wachsen wollten, zu großer Fruchtbarkeit gebracht. Offenbar waren die Wurzelbakterien mit der Erde dem letztgedachten Felde eingepfropft worden. Ähnlich bei Lupinen, Klee usw. In neuerer Zeit sind die Bakterien der Wurzelknöllchen von Nobbe und Hiltner künstlich gezüchtet worden und werden unter dem Namen *Nitragin* in den Handel gebracht, so unter Hiltners Überwachung von Dr. Kühn, Biologisch-chemisches Laboratorium, München, Ainmillerstr. 36. Man beizt damit jetzt die *Samen*.

Die lange bekannte Tatsache, daß die Leguminosen Stickstoffsammler sind, findet durch das von Hellriegel entdeckte freundschaftliche Zusammenleben (Symbiose) der Bakterien mit ihnen eine Erklärung. Die Bakterien binden den freien Stickstoff der Luft.

§ 68.

Bau des Stengels und der Blätter. Der Stengel ist wie der der meisten Dikotyledonen gebaut, d. h. im Innern findet sich das Mark, dann folgt das Holz, darauf ein Kambiumring (die Neubildungsschicht) und dann der Bast. Außen findet sich als Analogon des Markes die innere Rinde und dann folgt schliesslich die Oberhaut. Der ganze jugendliche Stengel besteht nur aus Grundgewebe (das später noch als Mark und innere Rinde vorhanden ist). Da aber die Gefäßbündel (Adern) der Blätter sich auch rückwärts in dem Stengel hinunterziehen, entstehen die festeren Teile. Oft verschwindet schliesslich das Mark, dann wird der Stengel hohl. Mehrjährige Schmetterlingsblütler zeigen wie alle Dikotyledonen in ihrem Stamme Jahresringe, oft auch sogen. falsche Jahresringe.

Die *Blätter* der Schmetterlingsgewächse sind meist zusammengesetzt, entweder 3zählig, d. h. aus 3 Blättchen gebildet, wie beim Klee und den Gartenbohnen, *Phaseolus vulgaris*, oder gefiedert. Wenn letzteres, so ist oft ein Endblättchen vorhanden und das Blatt heisst unpaarig gefiedert; fehlt das Endblättchen, so heisst das Blatt paarig gefiedert (Erbsen, Wicken usw.), dann bilden sich aber die Mittelnerven der 2 obersten Blättchen gewöhnlich zu Ranken um, oder der Hauptstiel zu einer Stachelspitze.

Wie bei den meisten Dikotyledonen sind die Blätter netzaderig. Viele Leguminosen haben (sehr deutlich die Gartenbohne) an der Basis der einzelnen Blättchenstiele ein Gelenk, dessen Zellen sich je nach den Tageszeiten auf einer Seite des Stielchens mehr oder weniger mit Wasser füllen, so daß das Gelenk aufwärts oder abwärts gekrümmt wird. Hierdurch wird der Schlaf mancher Blätter, die Tag- und Nachtstellung, hervorgerufen. Es gibt übrigens auch viele Laubblätter ohne Gelenke, welche in der Nacht eine Schlafstellung annehmen. Da kommen die Bewegungen durch einseitiges Wachstum zustande.

§ 69.

Bestäubung. Die Bestäubung erfolgt meist mit Hilfe von Insekten, und die meisten Schmetterlingsgewächse haben deswegen schön gefärbte Blüten („Blumen“). Das Schiffchen schützt die in ihm liegenden Geschlechtswerkzeuge gegen Regen und unberufene Blumengäste. Der Honig wird bei den honigliefernden Arten auf den Innenseiten der vereinigten Staubfadenbasen abgesondert und in einem ringförmigen Hohlraum zwischen Staubblattzylinder und Frucht-

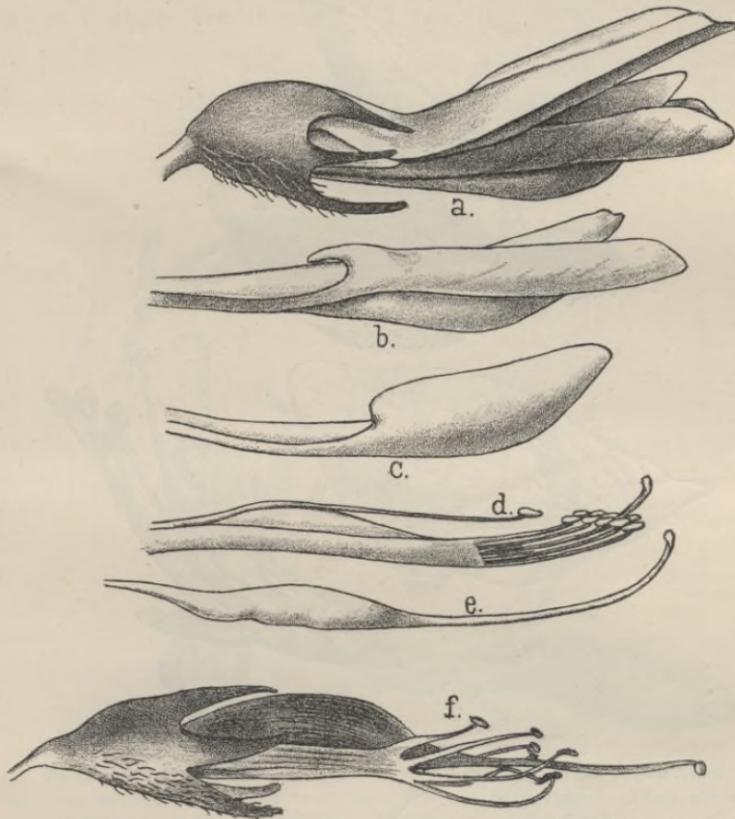


Fig. 114. *Melilotus officinalis*. *a* Blüte von der Seite; *b* Flügel und Schiffchen; *c* Schiffchen; *d* Staubfädenröhre aus 9 verwachsenen Staubfäden, oben einen Schlitz bildend, darüber der 10. freie Staubfaden; *e* Fruchtknoten mit Griffel; *f* Fahne, Schiffchen und 1 Flügel entfernt. (Original.)

knoten angesammelt. Dort findet sich links und rechts von der Basis des oberen freien Staubfadens, der den Schlitz der Röhre sonst bedeckt, je eine ovale Spalte (Saftlöcher), in welche die Insekten ihren Rüssel stecken müssen. Bei honiglosen Schmetterlingsblütlern sind diese Saftlöcher unnütz, und gewöhnlich verwächst dann der 10. Staubfaden mit den übrigen 9, die sonst eine oberseits aufgeschlitzte Röhre darstellen, zu einer geschlossenen Röhre. So z. B. bei Ginster, Goldregen, Lupinen. Hauptsächlich sind bei uns Bienen und Hummeln (siehe unten beim Klee) die Bestäuber. Insekten, welche einen zu kurzen Rüssel haben,

pflügen oft durch Zerbeißen der Blüte am Grunde den Honig zu rauben. Die normale Einsatzstelle für den Insektenrüssel wird oft durch ein auffallend gefärbtes „Saftmal“ an der Fahne, die man als Schauapparat, Wirtshausschild, ansieht, bezeichnet. Das Insekt setzt sich meist auf Schiffchen oder Flügel oder auf beide, drückt durch sein Gewicht das Schiffchen hinunter und bestäubt seine Unterseite mit Blütenstaub. Flügel und Schiffchen sind meist gelenkartig ver-



Fig. 115. *Lupinus luteus*, gelbe Lupine. *a* Blüte von der Seite, *b* ein Flügel, *c* Schiffchen, *d* oberer Teil der Staubfadenröhre mit 5 langen, Pollen enthaltenden Staubbeutel (1 abgeschnitten), und 5 kurzen, die mit ihren verdickten Stielen als Pumpenkolben wirken. (Original.)

bunden, indem eine Aussackung des Flügelgrundes in eine entsprechende Vertiefung des Schiffchens eingreift, so daß eine Art Winkelhebel entsteht.

Die *Ausstreuvorrichtung des Pollens* ist verschieden (Einteilung nach Loew).

1. *Klappvorrichtung*. Hier treten beim Niederdrücken des Schiffchens die Antheren (Staubbeutel) an den Leib des Insektes, und die Blumenteile klappen nach erfolgtem Besuch wieder in ihre frühere Lage zurück. So bei *Trifolium pratense*, *Melilotus officinalis* (Fig. 114), Goldregen usw.

2. *Pumpenvorrichtung*. Die Staubbeutel sind hier meist verschieden geformt, 5 lang und 5 kurz, ohne Pollen. Das Schiffchen bildet an der Spitze einen Hohlkegel, in dessen Basis die frühzeitig aufspringenden 5 äußeren großen Staubbeutel hineinragen, so daß sein oberer Teil sich innen mit Pollen füllt; die fünf inneren kleinen Staubbeutel mit verdickten Fäden wirken als Kolben und pressen beim Niederdrücken des Schiffchens den Blütenstaub in Form einer Nudel aus der Schiffchenspitze. Bei stärkerem Druck tritt auch die Narbe heraus. So *Lotus corniculatus*, *Anthyllis vulneraria*, *Lupinus* (Fig. 115), *Ononis spinosa* (bei letzterer Vorrichtung 2 + 1 vereinigt).

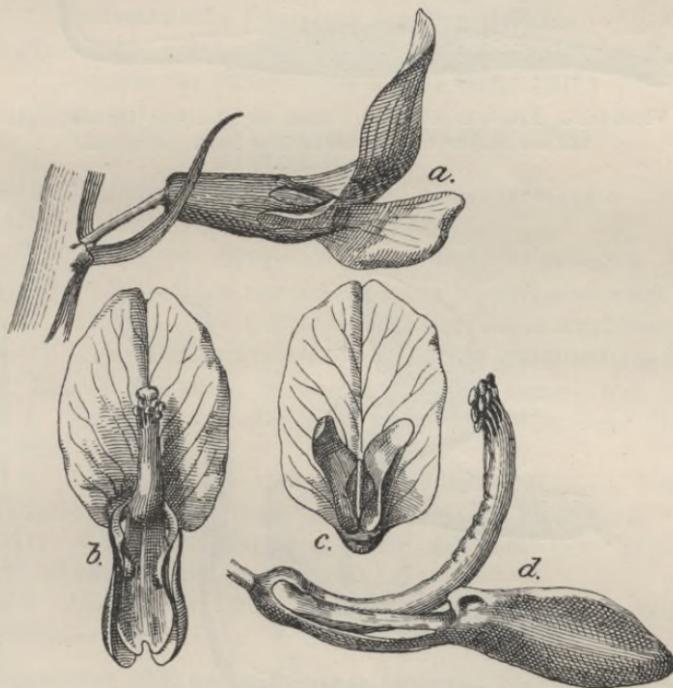


Fig. 116. *Medicago sativa*, blaue Luzerne. *a* Blüte von der Seite, *c* von vorn, Staubfädenröhre noch im Schiffchen; *b* Blüte von vorn, mit der hervorgeschnellten, gegen die Fahne gekrümmten Staubfädenröhre, *d* letztere von der Seite. (Original.)

3. *Explosionsvorrichtung*. Die sehr elastische Staubfädenröhre wird im Schiffchen durch eine Hemmungsvorrichtung in Spannung erhalten. Sobald aber das Schiffchen niedergedrückt wird, schnellt der Geschlechtsapparat hervor, wobei die Narbe mit dem Körper des Besuchers in Berührung kommt und kurz darauf auch lockerer Blütenstaub gegen das Insekt geschleudert wird. Ein Zurückkehren der Geschlechtsteile in ihre frühere Lage findet hier nicht statt, so daß ein einmaliger Insektenbesuch ausreichen muß. Beispiele: *Medicago sativa*, Luzerne (Fig. 116), *M. falcata*, *Genista anglica*, *G. tinctoria*.

4. *Bürstenvorrichtung*. Der Griffel trägt am oberen Ende dicht unterhalb der Narbe einen meist einseitigen Haarbesatz, an und über welchem in der

ihn umschließenden Schiffchenspitze sich Pollen ansammelt. Bei Abwärtsbewegung von Flügel und Schiffchen tritt die Griffelbürste hervor und fegt portionenweise Blütenstaub hinaus, meist an den Leib des Insekts. Beispiele:

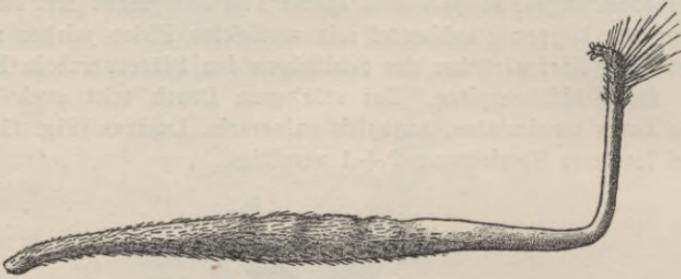


Fig. 117. *Vicia faba*. Fruchtknoten und Griffel, an letzterem der als Bürste dienende, auf der äußeren Seite befindliche Bart. (Original.)

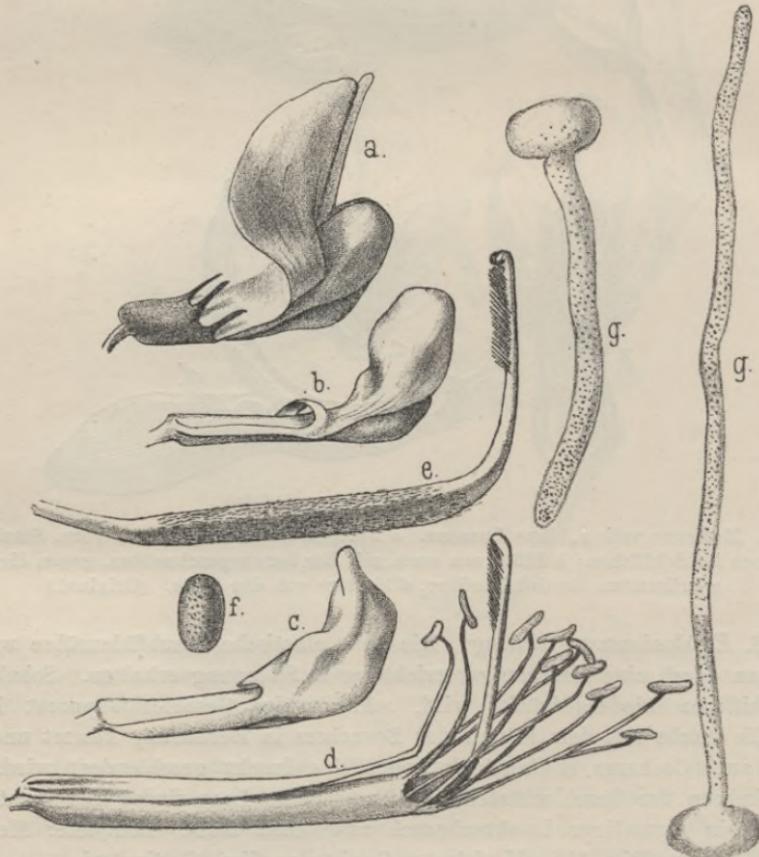


Fig. 118. *Lathyrus pratensis*, Wiesen-Platterbse. *a* Blüte von der Seite, *b* nach Entfernung von Kelch und Fahne; *c* Schiffchen; *d* Staubfädenröhre und Griffel; *e* Fruchtknoten mit Griffel und seiner Bürste; *f* Pollenkorn; *g*, *g* Pollen, Schläuche treibend. (Original.)

Vicia Cracca, *V. sepium*, *V. Faba* (Fig. 117), *Pisum* (letztere vereinigt Pumpen- und Bürstenvorrichtung und ist selbstbefruchtend), *Lathyrus* (Fig. 118), *Phaseolus vulgaris* (Bohne); bei letzteren beiden tritt die Bürste schief hervor, und der Pollen wird nicht an der Bauchseite des Insekts, sondern an dessen linker oder rechter Seite abgesetzt.

B. Systematik.

§ 70.

Systematische Übersicht der Papilionatae.

(Nach Engler und Prantl, „Natürliche Pflanzenfamilien“ und Engler, „Syllabus der Pflanzenfamilien“, 5. Aufl., 1907.)

I. Keimblätter meist flach, über die Erde tretend.

A. Staubfäden frei.

Tribus 1. *Sophóreae*. Staubfäden frei, nicht verwachsen. Blätter gefiedert. Ausländer. *Sophora japonica*, Zierstrauch.

Tribus 2. *Podalyriaceae*. Ebenso. Blätter einfach oder gefingert. Ausländer.

B. Alle 10 Staubfäden verwachsen (ohne Honigabsonderung).

Tribus 3. *Genísteeae*. Alle 10 Staubfäden zu einer Röhre verwachsen. Blätter einfach, oder mit 3, oder vielen fingerförmig gestellten *ganzrandigen* Blättchen.

C. Meist 9 Staubfäden verwachsen, der 10., hintere, frei.

Tribus 4. *Trifolieae*. Blätter mit 3 *gezähnelten* Blättchen. Bei *Ononis* alle 10 Staubfäden verwachsen.

Tribus 5. *Lóteae*. Blätter mit 3 ganzrandigen Blättchen, seltener gefiedert. Bei *Anthyllis* vor der Blüte die 10 Staubfäden verwachsen.

Tribus 6. *Galégeae*. Blätter unpaarig gefiedert, ohne Ranken. Bei *Galega* der 10. Staubfaden mit verwachsen.

Tribus 7. *Hedysáreae*. Blätter wie vorige; Hülse aber quer gefächert und meist in Glieder zerfallend, z. B. *Serradella*.

II. Keimblätter dick, unter der Erde bleibend. Staubfäden 9 + 1.

Tribus 8. *Vicieae*. Blätter paarig gefiedert, meist mit Ranken. Hülse wie gewöhnlich, 1 fächerig.

III. Keimblätter dick und fleischig, meist über die Erde tretend.

Tribus 9. *Phaseóleae*. Staubfäden und Hülse wie bei 8. Blätter mit 3 ganzrandigen Blättchen. Stengel meist windend.

§§ 71 bis 78. Beschreibung der wichtigsten Arten.

§ 71.

Tribus 3. **Genísteeae**. *Staubfäden 1 brüderig* (alle 10 zu einer Röhre verwachsen), *Flügel der Blumenkrone am oberen Rande faltig-runzelig*. Blätter selten einfach, meist mit 3, oder mit vielen fingerförmig gestellten *ganzrandigen* Blättchen.

(Gattung) *Ulex* (bei Plinius Name eines Strauches). Kelch 2lippig, Hülse gedunsen. (Art) *U. europaeus*, Stech- oder Stachelginster. Blätter

pfriemlich-linealisch, mit stark stehender Spitze. Blüten klein, gelb, ihr Tragblatt so lang als der Blütenstiel. Als immergrünes Viehfutter empfohlen, aber wegen der vielen Stacheln kaum bei uns verwendbar; verlangt Seeklima, wintert sonst leicht aus. ♀. Mai, Juni.

Sarothamnus (σάρος Besen und θάμνος Strauch). Kelch 2lippig, Griffel sehr lang, uhrfederartig aufgerollt. *S. scoparius*, *Besenpfriemen*. Strauch oft fast baumartig. Äste grün, rutenförmig, kantig. Blüten groß, gelb. Sandige Hügel und Wälder, besonders im nordwestlichen Deutschland. ♀. Mai—Juni. Die Ruten zu Besen verwandt, als sogen. Brambesen, geben auch gute Vieh-Streu, was bei Separationen beachtenswert ist. In der Priegnitz wird das Holz nach Ascherson und Graebner als Brennholz geschätzt.

Genista (Pflanzenname bei Vergilius), *Ginster*. Griffel pfriemlich, aufsteigend, Narbe schief. Wichtigste Art: *G. tinctoria*, *Färber-Ginster*. Stengel dornelos, Blätter meist einfach, nicht zu 3, indem die beiden seitlichen fehlen, länglich oder elliptisch, am Rande weichhaarig; *Blüten gelb*, in *endständigen Trauben*, *Blumenkrone* und die *lineal-länglichen Hülsen kahl*. Kleiner Strauch, trockene Wiesen, Felder, Wälder.

Lupinus (Name bei den Römern, welche sie schon als bodenverbessernd kannten), *Lupine*, *Wolfsbohne*. Kelch 2lippig, Flügel an der Spitze *verwachsen*, Schiffchen geschnäbelt. Griffel pfriemlich, Narbe kopfig, Hülse lederartig, mit schwammigen Querwänden. Blätter meist *gefingert*.

A. *Blüten in endständiger, langer Traube, quirlig, sitzend, in der Knospe mit Deckblättchen versehen.*

L. luteus, *gelbe Lupine*. Dicht behaart, Blättchen *länglich* bis lanzettlich. Oberlippe des Kelches *2teilig*, d. h. bis *über* die Mitte geteilt. Unterlippe 3zählig. Blüten gelb, wohlriechend, 0,30—1 m. Same platt, weiß mit schwarzbraunen Flecken. ☉. Stammt aus Südeuropa und wird jetzt auf sandigem Boden im großen gebaut. Bekanntlich einer der besten Stickstoffsammler. Hauptwurzel spindelförmig, mit großen Wurzelknöllchen. Meidet Kalkboden.

Ändert ab: b) *leucospermus*, Same ganz weiß.

c) *melanospermus*, sog. sibirische Lupine, Same ganz schwarz.

B. *Blüten in endständiger, kurzer Traube, wechselständig, gestielt. Deckblattlos.*

L. angustifolius, *blaue Lupine*. Angedrückt-behaart. Blättchen *linealisch*, also schmaler als bei der gelben L. Oberlippe des Kelches *2spaltig*, d. h. bis zur Mitte geteilt, Unterlippe fast 3spaltig. Blumen blau. 0,30—1,25 m. Auf Sand- und mergeligem Boden gebaut. Samen dick, eiförmig, blaugrau mit braunen Punkten. Ebenfalls trefflicher Stickstoffsammler, nicht solcher Kalkfeind wie die gelbe.

Ändert ab: b) *diploleucus*, doppelte Lupine, ostpreussische weiße Lupine, oder einfach bei uns *weiße Lupine* genannt. Blüten und Samen weiß. Nicht zu verwechseln mit der südeuropäischen echten, weißen Lupine, *L. albus*, die viel größere, fast 4eckige, platte Samen hat. c) *fl. roseo*, Bl rosa, Samen wie die Urform.

Verwandt ist *L. hirsutus* mit blauen Blüten. Mittelmeergebiet.

Aus Amerika stammen viele Gartenlupinen, von denen einige, z. B. *L. mutabilis*, als Stickstoffsammler versuchsweise kultiviert werden, und auch die als Wildfutter gebaute perennierende Lupine *L. polyphyllus* aus Kalifornien, mit sehr langen blauen Trauben.

Die Samen aller Lupinen enthalten bekanntlich mehr oder weniger Bitterstoff (Lupinin), der bei Schafen Lupinose (Gelbsucht) hervorrufen kann. — Auch die Samen des Goldregens sind giftig.

§ 72.

Tribus 4. **Trifolieae.** *Kleegewächse.* *Staubfäden 2 brüderig* (9 + 1), (mit Ausnahme von *Ononis*), *Blätter 3 zählig* (ausgenommen *Trifolium Lupinaster* und streng genommen auch *Lotus*), mit *gezähnelten* Blättchen.

Ononis (*ὄνονις*, Pflanzename bei Dioskorides), *Hauhechel*. Kelch zur Fruchtzeit offen. Staubfäden alle 10 verwachsen, Schiffchen pfriemlich geschnäbelt, Hülse aufgeblasen.

Wichtigste Art: *O. spinosa*, *dornige Hauhechel*. Stengel aufrecht oder aufstrebend, *von 1—2 reihigen Haaren zottig* und zerstreut-drüsenhaarig; Äste *dornig*, Dornen meist zu 2, Blättchen eiförmig-länglich, gezähnt, ziemlich kahl; Blüten *blattwinkelständig, einzeln oder zu zweien, rosenrot*. *Hülsen eiförmig, so lang oder länger als der Kelch*. ♀. Triften, Wege, Wiesen. Juni, Juli. 30—60 cm. Im Heu wegen der Dornen sehr unangenehm und deshalb auszurotten; namentlich häufig auf den Wiesen in den Dünentälern.

Medicágo (medicus medisch, agere führen, die Luzerne ward aus Medien eingeführt), *Schneckenklee*. Luzerne. Schiffchen stumpf; Staubfädenröhre nach Berührung elastisch aufwärts schnellend, sich der Fahne anlegend (siehe Bestäubung S. 375, 3.), und vielleicht dadurch Anlaß zur Schneckenform der in ihr liegenden jungen Hülse gebend. *Hülse nierenförmig, sichelförmig oder schneckenförmig gewunden*. 1- bis vielsamig.

a) *Trauben reichblütig, Hülsen stachellos.*

M. sativa, *Luzerne* (Fig. 116 und 119). Wurzelstock vielköpfig. Stengel aufrecht. Nebenblätter aus eilanzettlichem Grunde pfriemlich. Blättchen vorn gezähnt, die der unteren Blätter länglich-verkehrt-eiförmig, die der oberen linealisch-keilig. *Trauben länglich*. Blüten 7—11 mm lang. Hülsen zu einer *lockeren* Spirale zusammengerollt. *Windungen 2—3, im Mittelpunkt offen*. ♀. Juni—September. Blumenkrone bläulich oder violett. 0,3—0,9 m. Standort: Milder, humoser Lehm- und Tonboden, mergeliger Boden. Viele (20—30) Jahre dauernd, widersteht wegen ihrer bis 3 m und mehr tief gehenden Wurzeln gut der Trockenheit. Aufserordentlich wichtige Futterpflanze.

Same 2—3 mm lang, ei- bis bohnenförmig, wenig gekrümmt, gelb. Würzelchen halb so lang als die Keimblätter. Die Saat wird meist aus Frankreich bezogen (Provence), auch die italienische ist ihr wohl ebenbürtig, dann folgen ungarische und mährische, am wenigsten geschätzt sind amerikanische und turkestanische. Erfreulicherweise wird auch in einigen Gegenden Bayerns (Iphofen), Badens (Tauberbischofsheim) und Württembergs (Herrenberg) Luzernesaat gebaut; man sollte diesen Bau noch viel mehr ausdehnen.

M. falcata, Sichelklee, sichelfrüchtige Luzerne (Fig. 120). Stengel niederliegend oder aufsteigend. *Hülsen* nur eine halbe Windung machend,



Fig. 119. *Medicago sativa*.
a Blüte, längs durchschnitten;
b, c Hülsen.



Fig. 120. *Medicago falcata*.
Oben rechts Blüte, links Hülse.
(Nach Stebler und Schröter.)

daher *sichelförmig gebogen*, selten eine ganze Windung oder ganz gerade. *Blumen gelb*, sonst wie vorige. ♀. Trockene Wiesen, gern auf Lehm. Juni—September. Same nicht im Handel.

M. media (*M. varia*, *M. falcata* × *sativa*), Sandluzerne. Natürlicher Bastard zwischen 1. und 2., oder wenn man alle 3 Arten als zu einer Art gehörig ansehen will, eine Übergangsform. (Urban in Verb. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XV, 1873, S. 56, XIX, 1877, S. 125; Stebler und Schröter, Die besten Futterpflanzen, II. Teil, S. 75.) Blumenkrone gelb, grasgrün, bläulich oder braun, mitunter anfangs blaßgelb und dann bläulich, zuweilen auch von Anfang an blau. Hülsen *meist mit 1½ bis 2 Windungen*, doch auch 1½—2½. ♀. Echter Same jetzt selten, meist

wird eine für leichteren Boden geeignete blaue Luzernenvarietät aus Böhmen dafür genommen, für *trockene* Lagen wäre auch die turkestanische (S. 380) zu versuchen.

M. lupulina, *Hopfenluzerne*, *Hopfenklee*, *Gelbklee* (Fig. 121). Der Luzerne gar nicht ähnlich. Stengel ausgebreitet, ästig. Blättchen vorn gezähnt, verkehrt-eiförmig-keilig, die der obersten Blätter schmaler. *Trauben ährig-kopfförmig*. Blüten nur $1\frac{1}{2}$ —3 mm lang, goldgelb. Fruchtstand einem Hopfenzapfen ähnlich. Hülsen nierenförmig, netzaderig, gedunsen, im Mittelpunkt geschlossen, reif *schwarz*. ☉ und oft ♀. Wiesen. — Viel in Klee Grasgemengen, auch auf Moorbiesen gebaut. Same kleiner als Luzernesamen, rundlich-oval mit *vorragender* Spitze des Würzelchens, mitunter als Verunreinigung des Luzernesamens. 15—60 cm.

b) *Trauben wenigblütig*. *Hülsen stachelig*.

M. minima, kleinster Schneckenklee. Dicht zottig. Hülsen fast aderlos, mit 5 Windungen, am Rande mit 2 Reihen hakiger Stacheln. ☉. Trockene Hügel, stellenweise. Blüten gelb. 10—30 cm.

Bemerkung. Viele mit dornigen Hülsen versehene Arten, wie *M. hispida*, *arabica* usw. kommen zum Teil als „Wollkletten“ in überseeischer Wolle vor; ihre Samen werden in den Wollwäschereien gewonnen und dienten früher zur *Verfälschung der echten Luzerne*. Diese Samen unterscheiden sich meist durch ihre *größere Länge*, ein *längeres Würzelchen* und oft (durch die Behandlung oder den Fettschweiß der Wolle) *schwärzliche Farbe*. Da sie alle einjährig sind und gelb blühen, würde ihr Zusatz leicht bemerkt worden sein, wenn man nicht die Keimkraft der Samen absichtlich durch Dörren getötet hätte! Jetzt kommen sie wenig mehr vor. — Ursprünglich stammen diese Arten meist aus Südeuropa, ihre Früchte sind aber mit den Schafen über das Meer gewandert und kehren nun als Wollkletten zurück.

Melilotus (μέλι Honig und λωτός eine Kleeart), *Steinklee*. Blüten klein, bei unseren Arten in *langen* gestielten Trauben; Schiffchen stumpf, Hülse sehr kurz, eiförmig, fast kugelig, meist einsamig, unvollkommen aufspringend. Nebenblätter am Grunde mit dem Blattstiel verwachsen.

M. officinalis, *gebräuchlicher Steinklee* (Fig. 122). Stengel aufsteigend. Nebenblätter pfriemlich-borstlich, ganzrandig. Trauben dünn,



Fig. 121. *Medicago lupulina*.
(Nach Stebler und Schröter.)

locker, gelb. Flügel so lang als die Fahne, *länger* als das Schiffchen. Hülsen eiförmig, stumpf, stachelspitz, querfaltig, wenig netzig-runzelig, *kahl*, reif gelbbraun. ☉. Ackerränder, Wege, Triften, gern auf *Lehm*. Juli—September. 0,5—1 m.

M. altissimus (*M. macrorrhizus*), hoher oder langwurzeliger Steinklee. Trauben *dicker*, dichter. Flügel und Schiffchen so lang als die Fahne. Hülsen zugespitzt, *deutlich netzig-runzelig*, reif schwarz, weichhaarig. Sonst wie voriger. Wiesen, an Gräben, gern auf *Salzboden*. Blume dunkler, goldgelb, Fahne braun gestreift. ☉. 60—120 cm.



Fig. 122. *Melilotus officinalis*.
a Fahne; b Flügel; c Schiffchen;
d Kelch mit Staubgefäßen; e un-
reife, f reife Frucht.



Fig. 123. *Trifolium pratense*.
a Kelch; b Blüte; c Blumenkrone, auf-
geschnitten; d Fruchtknoten; e Frucht-
kelch mit Hülse; f Same, Querschnitt.

M. albus, *weißer Steinklee*, Bokharaklee. Stengel aufrecht. *Blumen weiß*. Hülsen stumpf, stachelspitz, *netzig-runzelig*, *kahl*. ☉. Besonders auf Lehm und lehmigem Sand. 1—2 m hoch. Wächst bei uns überall wild, kommt nicht aus der Buchharei. Verdient wegen seines nach dem Trocknen übermächtig starken Geruchs nach Cumarin, der auch den beiden vorigen eigen, und seiner harten Stengel nicht die ihm gewordenen Empfehlungen.

§ 73.

Trifolieen. (Fortsetzung.)

Trifolium (schon bei Plinius; von tres drei und folium Blatt). Blumenkrone *verwelkend*, *bleibend*, die eiförmige, 1—4samige, *kaum oder unregelmäßig aufspringende Hülse* einschließend, so daß die sogen. „Kleebulstern“ ent-

stehen. Staubfädenbündel *mit der Blumenröhre* mehr oder weniger *verwachsen*. Nebenblätter am Grunde *mit dem Blattstiel verwachsen*. Blüten in *köpfchenartigen* Ähren oder Trauben.

A. Die einzelnen Blüten sitzend.

a) Kelchschlund innen mit einer schwieligen Leiste oder einem Haarkranz.

1. Kelchröhre aufsen *weichhaarig* oder *sottig*.

T. pratense, *Wiesenklee*, *Rotklee* (Fig. 123). Wurzelstock vielköpfig. Hauptachse kurz, nie blühend, eine bodenständige Laubrosette tragend. Stengel aufsteigend, kantig, nicht hohl, angedrückt behaart, aus den Achseln der untersten Laubblätter entspringend und in der Achsel des obersten Blattes oder der beiden obersten Blätter Blütenköpfe tragend. Nebenblätter eiförmig, im freien Teil *zackig*, *plötzlich in eine Granne übergehend*, mit 7—9 sich gabelnden, grünen Längsadern, Blättchen *elliptisch oder eiförmig*, gewimpert, unterseits behaart, jedes Haar auf 1 Würzchen. Köpfchen kugelig, oft zu 2, meist von kurz gestielten Blättern umhüllt; das oberste scheinbar endständig. Kelchröhre weiß, mit 10 grünen Nerven, Kelchzähne 5, fadenförmig, der unterste fast doppelt länger. Kelchschlund mit Haarkranz. Blume meist purpurn. Flügel und Schiffchen kürzer als die Fahne, alle Blumenblätter mit ihren Stielen und 9 Staubfäden zu einer langen Röhre *verwachsen*. Die Flügel haben am Ende des Stiels einen rückwärts gerichteten Haken, der gelenkartig über das Schiffchen greift (wie bei *Melilotus*, S. 373, Fig. 114 b). Bestäubung meist durch Hummeln. Fruchtknoten mit 2 Samenanlagen, von denen sich nur eine entwickelt. Griffel kurz. Hülse eiförmig, mit dem hakigen Griffelrest gekrönt, nicht mit 2 Klappen aufspringend. Der obere Teil der Hülse bildet ein glattes, pergamentartiges Käppchen (Deckel), der untere, größere, ein runzeliges, dünnhäutiges Becherchen, das unregelmäßig zerreißt, wenn der Deckel nicht abfällt. Same länglich-rund, etwas flach, oft fast beilförmig wegen des an einer Kante liegenden vorragenden Würzelchens, das die halbe Länge der Keimblätter hat. Farbe des Samens gelb oder rötlich, oft violett. Nach Preyer sind die gelben Samen die besten.

Wild in fast ganz Europa und im westlichen und mittleren Asien; in Amerika eingeführt, aber verwildert. In den Alpen (in einer weißblütigen alpinen Form) bis 2500 m Höhe. — Gedeiht am besten auf humusreichem Mergelboden, sowie auf Lehm- und Tonboden mit etwas Kalk.

Abarten: a) *T. pratense pratense*, wilder Wiesenklee. Wurzel sehr faserig. Stengel mehr behaart, meist voll, nicht hohl, Köpfchen meist einzeln, die 2 Laubblätter dicht darunter. Dauert länger aus und heifst auch *T. pratense perenne*, ausdauernder oder Bullenklee, engl.: Cowgras. Same unansehnlicher, aber teurer. Wird auch gebaut, in der Schweiz als *Mattenklee*, 2—5 Jahre dauernd.

b) *T. pratense sativum*, gebauter Wiesenklee. Meist nur 2jährig. Von diesem gibt es, je nach der Heimat, viele Sorten, die sich schwer unterscheiden

lassen: Brabanter, steierischer, normannischer, schlesischer, italienischer, amerikanischer usw. Die Saat des letzteren wurde viel eingeführt, die daraus erwachsenen Pflanzen waren aber meist sehr behaart und gegen strenge Winter nicht so widerstandsfähig, nur die aus dem östlichen Nordamerika stammenden winterfester.

Nach den auf Veranlassung der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft 1900—1902 erfolgten Anbauversuchen mit Rotklee verschiedenster Herkunft haben sich unsere deutschen Rotkleearten als die besten, besonders die schlesischen, ost- und westpreussischen bewährt; dann folgten die russischen und österreichischen. (Arbeiten der D. L.-G. Heft 83, 1903; Gesamtbericht von Gisevius.) In Schweden hat sich die schwedische und norwegische Saat am widerstandsfähigsten erwiesen. (von Feilitzen, Deutsche landw. Presse 1902, Nr. 99.) Ausführliches über Klee und Gräser usw. in H. Werner, Handbuch des Futterbaues, 3. Aufl. Berlin, Verlag von P. Parey, 1907. — Man sollte wie bei allen Saaten möglichst solche aus der betreffenden Gegend selbst nehmen, da diese für die dortigen Verhältnisse meist am widerstandsfähigsten sind.

T. alpestre, Waldklee. Stengel aufrecht, angedrückt behaart. Blättchen *länglich-lanzettlich*, Nebenblätter lanzettlich-pfriemlich. Köpfchen meist 2, von Blättern umhüllt, Kelchröhre *20nervig*, zottig. ♀. Trockene Laubwälder und Wiesen. Juni—August. 0,30 m. Blume purpurrot (vergl. *T. rubens*, S. 385). Wird von H. Werner für Weidemischungen in bergigen Gegenden mit leichtem kalkhaltigen Boden empfohlen. Same nicht im Handel.

T. pannonicum, pannonischer Klee. Stengel steif aufrecht, hoch, ganze Pflanze rauh behaart. Nebenblätter an den Blattstiel angewachsen, der freie Teil grün, lanzettlich-pfriemenförmig, sehr lang, so lang oder länger als der angewachsene Teil. Blättchen *länglich-lanzettlich*, stumpf. Köpfchen groß, *länglich-oval*. Kelch *10nervig*, zottig, Kelchzähne aufrecht, lanzettlich-pfriemenförmig, der untere doppelt so lang wie die übrigen, so lang als die Flügel, Fahne noch $\frac{1}{2}$ mal länger. Blumen *weißlich* oder *gelblich-weiß*. ♀. Juni und Juli. Neuerdings wird dieser ungarische Klee, trotz seiner starken Behaarung, für rauhe Gegenden und nicht zu trockenen, aber tiefgründigen Boden als sehr dauerhaft von Dr. Stebler, Zürich, empfohlen, jedoch nicht für Wiesen.

T. incarnatum, Inkarnatklee. Stengel aufrecht, nebst den Blättern zottig, Blättchen *verkehrt-eiförmig*, vorn gezähnt. Nebenblätter eiförmig, gezähnt. Ährchen eiförmig, zuletzt walzlich. Zähne des Kelches lanzettlich-pfriemlich, *kürzer als die Krone*, die des fruchttragenden Kelches abstehend. ⊙. Aus Südeuropa. In wärmeren Gegenden Mittel- und Süddeutschlands viel auf *Feldern* gebaut. Blume *purpurrot*, zuweilen weiß. 0,30—0,50 m. — Wird in mildem Klima im Herbst gesät und gibt dann schon sehr früh, im Mai und Anfang Juni, einen reichen Schnitt.

T. arvense, Acker-, Katzen- oder Mäuseklee. Blättchen *linealisch-länglich*. Nebenblätter eiförmig, zugespitzt. Köpfchen *länglich* oder *walzenförmig*, *sehr zottig*, dadurch mäusegrau. Kelchzähne pfriemlich, borstenförmig, *länger* als die weißliche, später fleischfarbige Krone. ⊙. Sandfelder, Schonungen. Juli bis September. 0,10—0,30 m. Für Wiesen wertlos, auf Schafweiden nicht ganz zu verachten. Same nicht im Handel.

2. Kelchröhre aufsen kahl.

T. medium, mittlerer Klee. Ausläufer treibend, Stengel etwas liegend, meist hin- und hergebogen. Blättchen elliptisch. Nebenblätter lanzettlich, spitz, gewimpert, größtenteils frei. Köpfchen einzeln, kugelförmig, ohne Hülle, Kelch 10nervig. ♀. Wälder, trockene Wiesen. Blumenkrone purpurrot. Vom Rotklee durch die kahle Kelchröhre, die schmälere lanzettlichen Nebenblätter und die lebhafter gefärbten, etwas lockeren, größeren Köpfe unterschieden. — Mehr zur Weide als zum Schnitt geeignet. In Gebüsch, daher für schattigen Boden. Soll bitter sein und den Acker wegen der Ausläufer verunkrauten. Wird neuerdings als später einschnittiger Rotklee oder Grünklee im Samenhandel mehr angeboten, da er weniger Ansprüche an den Boden und gegen Winterkälte unempfindlicher sein soll als Rotklee. Sein Schnitt fällt zwischen den 1. und 2. Schnitt des Rotklee.

T. rubens, rötlicher Klee. Stengel kahl, aufrecht. Blättchen länglich-lanzettlich. Nebenblätter eiförmig. Köpfchen walzenförmig, meist zu 2, oft behüllt. Kelchröhre 20nervig. ♀. Bergige Laubwälder. Blume purpurn. Vergl. *T. alpestre*, S. 384.

b) Kelchschlund inwendig kahl.

T. fragiferum, Erdbeerklee. Stengel kriechend. Blättchen elliptisch oder breit-verkehrt-eiförmig. Nebenblätter lanzettlich-pfriemlich. Köpfchen mit ihren Stielen länger als das Blatt, kugelig, am Grunde von einer vielteiligen Hülle umgeben. Kelch 2lippig, zur Fruchtzeit grofs, aufgeblasen, häutig, netzaderig, behaart, daher der Fruchtstand einer Erdbeere entfernt ähnlich. ♀. Blumenkrone fleischrot. Nasse, besonders salzhaltige Wiesen, an Flusufern, zerstreut. Tracht wie Weifsklee. Bildet wegen der schon etwas gestielten Blüten den Übergang zur folgenden Abteilung. *T. resupinatum*, Bl umgewendet, B und Köpfchen kürzer gestielt. Eingeschleppt, unter Luzerne usw.

B. Die einzelnen Blüten länger oder kürzer gestielt.

a) Kelchzähne gleich lang.

1. Hauptachse eine Zentralrosette bildend, aus deren Blattachseln Blütenstengel entspringen.

T. montanum, Bergklee. Stengel fast aufrecht. Nebenblätter eiförmig, pfriemlich zugespitzt. Blättchen länglich-lanzettlich, klein gesägt, unterseits behaart. Blumen weifs. ♀. Trockene Wiesen, Bergwälder. Mai—Juli. 0,20 bis 0,40 m. Same nicht im Handel.

2. Hauptachse gestreckt, in ihren Blattachseln gestielte Köpfe tragend.

a) Stengel kriechend, wurzelnd, innere Blütenstielchen so lang als die Kelchröhre. Nebenblätter trockenhäutig.

Trifolium repens, Weifsklee, kriechender Klee. Hauptwurzel tiefgehend. Faserwurzeln oberflächlich. Stengel niederliegend, an den Knoten wurzelnd, mit wenigen langgestielten Blättern, aus deren Achseln die noch länger gestielten Blütenköpfe entspringen. Nebenblätter breit-lanzettlich oder eiförmig, plötzlich in eine Stachelspitze ausgezogen.

Blättchen alle sitzend, keilig-verkehrt-herzförmig, fein gezähnt, mit jederseits etwa 12 (1—2mal) gegabelten Hauptnerven (mitunter einzelne ungegabelt). Stiel des Blütenköpfchens *unbeblättert*, *kantig*, voll. Kelch röhrig, 10nervig, rötlich-weiß, mit 5 etwas ungleichen Zähnen, die 2 oberen etwas länger, der untere der kleinste. Blumen weiß oder rötlich-weiß, ihre Blätter nur teilweise verwachsen, Platte der Fahne zur vollen Blütezeit fast flach ausgebreitet, länger als die durch ein nicht sehr deutliches Gelenk verbundenen Flügel und Schiffchen, Schiffchen kürzer als die Flügel. Fruchtknoten lang, mit 3—4 Samenanlagen.

♀. Wiesen, Triften, überall, vom Meere bis in die Alpen. Liebt humusreichen, frischen Mergel-, Lehm-, Kalk- und Sandboden. — Same sehr klein, 1 mm, herzförmig, gelb, glänzend. — Die Stiele der einzelnen Blüten biegen sich sofort nach der Blüte scharf abwärts. — Außerordentlich wichtig für Weiden als Stickstoffsammler. Allerdings darf der Bestandesanteil auch nicht zu groß werden, da dann, falls durch Frost, Dürre oder Mäusefraß in ihm Lücken eintreten, sich leicht Unkräuter ansiedeln. Weber fand in den Marschen im Mittel 18%, und 65% englisches Raigras; auf den vom Vieh bevorzugten Stellen der besten Flächen aber nur 14, dagegen 72% Raigras. Gerade die besten Weiden hatten weniger Weisklee. (Siehe Emmerling und Weber, Beiträge zur Kenntnis der Dauerweiden in den Marschen Norddeutschlands; Arb. d. D. L.-G. Heft 61. Berlin 1901.) In England fand Armstrong auf hochwertigen alten Weiden 30—38%, gegenüber 33—39% Raigras, auf minderwertigen 5—11 und auch nur 14—18%, im Oktober allerdings auf einer Weide 45% Raigras. — Gut bewährt hat sich neuerdings eine italienische Varietät des Weisklees aus Lodi, die höher wächst und in der 2. Hälfte des Sommers mehr Masse liefert; ist aber nach Stebler nicht so dauerhaft und oft nicht echt (Jahrb. d. D. L.-G. 1908, S. 316).

β) Stengel aufsteigend. Innere Blütenstielchen 2—3mal so lang als die Kelchröhre. Nebenblätter krautartig.

Trifolium hybridum, Bastardklee, schwedischer Klee, Alsike-Klee (nach dem Ort Alsike bei Upsala, Schweden). Wurzel eine weisliche Pfahlwurzel mit vielen horizontalen Ästen, an denen die eiförmigen Wurzelknöllchen unmittelbar an der Ursprungsstelle der Wurzelfasern sitzen.

Stengel aufsteigend, *kahl*, *hohl*. Nebenblätter länglich-lanzettlich, lang zugespitzt, mit 4—5 Längsadern. Blättchen elliptisch oder eiförmig, einfach gezähnt, mit jederseits ca. 17 mehrmals gegabelten Blattnerven, jeder Gabelast in einen Zahn auslaufend. Blütenköpfe rötlich-weiß, im Winkel von Laubblättern, Blüten *kurz gestielt*, Stielchen oberwärts etwas behaart, Kelch kahl, halb so lang als die Blumenkrone, weiß mit 5 grünen, gleich langen Zähnen, Platte der Fahne zur Blütezeit ausgebreitet, länglich-eiförmig, Schiffchen kürzer als die mit ihm durch ein Gelenk verbundenen Flügel. Fruchtknoten meist 2-, selten 3samig. Same herzförmig, *gelbgrün* bis *dunkelolivengrün*, klein, so groß wie Weiskleesamen.

4. Feuchte Wiesen, ausgezeichnet für Moorkulturen, aber wegen der Neigung zum Lagern nur im Gemisch mit aufrecht wachsenden Pflanzen. Mai bis September. Unterste Blüten rosa, die übrigen weiß (nicht nur die abgeblühten rosa, sondern auch manche eben erst aufblühende). Durch die *beblätterten* Blütenstiele sofort von *T. repens* zu unterscheiden.

Ändert ab: b) *elegans* (*Trifolium elegans* Savi, als Art). Stengel *fest* und *hart, nicht hohl*, im Kreise niedergestreckt, oberwärts etwas behaart, Blättchen eiförmig oder verkehrt-eiförmig, stellenweise doppelt gezähnt, jederseits mit ca. 40 Nerven, Nebenblätter eilanzettlich, lang zugespitzt. Blume hellrosa, später dunkler. Auf trocknerem Boden, gern auf Kalk.

b) Die oberen Kelchzähne kürzer, Hülse gestielt, 1samig.

T. agrarium, Goldklee. *Blättchen* länglich-lanzettlich oder verkehrt-eiförmig, vorn gezähnt, *alle sitzend*; *Nebenblätter länglich-lanzettlich*, am *Grunde nicht breiter*; Köpfchen gestielt, kugelig. Blumen *goldgelb*, beim Welken *hellbraun*. Griffel so lang wie die Hülse. Fahne vorn löffelförmig erweitert, gefurcht. ☉. Trockene Wiesen und Wälder, stellenweise. Juni, Juli. 0,40—0,50 m. Same oval, so klein wie Weiskleesamen, etwas dunkler gelb mit grünlichem Fleck an der Basis; vom Gutsbesitzer Stanislaus Jakubowski in Zabawe bei Radlow, Galizien (als *T. aureospadiceum*) zur Reinsaat und im Gemenge mit *Bromus* für leichteren Lehm empfohlen. Keimt im Herbst, blüht im nächsten Jahr und stirbt dann ab, säet sich aber von selbst aus. von Weinzierl (und Stebler) in Publikation der Samen-Kontrollstation Wien, Nr. 140. Same aber meist nicht im Handel.

T. procumbens, *niederliegender Klee*. Stengel aufsteigend oder niederliegend, *Blättchen* verkehrt-eiförmig, vorn gezähnt, *das mittlere länger gestielt*, *Nebenblätter eiförmig*, Griffel mehrmals kürzer als die Hülse. Sonst wie voriger. ☉. Äcker, Triften, trockene Wiesen, gemein. Köpfchen *kleiner und schwefelgelb* oder *größer und goldgelb*, beim Welken bräunlich. 0,15—0,20 m. Same nicht im Handel.

T. minus (*Trifolium filiforme*), kleiner Klee. Stengel ausgebreitet, Blättchen keilförmig, gezähnt, das mittlere nicht länger gestielt. *Nebenblätter eiförmig*; Köpfchen klein, *locker*, 10—20 blütig. Griffel wie voriger. ☉. Wiesen, Triften, gemein. Mai—September. Blumen *blasgelb*, Stengel 0,10—0,30 m lang. Nimmt auf Moorwiesen leicht besseren Pflanzen den Platz weg.

Darf wie die beiden vorigen nicht mit dem Gelbklee der Samenhändler, *Medicago lupulina* (S. 381), verwechselt werden; alle 3 unterscheiden sich von letzterem leicht durch die *stehenbleibenden welkenden* Blumenkronen.

§ 74.

Tribus 5. **Lóteae**. Staubfäden 2brüderig (ausgenommen *Anthyllis* vor der Blüte), Blätter meist 3zählig, oder gefiedert mit *ganzrandigen* Blättchen.

Anthyllis (*ἀνθύλλις*, Pflanzennamen bei Dioskorides), *Wundklee*. Kelch zur Fruchtzeit geschlossen, groß, bauchig aufgeblasen, trockenhäutig; Schiffchen stumpf, Staubfäden *oberwärts verbreitert*, der vor der Fahne stehende anfangs mit den anderen verwachsen, nach der Befruchtung ganz oder bis zur Mitte frei.

Einzige deutsche Art: *A. Vulneraria*, gemeiner Wundklee (Fig. 115 und 124). Stengel mehrere, liegend oder aufsteigend; *unterste* Blätter langgestielt, länglich-eiförmig, *einfach* oder am Blattstiele noch ein Paar Seitenblättchen tragend, Stengelblätter deutlich gefiedert, mit *großem Endblättchen*; Blüten in einem endständigen Köpfchen mit fingerig geteiltem Deckblatt. Kelch bauchig, weiß wollig, Blumenkrone *gelb* oder Fahne, Flügelrand und oberer Teil des Schiffchens blutrot. ♀. Mai—Juni. 0,30—0,50 m hoch. — Triften, trockene Wiesen, von der Meeresküste bis hoch in den Alpen, gern auf Lehm. Neuerdings als Futterpflanze auf sandigen, etwas kalkhaltigen Äckern gebaut, am besten im Gemisch mit Hopfenluzerne.



Fig. 124. *Anthyllus Vulneraria*.
a Kelch; *b* ganze Blüte; *c* Fahne; *dd* Flügel;
e Schiffchen; *f*, *g* Staubfädenröhre und Griffel; *h* Fruchtkelch, mit der nicht aufspringenden Hülse (Nufshülse).



Fig. 125. *Lotus uliginosus* (zu stark behaart).
a, *b* Kelch; *c* Kronenblätter;
d Fruchtstand.

Lotus (*λωτός*, bei Homer eine Kleeart), *Hornklee*. Flügel oben zusammenneigend, Schiffchen geschnäbelt, hornförmig, aufsteigend, Griffel allmählich verschmälert. Hülse stielrund, mit 2 sich zusammendrehenden Klappen aufspringend.

L. corniculatus, gemeiner Hornklee. Blätter 5 zählig gefiedert, das unterste Paar (gewöhnlich Nebenblätter genannt) am Grunde des Blattstiels. Blättchen länglich-verkehrt-ei- oder keilförmig. Das unterste Paar schiefbreit-eiförmig; Nebenblätter klein, borstenförmig, Blüten in kopfförmigen Dolden. Stengel ausgebreitet, *fest und hart*, nicht oder kaum röhrig. Köpfchen meist 5 blütig, Kelchzähne vor dem Aufblühen zusammen-

neigend; Schiffchen fast rautenförmig, rechtwinklig aufsteigend, plötzlich in den Schnabel zugespitzt. Flügel etwas schmaler als das Schiffchen, Griffel an der Hülse rechtwinklig gebogen. ♀. Trockene Wiesen, Grasplätze. Mai bis September. Blumenkrone gelb, Fahne purpurn überlaufen, besonders vor dem Aufblühen. Wichtige Wiesenpflanze. — Auf Salz- und Muschelkalkboden schmalblättriger (var. tenuifolius).

L. uliginosus, Sumpf-Hornklee (Fig. 125). Stengel Ausläufer treibend, höher, kräftiger, aber weicher, meist mit weiter Höhlung. Unterstes Paar der Fiederblättchen rundlich-herzförmig, das folgende Paar etwas schief, das Mittelblättchen verkehrt-ei- bis keilförmig, wimperig behaart. Köpfchen im Winkel eines Blattes, scheinbar endständig, reichblütig, bis 14 Blumen. Kelchzähne vor dem Aufblühen bogenförmig abstehend oder zurückgekrümmt, besonders die beiden unteren, bewimpert. Schiffchen nicht im rechten Winkel, sondern allmählich in einen gelben stumpflichen Schnabel umgebogen, daher der Griffel an den halbreifen Früchten auch nur im stumpfen, nicht im rechten Winkel gebogen. Fahne breit-eiförmig, an der Basis mit 13 roten Nerven. Flügel eiförmig, so breit als das Schiffchen. Hülsen 3 cm lang.

Feuchte Wiesen; für Moorwiesen sehr geeignet. Juni, Juli. Blume gelb. 30—100 cm. Fälschlich in den Samenverzeichnissen *Lotus villosus* genannt. Same viel kleiner als bei vorigem, trotzdem die Pflanze größer ist.

§ 75.

Tribus 6. **Galégeae.** Blätter *unpaarig* gefiedert, ohne Ranken, Staubfäden 2brüderig, aber bei der Gattung *Galega* alle zu einer Röhre verwachsen, also 1brüderig.

Gattung *Galéga* (zuerst bei de la Ruelle, soll aus *Glaux* korrumpiert sein), *Geisraute*. Kelch zur Fruchtzeit offen. Hinterer Staubfaden halb verwachsen. *G. officinalis*, gebräuchliche Geisraute. Blättchen lanzettlich. Traube länger als das Blatt. Blüte lila (oder weifs). ♀. Selten, doch oft angepflanzt in Gärten. Hohes Kraut, 0,60—1,25 m. In warmen, tiefgründigen, wenn auch trockenen Lagen, so in der Schweiz auf trockenen Abhängen, gute Futterpflanze, ähnlich der Luzerne, aber weniger anspruchsvoll. Giftig für Schafe (Deutsche landw. Presse 1907, S. 720). — Verwandt sind *Robinia Pseudacacia*, Robinie, fälschlich Akazie. *Glycyrrhiza glabra*, Süßholz. *Indigofera tinctoria*, Indigo usw.

Gattung *Astrágalus* (*ἀστράγαλος* Wirbel, Name einer Leguminose bei Dioskorides), Bärenschote. Schiffchen stumpf. Hülse durch eine falsche Scheidewand (Wucherung der Rücken-, oft auch noch der Bauchnaht) der Länge nach 2fächerig oder fast 2fächerig.

Astrágalus glycyphyllos, süßholzblättrige Bärenschote (Fig. 126). Stengel niederliegend, *fast kahl*. Blätter 5—7paarig, mit großen, eiförmigen Blättchen. Blütentrauben eiförmig, länglich, nebst ihren Stielen kürzer als das Blatt, grünlich-gelb oder gelblich-weifs. Hülsen *linealisch, etwas gebogen, unten tief gefurcht, kahl; zuletzt aufrecht zusammenneigend.*

♀. Wälder, Gebüsch, Wiesenränder. Mai—Juli. 1—1,25 m. Wird mitunter als Futterpflanze empfohlen, läßt sich aber auf Wiesen und Äckern, da sie Beschattung verlangt, schwerlich bauen.

§ 76.

Tribus 7. **Hedysáreae, Gliederhülsige.** *Hülse in Glieder quer abgeteilt* und oft in diese zerfallend. Keimblätter, wie bei allen vorigen Tribus, ziemlich flach, über die Erde hervortretend. Blätter *unpaarig gefiedert*.

1. Untergruppe. **Coronillinae**, Blüten doldig.

Gattung **Coronilla** (zuerst bei de l'Obel; von corona Kranz, wegen des doldigen Blütenstandes), **Kronenwicke**. Kelch kurz glockig, durch die 2 oberen,



Fig. 126. *Astragalus glycyphyllos*.
Oben die Hülse mit der falschen Scheidewand.



Fig. 127. *Ornithopus perpusillus*.
a Kelch; b Blüte; c Kronenblätter;
d Hülse, in e längs durchschnitten.

größtenteils verwachsenen Zähne [fast 2lippig. Schiffchen geschnäbelt. Hülse walzlich oder 4 kantig.

C. varia, **bunte Kronenwicke**. Stengel krautig, niederliegend; Blätter meist 10 paarig; Blättchen länglich oder verkehrt-eiförmig. Nebenblätter lanzettlich, *nicht zusammengewachsen*. Dolden 8—20 blütig, Blumen schön, *weißs*, mit *rosenroter Fahne*. Schiffchen mit dunkel-purpurnem Schnabel. ♀. Wiesenränder, sonnige Hügel, gern auf *Kalk* und *Lehm*. Juni—August. 0,30—1,25 m lang.

Die frühere Behauptung, daß das Kraut giftig sei, hat sich nicht bestätigt. Wird von Schafen gern gefressen. Same nicht im Handel.

Gattung *Ornithopus* (ὄρνις Vogel und πούς Fufs), *Klauenschote*, *Vogelfufs*. Kelch 5zählig, die beiden oberen Zähne am Grunde verwachsen, Schiffchen stumpf, Staubfäden nach oben verbreitert, Hülse meist sichelförmig, gekrümmt, zusammengedrückt, an den Gelenken zusammengezogen, die 2—5 Hülsen eines Blütenstandes einem Vogelfufs ähnlich.

O. sativus, gebauter Vogelfufs, *Serradella*. Weichhaarig. Stengel aufstrebend. Blätter 7—12 paarig. Blättchen klein, elliptisch. Dolden 2—5 blütig, im Winkel der Fiederblätter, doppelt so lang gestielt als diese. *Kelchzähne pfriemlich, fast so lang wie die Röhre*. Blumen klein, rosa. Schiffchen sehr klein, kaum so lang als die Kelchzähne. Stengel 0,30—0,60 m lang. ☉. Juni, Juli. Aus Portugal. Bei uns seit etwa 50 Jahren sehr viel auf Sandboden gebaut, meist in den Roggen eingesät. „Der Klee des Sandes.“

O. perpusillus, kleinster Vogelfufs (Fig. 127). Stengel meist niederliegend, Kelchzähne eiförmig, 3mal kürzer als die Röhre. Blumen sehr klein, weißlich, Schiffchen gelblich. Fahne mit purpurnen Adern. 0,08 bis 0,30 m. Sandfelder. ☉.

Gattung *Hippocrépis* (ἵππος Pferd und κρηπίς Schuh, also Hufeisen), *Hufeisenklee*. Kelch glockig, fast 2lippig. Schiffchen geschnäbelt, Hülse zusammengedrückt, an der oberen Naht buchtig ausgeschnitten. *Glieder hufeisenförmig*.

H. comosa, schopfiger Hufeisenklee (Fig. 128). Stengel ausgebreitet. Blätter 5—7 paarig gefiedert; Blättchen länglich oder verkehrt-eiförmig; Dolde 4—8 blütig; Hülsen bogenförmig, Glieder flach, hufeisenförmig gekrümmt. ♀. Sonnige Kalkberge, zerstreut in Mittel- und Süddeutschland. Mai—Juli. Blumenkrone gelb. 0,08—0,25 m. Für kalkhaltige Weiden, Same jedoch nicht im Handel.

2. Untergruppe. *Euhedysarinae*. Blüten traubig.

Gattung *Onóbrychis* (ὄνος Esel und βρύχω zerbeißen). *Esparsette*. Flügel sehr kurz, Schiffchen schief abgestutzt, Hülse nur 1gliedrig, knochenhart, verkehrt-eiförmig, grubig-netzig, nicht aufspringend.

O. viciaefolia (*O. sativa*), *Esparsette* (Fig. 129). Stengel aufsteigend oder aufrecht, Blätter 6—12 paarig, Blättchen linealisch-länglich, Blütentrauben doppelt so lang als das Blatt; Kelchzähne doppelt so lang als die Röhre, Flügel kürzer als die Kelchzähne. Hülsen kreisrundlich, erhaben-netzig, am Rande kammförmig gezähnt. *Zähne halb so lang als die Breite des Kammes*. ♀. Auf Kalkboden, stellenweise wild, und sehr viel im großen gebaut. Wichtigste Futterpflanze auf Kalkboden, „der Klee des Kalkes“.

Zu den Gliederhülsigen gehört auch *Arachis hypogaea*, die Erdnuss, ursprünglich in Südamerika einheimisch, jetzt in allen Tropen als Nahrungsmittel und zur Gewinnung eines feinen Öls viel gebaut. Die Rückstände bilden die Erdnusskuchen.

§ 77.

Tribus 8. **Viciaeae**. Wickengewächse. Hülse 1fächerig, Blätter *paarig* gefiedert, mit Endspitze oder 2 oft gegabelten *Wickelranken*, den Mittelnerven der 2 obersten verkümmerten Blättchen. *Keimblätter* dick, mehlig, *in der Samenschale und unter der Erde bleibend*.

1. Untergruppe. **Ervoidinae**. Staubfädenröhre *schief* abgeschnitten, d. h. die unteren, dem Schiffchen zugekehrten Fäden länger, und stufenweise immer höher hinauf verwachsen als die oberen, der Fahne zugekehrten.

Vicia (Name einer Hülsenfrucht bei Varro), *Wicke*. Kelch 5zählig oder 5spaltig, obere Zähne kürzer; *Griffel* gerade aufstrebend, oben ringsum behaart oder unterhalb der Spitze auf der *äußern Seite bärtig*, Hülse zusammengedrückt, 2- bis vielsamig.



Fig. 128. *Hippocrepis comosa*, schopfiger Hufeisenklee.



Fig. 129. *Onobrychis viciaefolia*.
a Laubblättchen; b Blüte; c Kelch, Staubgefäße und Griffel; d, e Hülsen.

A. Trauben reichblütig, langgestielt. Nebenblätter ohne Nektarien (ohne dunklen Fleck auf der Unterseite). Griffel ringsum behaart.

Vicia Cracca, Vogelwicke. Überall *angedrückt behaart*. Stengel kantig. Nebenblätter halb spiefsförmig, ganzrandig, linealisch. Blättchen 10—12 paarig, die untersten Paare oft wechselständig, die oberen gegenständig. Blättchen länglich-linealisch, kurz stachelspitz, ihre Seitennerven in sehr spitzem Winkel abgehend. Trauben langgestielt, reichblütig (bis 20 und mehr). Blüten kurzgestielt. Kelch blau, kurzröhrig, schief abgeschnitten, die 5 Zähne ungleich, der unterste am längsten. *Platte der Fahne so lang wie ihr Nagel. Blumen blau oder rötlich-violett.* Schiffchen weißlich, reife Hülsen braun, lineal-länglich, ihr Stiel kürzer

als die Kelchröhre. Nabel $\frac{1}{3}$ des Samens umgebend. ♀. Überall an Ackerrändern, Zäunen, auch am Rande von Wiesen. Juni—August. 30—125 cm. Die zu *mäßigen* Preisen als *Vicia Cracca* angebotenen Samen sind, wie Weber mit Recht bemerkt, fast immer die von *Vicia* (*Ervum*) *hirsuta*, die beim Reinigen des Getreides gewonnen werden. Echte Samen sind kaum zu haben und sehr teuer. Nach Stebler kommt die Pflanze außerdem im Wiesenbestande nicht fort, und wird nach Weber vom Weidevieh nicht gern gefressen, daher nicht zu empfehlen.

V. tenuifolia, *feinblättrige Wicke*. Stengel meist kahl; Fiederblättchen lang und sehr schmal. *Platte der Fahne meist doppelt so lang als ihr Nagel*, Nabel $\frac{1}{4}$ des Samens umgebend. Sonst wie vorige. ♀. Gebüsche, Bergwiesen. Juni bis August. Blüten violett. 0,60—1,25 m.

V. villosa, *zottige Wicke* (Fig. 130). Meist *zottig behaart*; Blätter meist 8 paarig, Nebenblätter länglich-lanzettlich; die 3 unteren Kelchzähne pfriemlich-fadenförmig, so lang wie die Röhre, die oberen viel kürzer, lanzettlich-pfriemlich. *Platte der Fahne nur halb so lang als ihr Nagel*. Hülse länglich, ihr Stiel länger als die Kelchröhre. Nabel $\frac{1}{5}$ des Samens umgebend. ☉ oder ☉. Unter der Saat auf sandigem Lehmboden und besonders im Winter-Roggen, namentlich im nördlichen und östlichen Gebiet. Mai bis Juli. — Jetzt viel mit Roggen zusammen angebaut. — Unterscheidet sich von *Vicia Cracca* durch die kürzere Fahnenplatte und die größeren violetteren Blumen, vor dem Aufblühen durch die von den Kelchzähnen federig-beschopft erscheinenden Blütentrauben.

V. varia, *bunte Wicke*. ☉. Schlanker. Stengel dünner, sparsamer behaart, mit wenigen Zotten. Trauben kürzer gestielt. Blüten kleiner, die unteren 3 Kelchzähne aus *verbreitertem Grunde lanzettlich*. Fahne meist weiß. Wenig ertragreich. Same mitunter als *V. villosa* im Handel.

B. Blüten einzeln oder 2—6, kurzgestielt, traubig. Nebenblätter unterseits mit Nektarien. Griffel auf der äußeren Seite meist bärtig. (S. 376, Fig. 117.)

a) Blätter 4—8 paarig.

V. sepium, *Zaun-Wicke*. Blättchen *breit-eiförmig* oder *eiförmig-länglich*; *Kelchzähne ungleich*, die 2 oberen zusammenneigend, 2—3 mal

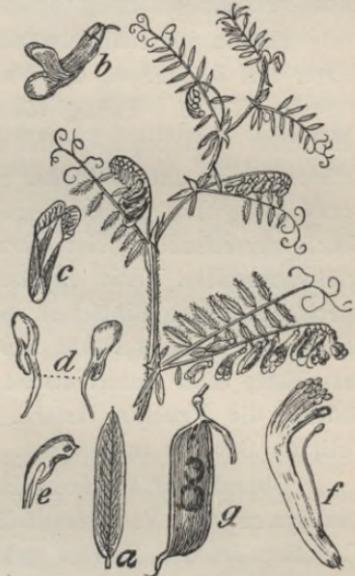


Fig. 130. *Vicia villosa*.

a Laubblättchen; b Blüte; c Fahne; d Flügel; e Schiffchen; f Staubgefäße und Griffel; g Hülse.

kürzer als ihre Röhre; Traube meist 5 blütig. Hülse länglich, bei der Reife kahl, schwarz. ♀. Zäune, Wiesen. April—September. Blumenkrone schmutzig-violett.

V. sativa, gebaute Wicke. ☉. Überall behaart. Stengel schwach 4 kantig. Nebenblätter halb pfeilförmig, der rückwärts gerichtete Teil des Pfeiles an den unteren oft gezähnt. Auf der Unterseite der Nebenblätter in einer Vertiefung ein schwarzbrauner Fleck (Nektarium). Blätter 4—6 paarig, mit 2 Wickelranken. Blättchen der unteren Blätter verkehrt-eiförmig, die der untersten tief ausgerandet, die der oberen länglich oder lineal-verkehrt-eiförmig, ausgerandet oder *gestutzt*, alle stachelspitz.

Blüten blattwinkelständig, kurzgestielt, zu 1—2. Kelch grün, behaart, mit 5 Zähnen, die 2 obersten die längsten, genähert, fast so lang wie die Röhre. Fahne blau oder rosa oder violett; Flügel purpurn, Schiffchen weißlich. Griffel an der Spitze ringsum behaart, aber an der äußeren Seite unterhalb der Spitze viel stärker, dort bärtig. Hülsen *aufrecht, länglich*, zusammengedrückt, etwas holperig, bei der Reife den Kelch zerreisend, meist *kurz behaart, braun*. Stammt von der überall wildwachsenden *Vicia angustifolia*, *schmalblättrige Wicke*, ab, die sich durch schmalere Blättchen, purpurne Fahne und *abstehende linealische*, bei der Reife meist *kahle, schwarze* Hülsen unterscheidet. *V. angustifolia* entwickelt öfter unterirdische, sich nicht öffnende, sogen. kleistogamische Blüten, die Früchte liefern. (*V. angustifolia* var. *amphicarpos*.) Juni, Juli, im Gebirge im August. ☉.

Überall auf besserem Boden gebaut, oft im Gemenge mit Hafer usw. Die Samen von *V. angustifolia* sind in neuerer Zeit statt derjenigen von *V. sativa* in den Handel gekommen. Man suche, um die echte, viel ertragreichere Saatwicke zu haben, recht grofskörnige Saat, möglichst linsenförmige Samen, die in der Mehrzahl 4 mm Durchmesser haben, zu erhalten. (Wittmack in Mitt. d. D. L.-G., 1902, S. 26.) Von der Wicke gibt es verschiedene Varietäten, besonders auch eine grünsamige (Hopetown-Wicke) und eine weißsamige.

b) Blätter 2—3 paarig, ohne Wickelranken.

V. Faba, Buff-, Puff-, Sau-, Tauben-, grofse oder Pferdebohne. Stengel *aufrecht*, 4 kantig, stark; *Blätter mit krautiger Stachelspitze*, Blättchen grofs, elliptisch oder länglich, Nebenblätter halb pfeilförmig, begrannt-gezähnt; Blüten in sehr kurzen, *2—4 blütigen Trauben*; die 2 oberen Kelchzähne viel kürzer. Hülsen grofs, länglich, lederartig, gedunsen, mit schwammigen Querscheidewänden, auf *den Kanten eben*, auf den Flächen von sehr kurzen Härchen sammetartig. ☉. Stammt aus dem Orient. Gebaut. Juni, Juli. *Blumenkrone sehr grofs, meist weiß, mit schwarzem Fleck auf den Flügeln*. Same mit *endständigem* Nabel.

Ervum (Name einer Hülsenfrucht bei Columella), *Erve*. Griffel an der Spitze *ringsum* gleichmäÙig fein behaart, nicht bärtig.

E. monanthos, *einblütige Erve*, *Wicklinse*, *Zirbelerbse*. Blätter *meist 7paarig*; Nebenblätter ungleichförmig, das eine linealisch, sitzend, ungeteilt, das andere halbmondförmig, gestielt und borstenförmig gezähnt. Blättchen 5—7paarig, linealisch, meist gestutzt. Blütenstiele 1-, selten mehrblütig, etwa so lang als das Tragblatt; Hülsen länglich-eiförmig, hellbraun, meist 3samig, kahl. ☉. *Bisweilen* auf weniger anspruchsvollen Böden *gebaut*. Blumenkrone *grofs*, *Fahne lila*. 0,30—0,60 m.

Hierher auch *E. hirsutum* (Vicia h.), *rauhfrüchtige Erve*. Blätter 8- bis 10paarig; Trauben 3—8blütig, Blüten klein, *bläulich-weiÙs*. Hülsen länglich-eiförmig, kurzhaarig, meist 2samig, reif schwärzlich. ☉. Äcker, Grasplätze. Mai—August. — *E. tetraspermum* (Vicia t.). Blätter 3—8paarig, linealisch; Trauben 1—3 blütig, Blüten bläulich-weiÙs, etwas gröÙser als bei voriger. Hülsen länglich-linealisch, meist 4samig, kahl, reif hellbraun. ☉. Wiesen, GebüÙche. Mai—Juli. Beide, besonders *E. hirsutum*, auch als Unkraut im Getreide (siehe S. 393).

Lens (Name bei Plinius), *Linse*. Griffel flach, unterhalb der Spitze auf der *inneren* Seite behaart.

L. esculenta, *efsbare Linse*. Obere Blätter meist 6paarig, Nebenblätter lanzettlich, ganzrandig; Blüten *bläulich-weiÙslich*, einzeln oder zu 2—3traubig, an langen Stielen; *Hülsen elliptisch-rautenförmig*, kahl, 2samig. ☉. Gebaut. Aus Westasien.

§ 78.

2. Untergruppe. *Lathyroidinae*. *Staubfädenröhre gerade abgeschnitten*, der freie Teil sämtlicher verwachsenen Staubfäden gleich lang.

Pisum (Name einer Hülsenfrucht bei Columella), *Erbse*. Griffel 3kantig, *von der Seite her zusammengedrückt*, an der *Spitze* auf der *Innenseite* bärtig (einer Hutbürste ähnlich). Hülse länglich, vielsamig.

P. sativum, *gebaute Erbse*, *gelbe* oder grüne *Erbse*. Blätter 2—3paarig, Blättchen eiförmig, in der Knospenlage gefaltet. *Nebenblätter sehr groÙs*, *eibis halbherzförmig*, an den Öhrchen gezähnt, einen Becher bildend. Blütentrauben 2- oder mehrblütig. Die weiÙssamigen haben ganz weiÙse Blumen, die grünsamigen die Fahne weiÙs, die Flügel rosa, sowie die Nebenblätter am Grunde purpurn. ☉. Aus Südeuropa. Auf Äckern und in Gärten gebaut. Mai bis Juli. 0,3—1 m.

Ändert ab: b) *arvense*, *graue Erbse*. Blüten einzeln oder zu 2, Same meist kantig-ingedrückt, graugrün mit braunen Punkten. Fahne blaufiolett oder bläulich, Flügel purpurrot, Nebenblätter am Grunde purpurn. Schiffchen weiÙs. Hierher auch die sogen. „Peluschke“ oder Sanderbse.

Láthyrus (λάθυρος, Name einer Hülsenfrucht bei Theophrastos), *Platterbse*. Griffel an der Spitze *flach*, auf der *ganzen* inneren Seite behaart (einer schmalen Haarbürste ähnlich). Hülsen mehr oder weniger zusammengedrückt, 2- bis vielsamig, Blätter meist mit Wickelranken, die Untergattung *Orobis* ohne Wickelranken, Blättchen in der Knospenlage gerollt.

a) *Stengel ungeflügelt, kantig.*

L. tuberosus, knollige Platterbse, Erdmandel. Kahl, Wurzelstock sehr tief gehend, dünn, an den Gelenken mit knollenförmig verdickten, stärkereichen, efsbaren Wurzeln; Blättchen 1 paarig, länglich. Nebenblätter halb pfeilförmig, linealisch; Trauben reichblütig, purpurrot oder rosenrot, wohlriechend. ♀. Auf schwerem Lehmboden. Juli, August. 0,30—1 m lang. Bonitierungspflanze!

L. pratensis, Wiesen-Platterbse. Weichhaarig; Blättchen 1 paarig, länglich-lanzettlich. Nebenblätter halb pfeilförmig, breit-lanzettlich; Blütentrauben reichblütig, gelb; Hülsen linealisch-länglich. ♀. Auf fruchtbaren Wiesen, an Gräben usw. 0,30—1,00 m. Futterwert zweifelhaft. Nach Weber wurde sie auf den Fettweiden der Marschen vom Vieh gänzlich verschmäht.

b) *Stengel geflügelt.*

L. silvester (nicht *silvestris*), Wald-Platterbse. Flügel des Stengels doppelt so breit als die der Blattstiele. Blätter 1 paarig, Blättchen lanzettlich, stumpf oder zugespitzt; Nebenblätter halb pfeilförmig, linealisch-pfriemlich; Blütentrauben reichblütig. Fahne rosa, außen rötlich-grün, innen am Grunde purpurrot, Flügel purpurn, Schiffchen grünlich. Hülse zusammengedrückt. Samen braun bis schwarzbraun. Nabel die Hälfte der ziemlich kugeligen, etwas höckerig-rauhen Samen umgebend. ♀. Wälder, buschige Bergabhänge, auf trockenerem Boden. Juli, August. 1—2 m. Ändert ab: b) *ensifolius*. Blättchen schmaler, lineal-lanzettlich.

Lathyrus silvester wurde seit 1887 von dem Landwirte Wagner, zuletzt in Kirchheim a. Teck, in Kultur genommen; derselbe hat früher viele steinige Abhänge in Westfalen, auf denen sonst nichts wuchs, mit Erfolg damit bepflanzt, wie er denn überhaupt bei seinem Futterbau das richtige Prinzip aufstellte, dafs man besonders die Futterpflanzen anbauen müsse, die in der betreffenden Gegend wild vorkommen, und dafs man deren Samen gewinnen solle.

Für trockene Gegenden mit tiefem Grundwasserstande dürfte *L. silvester* vielleicht sich eignen, in feuchten Jahren fault er unten leicht. Die Versuche sind sehr verschieden ausgefallen, sehr günstig beim Kammerherrn von Solemacher auf Wachendorf, Rheinprovinz, und beim Freiherrn von Wangenheim auf Weisenborn bei Freiberg in Sachsen, welch letzterer 15—20 ha damit bebaut (siehe auch Andrä, Die Waldplatterbse. Verlag von Paul Parey in Berlin, 1902, und Werner, Futterbau). Der Same mufs geritzt werden, dann geht er in 6—7 Wochen auf. Die Versuche dürfen noch nicht als abgeschlossen angesehen werden, sind aber im ganzen nicht so günstig ausgefallen, wie man erst hoffte, namentlich nicht bei Stebler in Zürich.

L. platyphyllos, flachblättrige Platterbse. Flügel der Blattstiele fast ebenso breit als die des Stengels; Blättchen 1 paarig, länglich oder länglich-lanzettlich, stumpf, stachelspitz, sonst wie vorige. ♀. Gebüsche. Blumen-

krone etwas größer, Fahne innen rosenrot, Flügel vorn violett. Schiffchen schmutzig-gelb, Same aschgrau, sehr fein gekörnt. 1—1,3 m. Wird neuerdings von Ascherson und Graebner nur als Varietät von *L. silvester* angesehen.

L. heterophyllos, verschiedenblättrige Platterbse. Untere Blätter 1 paarig, obere 2—3 paarig. Nabel kaum $\frac{1}{3}$ des Samens umgebend, sonst wie *silvester*. Selten. Blumenkrone purpurn. Blätter meergrün. 1—3 m.

L. latifolius, breitblättrige Platterbse. Blätter sämtlich 1 paarig, sehr selten die oberen 2 paarig, Blättchen eiförmig, Blütentraube reichblütig, schön rosenrot. Nabel kaum $\frac{1}{3}$ des Samens umgebend. In Gärten, dort auch mit weißen Blüten. 1—3 m.

Lathyrus platyphyllos, *heterophyllos* und namentlich *L. latifolius* dürften sich zum Anbau vielleicht ebenso eignen wie *L. silvester*; namentlich *L. latifolius* gibt, im kleinen wenigstens, ganz außerordentlich hohe Erträge. Auch Stebler erklärt *L. latifolius* für ergiebiger als *L. silvester*.

L. paluster, Sumpf-Platterbse. *Blattstiele flügellos*. *Blätter 2 bis 3 paarig*, Blättchen länglich-lanzettlich; *Nebenblätter mehrmals kleiner als die Blättchen*, halb spiefsförmig, linealisch-lanzettlich; *Blütentraube bis 6 blütig*, schmutzig-blau. ♀. Sumpfige Wiesen, stellenweise. Juli, August. 0,30—1 m. Wird zu Versuchen auf Moorwiesen empfohlen, aber nach Weber vom Vieh nicht gern genommen. Same nicht im Handel.

Anhang.

Bonitierungspflanzen, Samenmischungen.

A. Bonitierungspflanzen.

§ 79.

Bonitierungspflanzen.¹⁾ Die chemische Zusammensetzung des Bodens ist für viele Pflanzen von geringerer Wichtigkeit als die physikalische Beschaffenheit. Da z. B. ein Kalkboden meist trocken ist, siedeln sich viele Pflanzen, die Trockenheit lieben, dort an, kommen aber oft auch auf anderem trockenem Boden vor; man muß daher bei Beurteilung des Bodens nach den Pflanzen vorsichtig sein. Kann eine Pflanze auf dem verschiedensten Boden wachsen, so heißt sie *bodenvag*, zieht sie eine bestimmte Bodenart vor, ohne jedoch ausschließlich darauf vorzukommen, so heißt sie *bodenhold*, z. B. *kalkhold*, lebt sie nur auf einer bestimmten Bodenart, so heißt sie *bodenstet*, z. B. *kalkstet*. Strenge Grenzen lassen sich aber nicht ziehen.

1. *Kalkpflanzen*. *Gramineae*: *Bromus erectus*, *Poa compressa*, *Sesleria coerulea*. *Liliaceae*: *Allium fallax*, *Tofieldia calyculata*. *Orchidaceae*: *Anacamptis pyramidalis*, *Cephalanthera grandiflora*, *Cypripedium Calceolus*, *Epipactis microphylla*, *Ophrys fuciflora*, *O. muscifera*, *Orchis militaris*, *O. purpurea*. *Fagaceae*: *Fagus silvatica*. *Amarantaceae*: *Polycnemum majus*. *Caryophyllaceae*: *Gypsophila repens*, *Tunica prolifera*. *Ranunculaceae*: *Adonis aestivalis*, *A. flammus*, *A. vernalis*, *Anemone silvestris*, *Helleborus foetidus*, *H. niger*, *Hepatica triloba*, *Nigella arvensis*. *Cruciferae*: *Alyssum saxatile*, *Arabis petraea*, *Conringia orientalis*, *Erysimum odoratum*, *E. orientale*, *Iberis amara*, *Lepidium campestre*. *Saxifragaceae*: *Saxifraga aizoon*, *S. caesia*. *Rosaceae*: *Rubus saxatilis*, *Sanguisorba minor*. *Leguminosae*: *Coronilla montana*, *Hippocrepis comosa*, *Medicago minima*, *Onobrychis viciaefolia* (*O. sativa*). *Rutaceae*: *Dictamnus albus*. *Polygalaceae*: *Polygala calcarea*, *P. Chamaebuxus*, *P. comosa*. *Violaceae*: *Viola mirabilis*. *Umbelliferae*: *Astrantia major*, *Caucalis daucoides*, *Laserpitium latifolium*, *Scandix Pecten Veneris*, *Seseli Hippomarathrum*. *Gentianaceae*:

¹⁾ Wegen der Beschreibungen der einzelnen Arten, soweit sie nicht in Kap. II, III, VI und VII behandelt sind, ist eine „Flora“ nachzuschlagen, z. B.: Garckes *Illustr. Flora von Deutschland*, 20. Aufl., herausgegeben von Niedenzu, aus der viele unserer Abbildungen entstammen; Potonié, *Illustr. Flora von Norddeutschland*; Wünsche, *Die Pflanzen Deutschlands*; Ascherson und Graebner, *Flora des nordostdeutschen Flachlandes*; Ascherson, Graebner und Beyer, *Nordostdeutsche Schulflora*; Lackowitz, *Flora von Berlin* usw.

Gentiana ciliata, *G. cruciata*, *G. germanica*, *G. verna*. *Asclepiadaceae*: *Vincetoxicum officinale*. *Borraginaceae*: *Lithospermum officinale*, *Nonnea pulla*. *Labiatae*: *Ajuga Chamaepitys*, *Brunella alba*, *B. grandiflora*, *Galeopsis angustifolia*, *Teucrium Botrys*, *T. Chamaedrys*, *T. montanum*. *Scrophulariaceae*: *Linaria Elatine*, *L. minor*, *L. spuria*. *Globulariaceae*: *Globularia nudicaulis*. *Rubiaceae*: *Asperula glauca*, *Galium parisiense*, *G. tricornis*, *Sherardia arvensis*. *Valerianaceae*: *Valerianella rimosa*. *Campanulaceae*: *Campanula bononiensis*, *Phyteuma orbiculare*. *Compositae*: *Anthemis tinctoria*, *Aster Amellus*, *Carlina acaulis*, *Centaurea rhenana* (*C. paniculata*), *Filago germanica*, *Hieracium praealtum*, *Inula Conyza*, *Lactuca perennis*, *L. Scariola*, *Senecio campester*.

2. *Lehm- und Tonpflanzen*. *Equisetaceae*: *Equisetum arvense*. *Gramineae*: *Sclerochloa* (*Poa*) *dura*, *Poa compressa*. *Juncaceae*: *Juncus bufonius*, *J. glaucus*. *Liliaceae*: *Allium sphaerocephalum*. *Orchidaceae*: *Cephalanthera grandiflora*. *Caryophyllaceae*: *Silene noctiflora* (*Melandryum noctiflorum*), *Vaccaria parviflora* (*Vaccaria Vaccaria*). *Ranunculaceae*: *Adonis aestivalis*, *A. flammeus*, *Nigella arvensis*, *Ranunculus arvensis*. *Cruciferae*: *Conringia orientalis*, *Coronopus Ruellii*, *Lepidium campestre*, *Thlaspi arvense*. *Rosaceae*: *Alchemilla arvensis*. *Leguminosae*: *Anthyllis vulneraria*, *Lathyrus tuberosus*, *Melilotus albus*, *M. officinalis*, *Trifolium striatum*. *Geraniaceae*: *Geranium dissectum*. *Euphorbiaceae*: *Euphorbia exigua*. *Umbelliferae*: *Falcaria Rivini*, *F. vulgaris*, *Caucalis daucoides*, *Scandix Pecten Veneris*. *Gentianaceae*: *Erythraea litoralis*, *E. pulchella*. *Asclepiadaceae*: *Vincetoxicum officinale*. *Convolvulaceae*: *Convolvulus arvensis*. *Borraginaceae*: *Lithospermum officinale*, *Nonnea pulla*. *Labiatae*: *Brunella grandiflora*. *Scrophulariaceae*: *Antirrhinum Orontium*, *Euphrasia Odontites*, *Linaria Elatine*, *L. minor*, *L. spuria*, *Melampyrum arvense*, *Specularia Speculum*, *Veronica agrestis*, *V. opaca*, *V. polita*, *V. praecox*, *V. Tournefortii*. *Orobanchaceae*: *Orobanche pallidiflora* syn. *reticulata* (schmarotzt auf Distelarten). *Rubiaceae*: *Galium parisiense*, *G. tricornis*, *Sherardia arvensis*. *Campanulaceae*: *Campanula bononiensis*. *Compositae*: *Crepis biennis*, *Hypochoeris maculata*, *Lactuca Scariola*, *Lappa tomentosa*, *Matricaria Chamomilla* (*Chrysanthemum Chamomilla*), *Tussilago Farfara*.

3. *Sandigen Lehm liebende Pflanzen*. *Gramineae*: *Bromus arvensis*, *Panicum glaucum*. *Juncaceae*: *Juncus capitatus*, *J. Tenageia*. *Amarantaceae*: *Polycnemum arvense*. *Caryophyllaceae*: *Alsine viscosa*, *Gypsophila muralis*. *Ranunculaceae*: *Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*, *Myosurus minimus*. *Papaveraceae*: *Papaver Argemone*, *P. Rhoeas*. *Cruciferae*: *Thlaspi perfoliatum*. *Saxifragaceae*: *Saxifraga tridactylites*. *Crassulaceae*: *Tillaea muscosa*. *Primulaceae*: *Centunculus minimus*. *Labiatae*: *Galeopsis Ladanum*, *Stachys arvensis*. *Scrophulariaceae*: *Linaria arvensis*, *Veronica triphyllos*. *Compositae*: *Arnoseris minima*, *Carduus acanthoides*, *Filago arvensis*, *F. germanica*, *Gnaphalium luteoalbum*, *G. uliginosum*, *Hypochoeris glabra*.

4. *Salzpflanzen*. *Gramineae*: *Alopecurus arundinaceus*, *Festuca distans*, *Hordeum secalinum*. *Cyperaceae*: *Carex distans*, *C. extensa*, *C. secalina*, *Scirpus parvulus*, *S. rufus*. *Juncaginaceae*: *Triglochin maritima*. *Juncaceae*: *Juncus bufonius*, *J. Gerardi*, *J. ranarius*. *Chenopodiaceae*: *Obione pedunculata*, *Salic-*

cornia herbacea, Suaeda maritima. *Caryophyllaceae*: Sagina maritima, Spargularia media, S. salina. *Cruciferae*: Capsella procumbens, Lepidium latifolium. *Leguminosae*: Melilotus altissimus, M. dentatus, Tetragonolobus siliquosus, Trifolium fragiferum. *Malvaceae*: Althaea officinalis. *Umbelliferae*: Apium graveolens, Eupleurum tenuissimum. *Primulaceae*: Glaux maritima. *Plantaginaceae*: Plantago Coronopus, P. maritima. *Compositae*: Artemisia maritima, Aster Tripolium, Lactuca saligna, Pulicaria dysenterica, Thrinicia hirta (Leontodon taraxacoides).

Die meisten andern sind Sandpflanzen, unter ihnen zeigt namentlich *Rumex acetosella* Kalkarmut an.

Pflanzen, welche gutes Rieselwasser anzeigen.

Es ist schwer eine scharfe Grenze zwischen Pflanzen, die ein gutes Rieselwasser, ein mittelgutes und ein ungeeignetes anzeigen, zu treffen. Die Verhältnisse liegen hier ähnlich wie bei den Landpflanzen, die zur Bonitierung des Bodens dienen (S. 398). Wie dort zwischen Kalk- und Lehm-, bzw. Lehm- und Sandpflanzen zahlreiche Übergänge vorkommen, so auch hier zwischen Pflanzen, die in guten, alkalireichen Wässern (Fluss, See usw.) und andererseits in schlechten, humussäurereichen (Sumpf- und Moorwässern) leben. Der Kürze wegen führen wir nur die Pflanzen auf, welche gutes Rieselwasser anzeigen und auch davon nur die häufigeren. Mit Recht hebt aber Dünkelberg, Wiesenbau, 4. Aufl., S. 43 hervor, dafs am sichersten die *Erfahrung* entscheidet, die durch Bewässerung kleiner Flächen oder durch Beobachtung der von dem Wasser überschwemmten Wiesenstellen in der Regel leicht gemacht werden kann, bevor man zu einer gröfseren Anlage schreitet.

Kryptogamen: Die rein grünen Algen 205 (die Zahl bedeutet die Seite im vorhergehenden Text), von den blaugrünen Algen die Wasserblüte 204, einige Moose in Bächen.

Monokotyledonen: Sparganium-Arten 204. Potamogeton-Arten 220. Zanicchia 221. Sagittaria 221. Elodea 223. Hydrocharis 224. Fast alle Wassergräser, besonders Phalaris arundinacea 223 und die Glyceria-Arten 344, 345. Lemna 225.

Dikotyledonen: Montia 239. Seerosen 242. Ceratophyllum 242. Ranunculus aquatilis 243. Nasturtium officinale 244. Cardamine amara 245. Callitriche 251. Myriophyllum 252. Hippuris 252. Berula 254, 257. Veronica Anagallis und V. Beccabunga 267.

B. Samenmischungen.

§ 80.

Gebrauchswert der Samen und Samenmischungen. Die Gras- und Kleesamen des Handels sind selten ganz rein, sondern enthalten fast immer Verunreinigungen, die teils unschuldiger Natur, teils Samen schädlicher Pflanzen sein können, wie z. B. Kleeseide im Klee. Die reinen Samen sind aber nicht alle keimfähig; Timothee, englisches und italienisches

Raigras usw., Rotklee usw. keimen zwar mit 85—95 0/0, die meisten Gräser aber nur mit 70—80, ja Ruchgras, Drahtschmiele usw. nur mit 40—60 0/0. Man hat deshalb bis vor kurzem besonderes Gewicht auf den sogen. *Gebrauchswert* gelegt, und dieser ergibt sich nach der Formel:

$$G = 0,01 R \cdot K,$$

wobei G Gebrauchswert, R Reinheit, K Keimfähigkeit in Prozenten bedeutet; z. B. wenn $R = 90$ 0/0, $K = 80$ 0/0, so ist $G = 72$ 0/0. Eine solche Ware heißt einfach 72prozentig. Wenn man den Gebrauchswert mit dem Gewicht multipliziert, so erhält man *Kiloprozente*. Ein „Kiloprozent“ ist 1 kg einer 1prozentigen Ware, 100 Kiloprozent sind 1 kg einer 100prozentigen Ware. Es gelangen in dem von Stebler eingeführten Begriff „Kiloprozent“ Qualität (Reinheit und Keimfähigkeit) und Quantität in einer *einzig*en Zahl zum Ausdruck. Z. B. 100 kg Rotklee mit 98 0/0 Reinheit und 85 0/0 Keimfähigkeit sind 8330 Kiloprozent; 100 kg eines anderen Rotkleees mit nur 85 0/0 Reinheit, aber 98 0/0 Keimfähigkeit sind auch 8330 Kiloprozent. Man darf hieraus aber nicht schließen, daß beide Kleearten gleichwertig sind, denn bei nur 85 0/0 Reinheit bekommt man viel mehr Unkrautsamen mit auf das Feld. Freilich könnte man in unserm Falle einwenden, daß bei 98 0/0 Keimfähigkeit die Unkräuter wohl unterdrückt werden. — Dank den Bemühungen der Samenkontrollstationen und der Samenhändler hat sich die Keimkraft der Samen jetzt sehr gehoben.

Im allgemeinen werden die Saatmischungen nach *Gewicht* zusammengestellt und dabei ein *durchschnittlicher* Gebrauchswert zugrunde gelegt. Da die meisten Samenhändler in ihren jährlichen Preisverzeichnissen den Gebrauchswert angeben, so ist, falls dieser in einem Jahr sehr von dem mittleren abweichen sollte, entsprechend mehr oder weniger Saat zu nehmen.

(Siehe die Tabelle über Reinheit und Keimfähigkeit auf S. 402.)

Die Samenmischungen sind je nach dem Zweck der Anlage, sowie nach den Bodenverhältnissen, auch dem Klima, sehr verschieden. Die Anlagen können im wesentlichen dreierlei Art sein: 1. *Kleegrasschläge*. Diese werden meist 2 Jahre gemäht, im Herbst des 2. Jahres und oft noch im 3. Jahre beweidet und dann wieder als Ackerland benutzt. — 2. *Wechselwiesen* und *Wechselweiden*. Diese kommen besonders bei der Feldgras-, Koppel-, Dreesch-, Schlag- oder Egartenwirtschaft vor und werden 3—12, meist 4—6 Jahre genutzt. — 3. *Dauerwiesen* und *Dauerweiden* mit langjähriger Nutzung (Rieselwiesen, Fluswiesen, ewige Weide, z. B. in den Marschen, usw.).

Die Kleegrasschläge erfordern Pflanzen, die schon im 1. und 2. Jahre reiche Erträge bringen, die beiden andern daneben auch solche, welche erst später sich reich entwickeln. Damit sowohl erster wie zweiter Schnitt

*Durchschnittliche Reinheit und Keimfähigkeit einer guten Handelsware
nach Stebler.¹⁾*

Nr.	Samenart:	Reinheit	Keim-	Gebruchs-
		o/o	fähigkeit	wert
			o/o	o/o (abgerundet)
1	Rotklee, Mattenklee	98	90	88
2	Weisklee	96	80	77
3	Bastardklee	97	80	78
4	Luzerne	98	90	88
5	Hopfenklee	97	80	78
6	Esparssette	98	80	78
7	Wundklee	90	85	77
8	Gemeiner Schotenklee	90	60	54
9	Sumpfschotenklee	90	70	63
10	Englisches Raigras	96	80	76
11	Italienisches Raigras	95	80	76
12	Französisches Raigras (Fromental)	70	70	49
13	Goldhafer	70	50	35
14	Wiesenschwingel	90	85	77
15	Rohrschwingel	90	85	77
16	Roter Schwingel	80	60	48
17	Schafschwingel	85	70	60
18	Verschiedenblättriger Schwingel .	80	50	40
19	Knaulgras	76	75	57
20	Timothee	98	90	88
21	Wollig. Honiggras, enthülst G bis 70	70	50	35
22	Wiesenfuchsschwanz	80	70	56
23	Kammgras	93	75	70
24	Wiesenrispengras	85	70	60
25	Gemeines Rispengras	85	70	60
26	Hainrispengras	80	70	56
27	Platthalm-Rispengras	90	80	72
28	Fioringras, enthülst G bis 85 . .	85	85	72
29	Ruchgras	90	40	36
30	Rohrglanzgras	90	70	63
31	Aufrechte Trespe	80	60	48
32	Wehrlose Trespe	80	85	68
33	Weiche Trespe	80	75	60
34	Rasenschmiele	80	50	40
35	Gemeine Schafgarbe	90	65	59
36	Wiesenflockenblume	90	50	45
37	Becherblume, Poterium sanguisorba	70	90	63
38	Kümmel	98	70	69

¹⁾ Dr. F. G. Stebler, Vorstand der schweizerischen Samen-Kontrollstation. Rationeller Futterbau, 6. Aufl., S. 79.

möglichst hohe Erträge geben, muß man ferner frühe, mittelfrühe und späte Arten, auch Ober- und Untergräser (ja man könnte allgemeiner sagen: Ober- und Unterpflanzen) wählen. — Von Obergräsern nimmt man meist $\frac{2}{3}$, falls Klee dabei ist, bis 70 %, von Untergräsern $\frac{1}{3}$ (30 %).

Zahl der Arten in der Mischung. Für die meisten Verhältnisse sind 10 Arten genügend; denn da die Samen fast nie ganz rein, erhält man einige andere Arten meist dazu, auch werden durch natürlichen Anflug, wie durch das Riesel- oder Überschwemmungswasser viele Samen anderer Arten hinzugebracht. Je mehr Arten man übrigens in der Mischung hat, desto sicherer ist der Erfolg unter den verschiedensten Bedingungen.

Berechnung der Aussaatmenge. Alle Versuche, die Menge der nötigen Körner für eine Flächeneinheit theoretisch zu begründen, sind bis jetzt gescheitert. Man hat zwar festgestellt, wie viel Pflanzen auf 1 qm stehen, was natürlich nach den Arten und je nachdem, ob sie allein oder im Gemenge gebaut werden, verschieden ist; man weiß auch, wie viel Körner von jeder Art in 1 kg enthalten sind, allein wenn man aus beiden Daten die Menge der Aussaat berechnen wollte, würde man viel zu niedrige Zahlen erhalten. Man ist daher bis jetzt auf die langjährige Erfahrung der Praxis angewiesen.¹⁾

Aus dieser Erfahrung weiß man, wie viel von einer Art auf einer gegebenen Fläche, z. B. 1 ha, ausgesät werden muß, wenn diese ganz *allein* (Reinsaat, Einzelsaat) angebaut werden soll. Darüber gibt es viele Tabellen. *Von der Rein- oder Einzelsaat muß man ausgehen.* Dann muß man bestimmen, *wie viel Flächenprozent von jeder Art* auf der Wiese vorhanden sein sollen, und den entsprechenden Teil der Reinsaatmenge nehmen. — Allein in Mischungen kann und muß erfahrungsgemäß *dichter* gesät werden als bei Einzelsaat, weil die verschiedenen Arten den Raum besser ausnutzen, andererseits sich auch gegenseitig verdrängen. Man muß deshalb einen „Zuschlag“ geben, und zwar einen um so höheren, je mehr Arten man in die Mischung nimmt. Bei einer Mischung von nur 2 Arten, z. B. Rotklee und Timothee als Kleegrasgemenge, ist kein Zuschlag nötig; bei 3—6 Arten muß aber etwa 25 % und bei noch mehr Arten 50 % dichter gesät werden. Bei Mischungen von vorwiegend langsam sich entwickelnden, dauerhaften Arten, also für Dauerwiesen, empfiehlt Stebler 75 % Zuschlag; man kann diesen selbst bis 100 % steigern, denn es kommt vor allem darauf an, daß schon im ersten Jahre die Wiese gut bestanden sei, damit kein Unkraut aufkomme. Je feiner der Same ist,

¹⁾ Gegenüber den abfälligen Bemerkungen in Dunkelbergs Wiesenbau, 4. Aufl., 1907, S. 77 verweise ich auf ein anders lautendes Urteil von Stebler, Rationeller Futterbau, 5. Aufl., 1903, S. 114 u. 140. Siehe auch 6. Aufl., S. 110 und 113. L. W.

Saatzmenge bei Rein- oder Einzelsaat in Kilogramm nach Stebler.

Nr.	Samenart:	Auf das Hektar				
		ohne Zu- schlag	mit 25 0/0	mit 50 0/0	mit 75 0/0	mit 100 0/0
			Zuschlag			
1	2	3	4	5	6	7
1	Rotklee	23	28,8	34,5	40,3	46,0
2	Weißklee	14	17,5	21,0	24,5	28,0
3	Bastardklee	14	17,5	21,0	24,5	28,0
4	Luzerne	31	38,8	46,5	54,3	62,0
5	Hopfenklee	23	28,8	34,5	40,3	46,0
6	Esparssette	194	242,5	291,0	339,5	388,0
7	Wundklee	23	28,8	34,5	40,3	46,0
8	Gemeiner Schotenklee	23	28,8	34,5	40,3	46,0
9	Sumpfschotenklee	14	17,5	21,0	24,5	28,0
10	Englisches Raigras	50	62,5	75,0	87,5	100,0
11	Italienisches Raigras	48	60,0	72,0	84,0	96,0
12	Französisches Raigras (Fromental)	60	75,0	90,0	105,0	120,0
13	Goldhafer	20	25,0	30,0	35,0	40,0
14	Wiesenschwingel	47	58,8	70,5	82,3	94,0
15	Rohrschwingel	47	58,8	70,5	82,3	94,0
16	Roter Schwingel	36	45,0	54,0	63,0	72,0
17	Schafschwingel	33	41,3	49,5	57,8	66,0
18	Verschiedenblättriger Schwingel .	39	48,8	58,5	68,3	78,0
19	Knaulgras	40	50,0	60,0	70,0	80,0
20	Timothee	19	23,8	28,5	33,3	38,0
21	Wolliges Honiggras	23	28,8	34,5	40,3	46,0
22	Wiesenfuchsschwanz	25	31,3	37,5	43,8	50,0
23	Kammgras	28	35,0	42,0	49,0	56,0
24	Wiesenrispengras	23	28,8	34,5	40,3	46,0
25	Gemeines Rispengras	23	28,8	34,5	40,3	46,0
26	Hainrispengras	34	42,5	51,0	59,5	68,0
27	Platthalm-Rispengras	30	37,5	45,0	52,5	60,0
28	Fioringras	17	21,3	25,5	29,8	34,0
29	Ruchgras	33	41,3	49,5	57,8	66,0
30	Rohrglanzgras	25	31,3	37,5	43,8	50,0
31	Aufrechte Trespe	61	76,3	91,5	106,8	122,0
32	Wehrlose Trespe	55	68,8	82,5	96,3	110,0
33	Weiche Trespe	60	75,0	90,0	105,0	120,0
34	Rasenschmiele	40	50,0	60,0	70,0	80,0
35	Gemeine Schafgarbe	12	15,0	18,0	21,0	24,0
36	Wiesenflockenblume	10	12,5	15,0	17,5	20,0
37	Becherblume, Poterium sanguisorba	42	52,5	63,0	73,5	84,0
38	Kümmel	23	28,8	34,5	40,3	46,0

desto mehr muß man die theoretische Menge erhöhen, ebenso muß auf zu leichtem wie auf zu schwerem Boden mehr Saat genommen werden. Wir geben die folgende Tabelle nach Stebler, Rationeller Futterbau, 6. Aufl. (Thaer-Bibliothek).

(Siehe die Tabelle auf S. 404.)

Dieselbe Tabelle findet man in der 3. Auflage von H. Werner, Handbuch des Futterbaues, Berlin 1907; ähnliche Tabellen in Lehrke, Mischung und Aussaat von Grassämereien, Breslau 1888; ferner von Wollny, revidiert von Remy, im Landwirtschaftlichen Kalender von Mentzel & v. Lengerke; in Burgtorf, Wiesen- u. Weidenbau; Strecker, Erkennen und Bestimmen der Wiesengräser; für Moorwiesen von Weber in Thiels Landw. Jahrb. Bd. 27, Ergänz.-Bd. 4 usw. Im speziellen weichen die Zahlen oft voneinander ab. — Wir wollen bei folgendem Beispiel für Dauerwiesen die Steblerschen Zahlen mit 75 % *Zuschlag* zugrunde legen.

		abgerundet	
<i>Beispiel.</i> Soll eine Rieselwiese bestehen aus:			
<i>Obergräser</i>	10 %	Fuchsschwanz,	so sind aufs ha nötig . . . 4,5 kg
	20 "	Wiesenschwingel,	" " " " " " . . . 16,5 "
	10 "	Knaulgras,	" " " " " " . . . 7,0 "
	20 "	Timothee,	" " " " " " . . . 7,0 "
<i>Untergräser</i>	10 "	Wiesenrispengras,	" " " " " " . . . 4,0 "
	5 "	Gemein. Rispengras,	" " " " " " . . . 2,0 "
	10 "	Fioringras,	" " " " " " . . . 3,0 "
	10 "	Engl. Raigras,	" " " " " " . . . 9,0 "
	5 "	Kammgras,	" " " " " " . . . 2,5 "
			55,5 kg
Hierzu könnte man als Gewürz noch nehmen:		Ruchgras . . .	0,5 "
		Kümmel . . .	1,0 "
			Summe 57,0 kg

Nachstehend folgt eine Zusammenstellung von Samenmischungen verschiedener Autoren. Wie man leicht bemerkt, sind sie selbst für die nämliche Art Wiese sehr verschieden, es hängt das z. T. von persönlichen Ansichten ab. Namentlich ist auch die Summe sehr verschieden; auf graswüchsigem Boden genügen 40—50 kg, lieber nehme man aber etwas mehr. Weber empfiehlt z. B. für trockenere Marschweiden 70 kg Raigras, 1,2 kg gemeines Rispengras und 10,8 kg Weifsklee.

(Siehe Tabellen über Samenmischungen für Dauerwiesen auf S. 406 u. 407.)

Durch Vermittlung des Herrn Dr. C. Weber waren uns in dankenswertester Weise von der Moorversuchsstation in Bremen für die 2. Auflage dieses Werkes ihre bewährten Mischungen für Moorwiesen zur Verfügung gestellt. Dieselben sind inzwischen in Thiels Landw. Jahrbücher, Bd. 27, Ergänzungsband 4, 1898, S. 451 veröffentlicht und eingehend begründet.

(Siehe Tabellen S. 408—410.)

Lauf. Nr.	Name	A.		B.		C.		D.		E.		F.		G.		H.		J.						
		kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %																
1	<i>Anthoxanthum odoratum</i> (Ruchgras)	0,2 0,5	0,3 0,5	0,3 0,5	0,2 0,5	0,2 0,5	0,2 0,5	0,2 0,5	0,2 0,5															
2	<i>Alopecurus pratensis</i> (Wiesenfuchsschwanz)	2,2 6,0	2,0 5,0	2,3 6,0	2,0 5,0	2,3 6,0	2,3 6,0	2,3 6,0	2,3 6,0	2,0 5,0	2,0 5,0	1,9 5,0	1,9 5,0	2,5 7,5	2,5 7,5	1,5 4,0	1,5 4,0	2,0 5,0	2,0 5,0	2,0 5,0	2,0 5,0			
3	<i>Phleum pratense</i> (Timotheegras)	3,5 12,0	2,8 10,0	3,4 12,0	3,0 10,0	3,4 12,0	3,4 12,0	3,4 12,0	3,4 12,0	3,0 10,0	3,0 10,0	2,8 10,0	2,8 10,0	3,8 14,0	3,8 14,0	3,4 12,0	3,4 12,0	3,4 12,0	3,4 12,0	3,4 12,0	3,4 12,0	3,4 12,0		
4	<i>Agrostis alba stolonifera</i> (Fioringras)	1,3 5,0	3,0 12,0	2,8 11,0	3,7 15,0	3,7 15,0	3,7 15,0	3,2 12,0	3,2 12,0	4,6 18,0	5,1 20,0	6,6 26,0	5,1 20,0	6,6 26,0	2,4 9,0	3,4 14,0	2,5 10,0	2,5 10,0	4,8 19,0	3,4 14,0	3,4 14,0	5,0 20,0	5,0 20,0	
5	<i>Avena elatior</i> (Französisches Raigras)	6,1 5,0	6,0 5,0	8,0 5,0	8,0 5,0	2,4 2,0	2,4 2,0	2,4 2,0	2,4 2,0	2,4 2,0	2,4 2,0	2,4 2,0	2,4 2,0											
6	<i>Poa pratensis</i> (Wieserispengras)	6,2 18,0	8,3 24,0	3,5 10,0	5,2 15,0	4,8 15,0	6,9 20,0	3,5 10,0	5,5 16,0	3,5 10,0	3,5 10,0	3,5 10,0	3,5 10,0	6,9 20,0	9,2 27,0	3,1 9,0	5,2 15,0							
7	<i>Dactylis glomerata</i> (Knaulgras)	3,0 5,0	8,0 5,0	4,0 5,0	1,5 2,5	1,5 2,5	1,5 2,5	1,5 2,5	1,5 2,5	1,5 2,5	1,5 2,5	1,5 2,5	1,5 2,5											
8	<i>Festuca pratensis</i> (Wiesenschwingel)	11,1 15,5	10,0 13,5	11,0 15,5	10,1 13,5	11,0 15,5	10,1 13,5	11,0 15,5	11,0 15,5	11,0 15,5	12,3 17,5	13,4 18,0	14,0 20,0	14,0 20,0	7,5 8,0	4,7 5,0	10,8 15,0							
9	<i>Lolium perenne</i> (Englisches Raigras)	3,7 5,0	7,5 10,0	3,7 5,0	7,0 10,0	3,7 5,0	7,0 10,0	3,7 5,0	7,0 10,0	3,7 5,0	3,8 5,0	3,8 5,0	3,7 5,0	3,7 5,0	5,0 7,0	5,0 7,0	5,0 7,0	5,0 7,0	5,0 7,0	5,0 7,0	5,0 7,0	5,0 7,0	5,0 7,0	5,0 7,0
10	<i>Lolium italicum</i> (Italienisches Raigras)	1,4 2,0	1,4 2,0	1,5 2,0	1,4 2,0	1,5 2,0	2,0 2,0	2,0 2,0	2,0 2,0	2,0 2,0	1,4 2,0	1,4 2,0	1,4 2,0	1,4 2,0	1,4 2,0	1,4 2,0								
11	<i>Lotus uliginosus</i> (Sumpfhornklee)	1,7 8,0	0,6 3,0	1,7 8,0	0,6 3,0	1,3 6,0	1,3 6,0	0,6 3,0	0,6 3,0	1,7 8,0	0,6 3,0	0,6 3,0	0,6 3,0	1,7 8,0	0,6 3,0	0,6 3,0	0,6 3,0	0,6 3,0	0,6 3,0	0,6 3,0	0,6 3,0	0,6 3,0	0,6 3,0	0,6 3,0

Lauf. Nr.	Name	A.		B.		C.		D.		E.		F.		G.		H.		J.						
		kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %	kg %				
12	<i>Medicago lupulina</i> (Hopfen-Luzerne)	1,4 5,0	1,9 5,0	1,7 5,0	1,7 5,0	1,7 5,0	1,7 5,0	1,1 3,0	1,1 3,0	1,1 3,0	1,1 3,0	1,1 3,0	1,1 3,0	2,5 5,0	2,5 5,0	1,0 3,0								
13	<i>Trifolium pratense perenne</i> (Bullenklee)	1,7 5,0	1,7 5,0	1,7 5,0	1,7 5,0	1,7 5,0	1,7 5,0	1,7 5,0	1,7 5,0	1,0 3,0	1,0 3,0	1,0 3,0	1,0 3,0	1,4 3,0	1,4 3,0	1,0 3,0								
14	<i>Trifolium hybridum</i> (Bastardklee)	1,0 5,0	1,0 5,0	1,0 5,0	1,0 5,0	1,5 7,0	1,5 7,0	1,5 7,0	1,5 7,0	1,0 5,0	1,0 5,0	1,0 5,0	1,0 5,0	1,0 5,0	0,8 3,0	0,8 3,0	0,6 3,0							
15	<i>Trifolium repens</i> (Weisklee)	1,7 8,0	2,1 10,0	1,7 8,0	2,1 10,0	1,7 8,0	2,1 10,0	1,7 8,0	2,1 10,0	1,0 5,0	1,0 5,0	1,0 5,0	1,0 5,0	2,7 10,5	2,7 10,5	1,0 5,0								
16	<i>Cerum Carvi</i> (Kümmel)	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,2 0,0	0,1 0,0								
17	<i>Poa trivialis</i> (Gemeines Rispengras)	1,4 4,0	1,4 4,0	1,4 4,0	1,4 4,0	1,4 4,0	1,4 4,0	1,4 4,0	1,4 4,0	1,4 4,0	1,4 4,0	1,4 4,0	1,4 4,0	2,3 5,0	2,3 5,0	1,4 4,0								
18	<i>Cynosurus cristatus</i> (Kammgras)	0,8 2,0	0,8 2,0	0,8 2,0	0,8 2,0	0,8 2,0	0,8 2,0	0,8 2,0	0,8 2,0	0,8 2,0	0,8 2,0	0,8 2,0	0,8 2,0	2,0 3,5	2,0 3,5	0,8 2,0								
19	<i>Festuca rubra</i> (Behterrot-Schwingel) oder <i>Festuca heterophylla</i> (Verschiedenblät.Schwingel)	1,6 3,0	1,6 3,0	1,6 3,0	1,6 3,0	1,6 3,0	1,6 3,0	1,6 3,0	1,6 3,0	1,6 3,0	1,6 3,0	1,6 3,0	1,6 3,0	3,9 5,0	3,9 5,0	1,1 2,0								
20	<i>Phalaris arundinacea</i> (Robrglanzgras)	1,9 5,0	1,9 5,0	1,9 5,0	1,9 5,0	1,9 5,0	1,9 5,0	1,9 5,0	1,9 5,0	3,7 10,0	2,3 6,0	3,0 8,0	3,0 8,0	3,7 10,0	3,7 10,0	1,5 4,0								
21	<i>Glyceria fluitans</i> (Flutendes Mannagrass)	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0	3,5 5,0
22	<i>Holcus lanatus</i> (Wolliges Honiggras)	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0	1,0 2,0
23	<i>Lotus corniculatus</i> (Wiesen-Hornklee)	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5	0,7 2,5

Summe kg: 45,0 40,0 44,5 40,0 38,0 35,5 38,0 38,0 40,0 40,0 40,0 40,0 40,0 61,0 52,0 42,0 40,0 44,0 39,0

(Bezeichnung der Buchstaben siehe S. 410.)

¹⁾ Auch abgedruckt in Thiels Landw. Jahrbüchern, Bd. 27, Ergänzungsband IV, S. 498.

Bezeichnung der Buchstaben (zu S. 408 u. 409):

- A** für Wiesen und Weiden auf besandetem Niedermoor im Binnenlandsklima. Mittlerer Grundwasserstand, im Sommer, 60—80 cm tief.
- B** besonders für das Küstengebiet der Nordsee, für Wiesen und Weiden auf besandetem Niedermoor. Grundwasser wie bei A.
- C** für Wiesen und Weiden auf nicht besandetem Niedermoor mit 40—50 cm durchschnittlichem Grundwasserstand im Sommer.
- D** besonders für das Küstengebiet der Nordsee, für Wiesen und Weiden auf nicht besandetem Niedermoor wie bei C.
- E** für Wiesen und Weiden auf nicht besandetem Niedermoor mit ca. 30 cm durchschnittlichem Grundwasserstand im Sommer.
- F** besonders für das Küstengebiet der Nordsee, für Wiesen und Weiden auf nicht besandetem Niedermoor mit ca. 30 cm durchschnittlichem Grundwasserstand im Sommer.
- G** für Wiesen und Weiden auf nicht abgetragenem Hochmoor.
- H** für Wiesen und Weiden auf abgetragenem Hochmoor ohne Sandmischung.
- J** für Wiesen und Weiden auf abgetragenem und mit Sand gemischtem Hochmoor.

Endlich folge noch Webers Mischung

- K** für abgetragenen und mit Marschklei bedeckten Hochmoorboden:

	a) Wiese		b) Weide	
	%	kg	%	kg
1. Anthoxanthum odoratum	0,5	0,2	0,5	0,2
2. Alopecurus pratensis	10	3,8	5	1,5
3. Phleum pratense	12	3,4	12	3,4
4. Agrostis alba	15	3,8	17,5	4,5
5. Cynosurus cristatus	—	—	5	2,2
6. Festuca pratensis	19,5	13,7	15	10,7
7. Lolium perenne	15	11,3	15	11,3
8. Lolium italicum	2	1,5	2	1,5
9. Lotus uliginosus	5	1,0	5	1,0
10. Trifolium pratense perenne	8	2,8	5	1,7
11. Trifolium hybridum	8	1,5	8	1,5
12. Trifolium repens	5	1,0	10	2,0
Summe:		<u>44,0</u>		<u>41,5</u>

Weber hat in „Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur im Deutschen Reiche“ 1903, S. 2 abgeänderte Tabellen (ohne Prozentangaben der Fläche) mitgeteilt, auf die wir hier verweisen.

Samenmischungen für Böschungen und für Gartenrasen.

Um auch den häufig an uns gestellten Wünschen nach Mischungen für *Böschungen* und für *gewöhnlichen Gartenrasen* (sogen. Tiergartenmischung) zu entsprechen, haben wir für erstere unter Berücksichtigung der heutigen Preise einige neu zusammengestellt, für Gartenrasen die bewährtesten wiedergegeben. — Siehe auch Wittmack, Bewährte Grasmischnungen für Rasenflächen in „Gartenflora“, Berlin 1906, S. 568. — Die Theorie der Mischungen für *Gartenrasen* liegt noch sehr im Argen; es müßte auch hier, wie das Stebler und Werner schon getan haben, von Flächenprozenten und nicht vom Gewicht ausgegangen werden. Ein Viertel des Gesamtgewichts englisch Raigras und ein Viertel Fioringras gibt nicht gleichviel Pflanzen, da 1 kg Raigras $\frac{1}{2}$ Million, 1 kg Fioringras aber 10 Millionen Samen enthält. Trotzdem läßt sich nicht leugnen, daß die bisherigen Rasenmischungen sich als zweckentsprechend erwiesen haben. Bei Gartenrasen muß man viel dichter säen und bis 300, ja 400 ‰ Zuschlag geben, wenn man nach Flächenprozenten berechnet.

Bezüglich der *Böschungen*, besonders der *Eisenbahnböschungen*, spielen zwei einander entgegenstehende Grundsätze eine Hauptrolle. Einmal sollen viele den Boden befestigende Pflanzen hineinkommen, zweitens soll aber die Saat möglichst billig sein, da es weniger auf hohe Erträge ankommt, obwohl diese bei der Verpachtung des Schnitts auch mitsprechen. Leider sind aber Samen derjenigen Gräser, die viele Ausläufer treiben und so den Boden befestigen, meist teuer. So besonders das Wiesenrispengras und in diesem Jahre (1909) auch das Fioringras; auch Knautgras, das zwar keine Ausläufer bildet, aber sehr lange ausdauert, ist teuer. Statt des Wiesenrispengrases kann man ohne großen Schaden das billigere Plathalmrispengras, *Poa compressa*, nehmen, das sich nach Versuchen des Herrn Prof. Dr. Lemmermann in Berlin sogar auf Rasen bewährt hat.

Das beste Befestigungsmittel für Böschungen sind die *Quecken*, *Triticum repens*, und da ihr Same jetzt *echt* (aus Rußland) zu haben ist, wenn auch nur in kleinen Mengen, so empfiehlt sich, zu den in nachstehenden Tabellen angegebenen Saaten noch eine kleine Menge echter Quecken hinzuzufügen, etwa 5 kg aufs Hektar.

Für bessere, durchlassende Lehm- und Tonböden mit mergeligem Untergrund empfiehlt sich an Eisenbahnböschungen u. dgl. *reine Luzerne* zu bauen, die ja mit ihren Wurzeln sehr tief eindringt und sich lange Jahre hält. — Für *trockene Kalkböden* ist anstatt derselben *Esparsette* in Reinsaat zu nehmen. Beide sind aber in zu rauhen Gegenden nicht anzuraten. — Für losen Sand wären noch das *Landrohr*, *Calamagrostis epigeios*, und der *Sandhalm*, *Elymus arenarius*, deren Same jetzt in

beschränkten Mengen im Handel ist, zu empfehlen. Beides sind aber schlechte Futtergräser. Auf den Dünen wird bekanntlich besonders *Ammophila arenaria*, der Strandroggen, auch *Carex arenaria*, die Sandsegge, *gepflanzt*.

Für die im nachstehenden aufgeführten Tabellen hat eine bedeutende Samenhandlung die Güte gehabt, die Preise zu berechnen. Obwohl dieselben nur für dies Jahr Wert haben, sind sie doch sehr lehrreich; denn sie zeigen, welche große Unterschiede im Preise der einzelnen Samen herrschen, was z. T. von den Ernteverhältnissen abhängt und daher jährlich wechselt. — Wir haben für Böschungen 3 billigere und 3 teurere Mischungen zusammengestellt; die allerteuersten Samen aber auch in letzteren weggelassen, soweit sie nicht durchaus nötig erschienen. — Selbstverständlich gewähren die teureren Mischungen die Gewähr besserer Wirkung und längerer Dauer; aber bei beschränkten Mitteln wird man auch mit den billigeren seinen Zweck erreichen.

Die Preise für Firingras und Honiggras verstehen sich für *ent­hülste* Saat, die jetzt erfreulicherweise im Handel ist, besonders von Amerika aus. Es empfiehlt sich, nur enthülste Saat zu nehmen, da man die Ware viel besser beurteilen kann und da in 1 kg viel mehr Samen sind als in unenthülster. Firingras sonst billig, ist 1909 teuer.

Böschungsmischungen (billigere).

Preis für 50 kg in Mark	Name:	Mittelboden			Leichter Boden			Schwerer Boden		
		Fläche	kg	Preis	Fläche	kg	Preis	Fläche	kg	Preis
		%		M.	%		M.	%		M.
24	Englisches Raigras .	20	15	7,20	15	11	5,28	20	15	7,20
78	Firingras	10	2,5	3,90	5	1,3	2,03	10	2,5	3,90
24	Timotheegras	20	6	2,88	15	4,5	2,16	20	6	2,88
41	Honiggras	10	3,5	2,87	5	1,8	1,48	10	3,5	2,87
34	<i>Poa compressa</i> . . .	15	6	4,08	15	6	4,08	15	6	4,08
34	Schafschwingel . . .	5	2,5	1,70	20	10	6,80	5	2,5	1,70
19	Weiche Trespe . . .	—	—	—	5	4,5	1,71	—	—	—
35	Rasenschmiele . . .	—	—	—	—	—	—	5	3,5	2,45
55	Weißklee	10	2,5	2,75	5	1,2	1,32	10	2,5	2,75
35	Gelbklee	10	3,5	2,45	15	5,3	3,71	5	1,8	1,26
	Für 1 ha:	—	41,5	27,83	—	45,6	28,57	44,3	44,3	29,09
	100 kg kosten:	—	—	67,04	—	—	62,65	—	—	63,40

Böschungsmischungen (teurere).

Preis für 50 kg in Mark	Name:	Mittelboden			Leichter Boden			Schwerer Boden		
		Fläche	kg	Preis	Fläche	kg	Preis	Fläche	kg	Preis
		‰		M.	‰		M.	‰		M.
24	Englisches Raigras .	10	7,5	3,60	10	7,5	3,60	10	7,5	3,6
78	Fioringras	15	3,8	5,98	10	2,5	3,90	15	3,8	5,92
24	Timotheegras	20	6	2,88	15	4,5	2,16	20	6	2,88
41	Honiggras	10	3,5	2,87	5	1,6	1,48	5	1,8	1,48
34	Poa compressa	10	4	2,72	15	6	4,08	10	4	2,72
34	Schafschwingel	5	2,5	1,70	15	7,5	5,10	5	2,5	1,70
48	Unbegrannte Trespel	5	4	3,84	5	4	3,84	5	4	3,84
48	Aufrechte Trespel	—	—	—	5	4,5	4,32	—	—	—
35	Rasenschmiele	—	—	—	—	—	—	5	3,5	2,45
85	Knaulgras	5	3,5	5,95	5	3,5	5,95	5	3,5	5,95
55	Weifsklee	10	2,5	2,75	5	1,3	1,43	10	2,5	2,75
35	Gelbklee	5	3,5	2,45	10	7	4,90	5	3,5	2,45
78	Luzerne	5	2,5	3,90	—	—	—	5	2,5	3,90
	Für 1 ha:	—	43,3	38,58	—	50,1	40,76	—	45,1	39,64
	100 kg kosten:	—	—	89,10	—	—	80,00	—	—	87,90

Mischungen für gewöhnlichen Gartenrasen, sogen. Tiergartenmischungen.

Aussaat aufs Ar (100 qm) etwa 1½ kg.

Preis für 50 kg in Mark	I.		II.		III.		IV.		V.		VI.		
	Einfache, in der städtischen Gartenverwaltung zu Berlin übliche		andere gute		für schattige Lagen		nach Stebler						
	kg	M.	kg	M.	kg	M.	besserer Boden		leichter Boden		schattiger Boden		
							kg	M.	kg	M.	kg	M.	
24	Englisches Raigras .	33 ¹ / ₃	16	40	19,20	40	19,20	60	28,80	40	19,20	30	14,40
54	Wiesenrispengras .	33 ¹ / ₃	36	30	32,40	30	32,40	20	21,60	25	27	—	—
78	Fioringras	33 ¹ / ₃	52	30	46,80	—	—	20	31,20	25	39	15	—
42	Rotschwingel	—	—	—	—	10	9,40	—	—	—	—	—	23,40
185	Hain-Rispengras . . .	—	—	—	—	10	37	—	—	—	—	15	15,50
85	Gemeines Rispengras	—	—	—	—	10	17	—	—	—	—	—	—
106	Kammgras	—	—	—	—	—	—	—	—	10	17	—	—
24	Italienisches Raigras	—	—	—	—	—	—	—	—	30	—	30	14,40
27	Drahtschmiele	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10	5,40
	100 kg kosten:	—	104	—	98,40	—	114,00	—	81,60	—	102,20	—	113,10

In den oben genannten Werken und überhaupt in fast allen Schriften über Wiesenbau sind noch für verschiedene andere Zwecke Samenmischungen angegeben. Ganz besonders zahlreiche finden sich u. a. in Werner, Handbuch des Futterbaues, 3. Aufl. 1907, ferner eine Auswahl von Weber im Landw. Kalender von Mentzel und von Lengerke 1909, Berlin, und in Stebler, Der rationelle Futterbau, 6. Aufl., Berlin 1909. Man betrachte sie aber nicht, so wenig wie die hier mitgeteilten, als feststehende Rezepte, sondern ändere je nach Bedarf. Vor allem sehe man sich auch vorher die Preise des betreffenden Jahres an, lasse ganz teure Samen, wie z. B. Kammgras, Goldhafer, echtes Ruchgras, gemeines Rispengras usw. gegebenenfalls weg und nehme dann dafür von andern Gräsern mit ähnlichem Wuchs mehr; statt Kammgras, Goldhafer und Ruchgras z. B. mehr Fioringras, Rotschwengel und Wiesenrispengras; statt gemeines Rispengras ebenfalls mehr Wiesenrispengras. Goldhafer sollte man aber nach Stebler für Dauerwiesen möglichst immer verwenden, wenn auch nur 2—3 0/0; er vermehrt sich später schon; ebenso würde ich raten, immer etwas Fuchsschwanz zu nehmen, wenn er auch teurer ist. Wenn möglich, sehe man sich die Umgegend an und wähle solche Gräser, die dort gut gedeihen, falls es Gräser erster Güte sind.

Die Samenmischungen lasse man nicht vom Samenhändler machen, sondern sich die Arten einzeln, unter Angabe der Reinheit- und Keimkraftprozente, schicken, sende dann, wo möglich, von jeder eine Probe zur Untersuchung an eine Samen-Kontrollstation und stelle die Mischungen selbst zusammen.

Die Aussaat erfolgt am besten im Frühjahr, nötigenfalls auch früh im Herbst, doch ist dann ein Ausfrieren der jungen Saat nur zu leicht zu befürchten.

Oft pflegt man, um die junge Grassaat im Schutze erwachsen und kein Unkraut aufkommen zu lassen, eine Überfrucht aus Hafer, seltener Sommerroggen, noch seltener Gerste, Buchweizen (oder wenn die Saat im Herbst erfolgt, aus Roggen) zu geben. Diese muß *vor* der Klee- und Grassaat eingebracht werden. Während meistens geraten wird, nur halb so viel Überfrucht zu säen, als wenn diese allein auf der Fläche stehen sollte, empfiehlt Stebler, gerade den Hafer recht dicht zu säen, 5 hl aufs Hektar, und ihn 2—3 mal grün zu schneiden: 1. wenn er eine Höhe von 20 cm erreicht hat, 2. wenn er wieder 60—90 cm hoch ist, zugleich mit dem Grase, 3. auf gutem Boden Ende September, wo dann vorwiegend Gras in den Schwaden zu finden sein wird. — In vielen Fällen ist eine Überfrucht gar nicht nötig, namentlich wenn man viel englisches Raigras in der Saat hat. Dieses entwickelt sich schnell und bildet selber gewissermaßen die Überfrucht. Auf frischem, graswüchsigem Boden kann eine Überfrucht sogar schädlich sein, da sie den raschen Schluß des Rasens

behindert. Sogen. Klee-gras-gemenge (Klee mit Timothee) kann man auch im ersten Frühjahr in Wintergetreide säen.

Das *Aussäen* der Gras- und Kleesamen erfolgt am besten in zwei Abteilungen. Zuerst sät man die spezifisch schwereren, d. h. die *Kleesamen*, die man mit dem gleichfalls schweren Timotheesamen, allenfalls auch noch mit Kammgras mischen kann. Darauf folgt die Saat der übrigen. Oder man mischt *alles* mit der 3—4 fachen Menge feuchten Sandes. Nach dem Säen muß kräftig gewalzt werden.

Pflege der Wiesen. Im ersten Jahre lasse man das Gras nicht zu kurz abschneiden, ferner lasse man junge Wiesen nach dem ersten Winter und auch in den nächsten Frühjahren walzen. Ältere Wiesen müssen in jedem Frühjahr geeggt werden. Ob die Wiesen alle Jahre oder alle zwei Jahre im Winter zu düngen sind, kommt auf den Boden an, bei Rieselwiesen ist in der Regel eine Düngung nicht nötig. Auf Moorbiesen düngt man meist nur mit Kainit und Thomasschlacke (meist 8 Doppelzentner Kainit und 2 Doppelzentner Thomasschlacke aufs Hektar), beide begünstigen meist den Wuchs der Leguminosen. Der Stickstoff wird vom Boden geliefert, zum Teil von den Leguminosen. — Zeigt eine Wiese kahle Stellen, so muß $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{3}$ der Vollsaat *nachgesät* werden. Zur Nachsaat empfiehlt Stebler besonders Kammgras, auch Timothee, Wiesenfuchsschwanz, Rohrglanzgras, Wiesenschwingel und Knautgras, Goldhafer, englisches und italienisches Raigras, welch letztere beiden aber im Binnenlande meist nur ein bis zwei Jahre dauern. Klee kann ebensogut nachgesät werden. Stebler rät auch, und mit Recht, diese Nachsaat *nach dem zweiten Schnitt* zu geben, nachdem die Wiese vorher geeggt ist, nicht, wie es gewöhnlich geschieht, im Frühjahr, weil dann das ältere, stark treibende Gras die Keimpflanzen leicht unterdrückt.

§ 81.

Erträge der Wiesen und der einzelnen Futterpflanzen. Selbstverständlich sind die Erträge der Wiesen je nach deren Beschaffenheit, aber auch je nach der Witterung sehr verschieden. Dasselbe gilt für Bestände aus nur wenigen Gras- und Kleearten, sogen. Klee-grass-schläge, und für rein angebaute Gras- und Kleearten. Eine einzelne Grasart wird selten für sich allein angebaut, es sei denn der Samengewinnung wegen; leider hat aber die Grassamenzucht und auch das Sammeln von Samen wildwachsender Gräser in Deutschland immer mehr abgenommen¹⁾ und sind wir meist auf die Einfuhr vom Auslande mit angewiesen. Trotzdem geben wir auf besonderen Wunsch zunächst die Erträge der einzelnen Klee-gewächse und Gräser, soweit diese bekannt sind, und folgen dabei der Tabelle des verstorbenen Prof. Dr. Wollny in München, revidiert von

¹⁾ Erfreulicherweise hebt sich die Grassamenzucht neuerdings wieder.

Prof. Dr. Remy, Bonn, im Landwirtschaftlichen Kalender von Mentzel und v. Lengerke 1908, Verlag von Paul Parey, I. Teil, S. 84.

<i>Kleegewächse:</i>	Samen	Stroh	Heu	Heu, außerord. Maximalerträge
	dz	dz	dz	dz
Rotklee	2—6	16—20	30— 60	100
Weißklee	3—6	20—28	16— 30	40
Inkarnatklee	4—8	20—30	24— 36	50
Bastardklee	1,6—3,2	12—18	24— 48	60
Wundklee	4—8	24—36	20— 50	80
Luzerne	4—8	20—30	48—120	160
Sandluzerne	2,4—3,6	10—18	36— 72	90
Hopfenluzerne (Gelbklee)	4—6	20—32 (?)	20— 48	64
Esparssette	6—9	16—32	30— 60	80
Serradella	4—15	8—36	24— 60	104
Bokharaklee	8—16	36—72	40— 80	100
Schotenklee, gehörnter .	—	—	14— 28	40
Futterwicke	10 ¹⁾	25 ¹⁾	32— 48	60
Sandwicke	10—13 ¹⁾	—	32— 64	100
<i>Gräser:</i>				
Rispengras, Wiesen- . .	2,5—5,0 ²⁾	—	32— 64	90
„ gemeines	—	—	32— 64	90
„ spätes	—	—	48— 72 (?)	96
Knautgras	2,2—3,0	—	120—168	208
Kammgras	1,6—2,4	—	26— 52	64
Schwingel, Wiesen- . .	2,2—2,8	7,2—12,6	52—140	176
„ rohrartiger	3,0—4,0	—	104—160	200
„ Schaf-	—	—	26— 44	62
„ roter	—	—	34— 68	84
„ härlicher	—	—	50—100 (?)	134 (?)
Raigras, englisches . .	2,8—4,0	24—32	40— 80	100
„ italienisches	3,2—4,4	40—60	76—106	120
„ französisches	3,0—4,0	40—60	38— 96	172
Gold-Hafer	2,0—4,0	—	40— 70	80
Straußgras, gemeines . .	—	—	50—100 (?)	130 (?)
Wiesenfuchsschwanz . .	2,0—4,0	—	38— 90	110
Timotheegras	3—8	10—20	34—106	140

Theoretisch betrachtet, müßte man, wenn das Mischungsverhältnis der ausgesäten Gräser und Kleegewächse bekannt ist, aus vorstehender Tabelle den Ertrag des Gemisches berechnen können; aber einmal fehlen in der Tabelle manche Gräser, die doch in die Mischung genommen werden, zweitens weiß man nicht, ob sie auch in dem ausgesäten Verhältnis auf der Wiese wirklich erscheinen, da das eine oder das andere vielleicht einen Vorsprung erhält, drittens aber entwickelt sich öfter noch eine Anzahl anderer

¹⁾ Nach Werner. — ²⁾ Schätzung von Stebler.

Gräser, die gar nicht ausgesät worden, sondern deren Samen im Boden lagen oder durch Anflug u. dgl. hinzugekommen sind, so daß die Rechnung nie stimmen würde. Es ist daher viel besser, die an der Hand langjähriger Erfahrung gewonnenen Zahlen über die Erträge der Wiesen zugrunde zu legen. Darüber gibt es in vielen Büchern Tabellen, bei denen zugleich die Erträge nach der *Güte* der Wiesen, nach der „Bonität“ geordnet sind.

Wir geben nachstehend die Wiesen- und Weidenenerträge nach Prof. Dr. W. Strecker in Leipzig, welche dieser im Landwirtschaftlichen Kalender von Mentzel und v. Lengerke zuerst 1888 veröffentlichte. Sie sind seitdem fast unverändert abgedruckt worden, 1909 auf S. 88, und nach einer Mitteilung des Herrn Prof. Strecker an den Verf. haben sie auch heute noch im wesentlichen Geltung.

Heuerträge der Wiesen und Weiden nach Strecker in Doppelzentnern aufs ha:

Beste 2—3 schürige Niederungs- oder Bewässerungswiesen	80—150
Sehr gute 2 schürige Niederungs- oder Talwiesen, gute Bewässerungswiesen, gut gedüngte Höhenwiesen	60—80
Gute 2 schürige Wiesen, gut bewässerte oder gut gedüngte Talwiesen	45—60
Mitteltgute 2 schürige Wiesen, bewässert oder gedüngt	35—45
Geringe 2 schürige Wiesen, mangelhaft bewässert oder gedüngt	25—35
1 schürige Wiesen, nicht bewässert, ungedüngt	20—25
Geringe 1 schürige Wiesen, nicht bewässert, ungedüngt	15—20
Sehr geringe 1 schürige Wiesen, auch torfige Wald- und Bergwiesen	7—15

Mast- oder Fettweiden (2,5—3 Stück Rindvieh zu 500 kg aufs ha)	60—100
Sehr gute Kuhweiden (2—2,5 Stück Rindvieh aufs ha)	48—60
Gute Kuhweiden (1,5—2 Stück Rindvieh aufs ha)	32—48
Geringe Kuhweiden (1—1,5 Stück Rindvieh aufs ha)	20—32
Gute Schafweiden (8,5—11,5 Schafe aufs ha)	25—32
Mittelmäßige Schafweiden (6—8,5 Schafe aufs ha)	15—25
Geringe Schafweiden (2,5—6 Schafe aufs ha)	6—15
Sehr geringe Schafweiden (1—2,5 Schafe aufs ha)	2—6

Den brieflichen Nachrichten des Herrn Prof. Strecker zufolge kommt er auf Grund der Jahresberichte der Landwirtschaftskammern für 1901, die ihm fast alle vorgelegen, zu folgenden Durchschnittszahlen in Doppelzentnern aufs ha:

Beste Niederungs- und Bewässerungswiesen	76
Gute 2 schürige Niederungs- und Bewässerungswiesen	54—62
2 schürige Wiesen	40—49
Gute 1 schürige Wiesen	27—35
1 schürige Wiesen	15—22

„Durch die Kali-Phosphatdüngung ist der Ertrag zwar etwas gestiegen“, äußert sich Herr Prof. Strecker, „aber immer noch nicht genug,

und es ist geradezu unverzeihlich, daß sich die Landwirte mit niedrigen Erträgen begnügen. Der Wiesenbau ist in manchen Fällen noch immer das Stiefkind geblieben, was um so unerklärlicher ist, als der Futterbau auf dem Ackerlande vielmal teurer ist als der auf den Wiesen. Und doch geht so viel Geld für den Futterbau auf dem Ackerlande drauf, während man oft dicht daneben durch Verbesserung der Wiesen viel schneller vorwärts kommen würde.“

Wir können uns dem nur anschließen. Der Landwirt muß nach immer höheren Erträgen auf seinen Wiesen streben. Uns ist ein Gut in Pommern bekannt, wo durch passende Aussaat und gute Pflege der Wiesen bis 160 Doppelzentner Heu aufs Hektar gewonnen werden. Das ist allerdings vielleicht ein Ausnahmefall, aber wir müssen solche Fälle zu vermehren suchen. Schon 1882 gibt Hugo Werner in Thiels Landwirtschaftlichem Lexikon den Ertrag der Wiesen folgendermaßen an:

Gedüngte, gut bewässerte 3schürige Wiesen	bis 85 dz aufs ha.
Gute natürliche 2schürige Wiesen	40—60 „ „ „
1schürige Wiesen	20—40 „ „ „

Vergleicht man diese Zahlen mit den obigen, so sehen wir, daß wir noch nicht viel weiter gekommen sind. Werner sagt sehr richtig: Wiesen mit weniger als 20 Doppelzentner Heu aufs Hektar sollte man nicht mehr als Wiesen benutzen. Wir möchten dem hinzufügen: Die muß man, wenn irgend möglich, zu verbessern suchen! In der Schweiz bringen die besten *Talwiesen* 50—70 Doppelzentner aufs Hektar und mehr, die Alpenwiesen bedeutend weniger, aber dafür nährstoffreicheres Futter. (Stebler und Schröter, Die besten Futterpflanzen, Teil III, S. 7.)

Die Erträge von *Weiden* ermittelt man am besten durch die Zahl der möglichen Weidetage und Feststellung der Gewichtszunahme der Weidetiere; siehe Weber in Arbeiten der D. L.-G. Heft 105 und Falke, Dauerweiden S. 245 ff. Falke führte den Begriff „Weidetageseinheit“ ein, d. i. diejenige Menge Futter, welche 100 kg Lebendgewicht in 24 Stunden auf einer Weide aufnehmen.

Schon v. d. Goltz, Landw. Taxationslehre 1882, S. 373, hat darauf hingewiesen, daß es das richtigste sei, bei der Klassifikation der Wiesen, ebenso wie beim Ackerlande, für jeden Klassifikationsbezirk, bzw. für jedes abzuschätzende Gut ein *besonderes System* aufzustellen. Und so wird ja auch bei den Bonitierungen der Generalkommissionen für jede Gemarkung ein besonderer Klassentarif aufgestellt. Dieser soll nur das *Verhältnis* der Güte der Wiesen in der betr. Gemarkung *zueinander* angeben, und darauf kommt es bei der Ablösung usw. nur an. Siehe Beispiele bei v. d. Goltz, Taxationslehre, und bei Hüser, Zusammenlegung der Grundstücke, 1905. Ferner bei Dünkelberg, Landw. Taxationslehre 1898, S. 99.

Literatur zum II. Abschnitt.

- Abromeit, J., unter Mitwirkung von A. Jentzsch und G. Vogel, Flora von Ost- und Westpreußen. 1899.
- Ascherson und Graebner, Flora des Nordostdeutschen Flachlandes (außer Ostpreußen). Berlin 1898—1899.
- Ascherson, Graebner und Beyer, Nordostdeutsche Schulflora. Berlin 1902. (Auszug aus voriger, für die meisten Zwecke ausreichend.)
- Birnbaum, Dr. Eduard, Wiesen- und Futterbau. Berlin 1892, Paul Parey.
- Birnbaum, K., Landwirtschaftliche Taxationslehre. Berlin 1877.
- Braungart, Dr. Richard, Handbuch der rationellen Wiesen- und Weidenkultur und Futtermittelverwendung. München 1899, Theodor Ackermann.
- Brüne, Dr. F., Studien über den Einfluß des Klimas auf das Gedeihen von Moorwiesen und Moorweiden. Berlin 1907, Paul Parey.
- Burgdorf, F., Wiesen- und Weidenbau. 5. Aufl. Berlin 1905, Paul Parey (Thaer-Bibliothek).
- Dünkelberg, Dr. Friedrich Wilhelm, Der Wiesenbau in seinen landwirtschaftlichen und technischen Grundzügen. 4. Aufl. Braunschweig 1907, Friedrich Vieweg & Sohn.
- Die Grasweide, ihre Ansaat, Pflege und Nutzung. Berlin 1905, Paul Parey.
- Landw. Taxationslehre. Braunschweig 1898.
- Ehlers, O., Die Bedeutung der Weiden für die deutsche Viehzucht. Berlin 1906, Paul Parey.
- Engler, Prof. Dr. Ad., Syllabus der Pflanzenfamilien. 5. Aufl. Berlin 1907, Gebr. Bornträger.
- Falke, Prof. Dr. Friedr., und W. Oetken, Die Dauerweiden. Hannover 1907, M. u. H. Schaper.
- Fuchs, Dr. E., Der Petersensche Wiesenbau. Berlin 1889, Paul Parey (Thaer-Bibliothek).
- Garcke, Illustrierte Flora von Deutschland. 20. Aufl. Herausgegeben von F. Niedenzu. Das kürzeste Buch zum Bestimmen der Pflanzen von ganz Deutschland. Berlin 1908, Paul Parey.
- Giesenhagen, Dr. K., Lehrbuch der Botanik. 4. Aufl. Stuttgart 1907. Fr. Grubs Verlag.
- Graebner, Dr. Paul, Die Heide Norddeutschlands. Leipzig 1901, Wilhelm Engelmann (V. Bd. des großen Werkes von Engler u. Prantl, Die Vegetation der Erde).
- Die Pflanzenwelt Deutschlands, Lehrbuch der Formationsbiologie. Mit zoologischen Beiträgen von F. G. Meyer. Leipzig 1909, Quelle & Meyer.

- Hegi, Dr. Gustav, Illustrierte Flora von Mitteleuropa, mit ca. 280 farbigen Tafeln und 1000 schwarzen Abb. München, J. F. Lehmanns Verlag. 6 Bde. Noch im Erscheinen begriffen.
- Heinemann, A., Grundregeln der Wiesenpflege. Siegen 1900, W. Vorländer.
- Hüser, A., Die Zusammenlegung der Grundstücke nach dem preussischen Verfahren. 2. Aufl. Berlin 1905, Paul Parey.
- Jessen, Deutschlands Gräser und Getreidearten. Leipzig 1863.
- Kirchner, O., Flora von Stuttgart und Umgebung mit besonderer Berücksichtigung der *biologischen* Verhältnisse.¹⁾ 1890.
- Kirchner, Loew u. Schröter, Lebensgeschichte der Blütenpflanzen Mitteleuropas. Stuttgart, Eugen Ulmer. Mehrere Bde. Im Erscheinen begriffen.
- König, Dr. J., Die Pflege der Wiesen. 2. Aufl. Berlin 1906, Paul Parey.
- Kgl. preussisches Kriegsministerium, Anleitung zur Beurteilung des Pferdeheues. Berlin 1889, Paul Parey.
- Kutscher, H., Wiesenbau. 3. Aufl. Berlin 1909, Paul Parey (Landw. Unterrichtsbücher).
- Lackowitz, W., Flora von Berlin und der Provinz Brandenburg. 16. Aufl. Berlin 1909, Friedberg & Mode.
- Landwirtschaftliches Jahrbuch der Schweiz, 1892. Enthält einen sehr wichtigen Aufsatz von Stebler und Schröter: Versuch einer Übersicht über die Wiesentypen der Schweiz.
- Langenthal, Handbuch der Landw. Pflanzenkunde. 5. Aufl. Berlin 1874, Paul Parey. 4 Bde. (1. Teil: Gras und Getreide; 2. Teil: Klee- und Wickpflanzen). Noch immer brauchbar.
- Lehrke, Mischung und Aussaat von Grassämereien. Breslau 1888.
- Lohaus, W., Neukulturen und Viehweiden auf Heide- und Moorboden. Berlin 1907, Paul Parey.
- Lohmann, Dr. Jul., Giftigkeit der deutschen Schachtelhalm-Arten. In Arbeit. der D. L.-G. Heft 100, 1904.
- Mayer, Adolf, Zur Schätzung der Heusorten auf analytischem Wege in Journal f. Landwirtschaft, Berlin 1891, S. 107.
- Naumann, Dr. Arno, Die Grasfluren der Erde, Deutschlands Wiesen-Typen und die Wertbestimmung des Wiesenheues in Zeitschrift f. Infektionskrankheiten usw. der Haustiere von Ostertag, Joest u. Wolfhügel, Bd. IV. Berlin 1908, Richard Schoetz.
- Nowacki, Der praktische Klee grasbau. 4. Aufl. Berlin 1909, Paul Parey (Thaer-Bibliothek).
- Oehme, M., Wiesenbau auf Moorboden. Berlin 1908, Paul Parey.
- Potonié, Dr. H., Die rezenten *Kaustobiolithe* (d. h. brennbare Gesteine aus organischer Substanz), 1. Band, *Sapropelite* (Faulschlamm usw.); 2. Band,

¹⁾ Fast für jede Gegend gibt es Lokalfloren, die man gegebenenfalls zu Rate ziehen mufs. Wir können sie hier nicht alle nennen, die Kirchnersche aber berücksichtigt zum ersten Male ausführlicher die Biologie (die Bestäubungsverhältnisse usw.).

- der später erscheinen wird, *Humusgesteine* (Torf usw.). Enthält die von dem Verein der deutschen forstlichen Versuchsanstalten und den deutschen geologischen Landesanstalten angenommene *Nomenklatur* der Moore usw. Abhandlung der Kgl. preufs. geologischen Landesanstalt Berlin. Neue Folge, Heft 55, 1908.
- Potonié, Dr. H., *Illustr. Flora von Nord- und Mitteldeutschland*. 4. Aufl. Berlin 1889, J. Springer.
- Prantls *Lehrbuch der Botanik*. Herausgegeben von Prof. Dr. F. Pax. 13. Aufl. Leipzig 1909, Wilh. Engelmann.
- Schmeil, Prof. Dr. Otto, *Lehrbuch der Botanik für höhere Lehranstalten*. Unter besonderer Berücksichtigung biologischer Verhältnisse. 18. Aufl. Leipzig 1908, Erwin Nägele.
8. u. 9. Jahresbericht der Moorkulturstation in *Sebastiansberg* (Böhmen). Staab, Verlag d. Moorkulturstation. Der 8. (für 1906) enthält die Leitpflanzen u. Torfarten der österr. *Hochmoore*, der 9. die der *Flachmoore*, beide von Hans Schreiber, mit Abb.
- von Seelhorst, Dr. C., *Acker- und Wiesenbau- auf Moorboden*. Berlin 1892, Paul Parey.
- Stebler, Dr. F. G., *Der rationelle Futterbau*. 6. Aufl. Berlin 1909, Paul Parey (Thaer-Bibliothek).
- *Die Grassamenmischungen*. 3. Aufl. Bern 1895.
- Stebler und Schröter, *Die besten Futterpflanzen*. Abbildungen und Beschreibungen nebst Angaben über Kultur, landwirtschaftlichen Wert, Samen-Gewinnung, Verunreinigungen, Verfälschungen usw. Im Auftrage des Schweizerischen Landwirtschaftsdepartements bearbeitet. 4^o. I. Teil 3. Aufl., 1902; II. Teil 3. Aufl. (von Stebler und Volkart), 1908; III. Teil: Die Alpenfutterpflanzen, 1889 (vergriffen); IV. Teil: Die besten *Streu*epflanzen (von Stebler allein), 1898. Das beste und mit schönen farbigen Tafeln versehene Werk über die wichtigsten Futterpflanzen. Verlag von K. J. Wyfs in Bern.
- *Die wichtigsten Unkräuter der Futterwiesen*. Landwirtschaftl. Jahrbuch der Schweiz 1891.
- Strafsburger, Noll, Schenk und Karsten, *Lehrbuch der Botanik für Hochschulen*. 9. Aufl. Jena 1908, Gustav Fischer.
- Strecker, Dr. W., *Erkennen und Bestimmen der Wiesengräser*. 4. Aufl. Berlin 1906, Paul Parey.
- *Erkennen und Bestimmen der Schmetterlingsblütler (Papilionaceen), kleeartigen Gewächse*. Berlin 1902, Paul Parey.
- *Die Kultur der Wiesen*. 2. Aufl. Berlin 1906, Paul Parey.
- Sturm, J., *Flora von Deutschland in Abbildungen*. 2. Aufl. Schriften des deutschen Lehrervereins für Naturkunde. Stuttgart, K. G. Lutz. Im Erscheinen begriffen.
- Stutzer, A., *Die Düngung der Wiesen und Weiden*. Berlin 1904, Paul Parey.
- Trommer, Dr. C., *Die Bonitierung des Bodens vermittelt wildwachsender Pflanzen*. Greifswald 1853, C. A. Kochs Verlagsbuchhandlung.
- Ulbrich, Dr. Rudolf, *Der praktische Wiesenwirt*. Leipzig 1901, Hugo Voigt.

- Weber, Dr. C. A., Über die Zusammensetzung des natürlichen Graslandes in Westholstein, Dithmarschen und Eiderstedt. Sonderabdruck aus Schriften des naturwissenschaftlichen Vereins für Schleswig-Holstein, Bd. IX, Heft 2. Kiel 1892, Druck von Schmidt & Klaunig.
- Über die Wiesentypen auf den Moorwiesen und deren Aussaat usw., in Tacke, Mitteilungen der Moor-Versuchs-Station Bremen (Thiels landw. Jahrb., Bd. XXVII, Ergänzungsbd. IV.) — Aussaat auch in Mitteilungen des Vereins zur Förderung der Moorkultur 1901, Nr. 1.
- in Emmerling und Weber, Beiträge zur Kenntnis der Dauerweiden. Arbeiten der Deutsch. Landw.-Gesellschaft, Heft 61, 1901. — (Siehe auch S. 291.)
- Der Duwock (*Equisetum palustre*). In Arbeiten der D. L.-G. Heft 72, 1902.
- Weinzierl, Dr. Theodor Ritter v., Über die Zusammensetzung und den Anbau der Grassamenmischungen. 5. Aufl. Wien 1908. Publikationen der k. k. Samen-Kontrollstation in Wien, Nr. 371, und viele andere Publikationen dieser Anstalt.
- Werner, Dr. Hugo, Handbuch d. Futterbaues. 3. Aufl. Berlin 1907, Paul Parey.
- Wittmack, Dr. Ludwig, Gras- und Kleesamen, kurze Anleitung zu ihrer Erkennung und Prüfung, nebst deren Verfälschungen und Verunreinigungen. Berlin 1872, Paul Parey. Mit 8 Tafeln.
- Die Beurteilung des Heues. (Abdruck aus Nachrichten des Klubs der Landwirte zu Berlin, Heft 89, Nr. 240—242.) Berlin 1889, Paul Parey.
- Die eidgenössische Samenkontrollstation in Zürich, ihre Versuchsfelder daselbst und auf der Fürstenalp, nebst Bemerkungen über einige Alpenwiesen und -weiden, in Thiels Landw. Jahrb., Bd. XXIII, 1894, S. 47.
- Die Wiesen auf den Moordämmen in der Kgl. Oberförsterei Zehdenick, 2. bis 9. Bericht. Abdruck aus Thiels Landw. Jahrb.; der 9. (Schluß-)Bericht in Bd. XXVIII, 1900, S. 539, mit 5 Tafeln. Berlin, Paul Parey.
- Die Veränderungen des Pflanzenbestandes auf Wiesen in Nachrichten aus dem Klub der Landwirte. Berlin 1899, Nr. 402—404.
- Wünsche, Otto, Die Pflanzen Deutschlands. 8. Aufl. Leipzig 1901, B. G. Teubner.
- Von *Zeitschriften* seien besonders genannt: Deutsche landw. Presse Berlin. — Illustrierte landw. Zeitung Berlin. — Jahrbuch der Deutschen Landwirtschafts-Gesellschaft Berlin. Für Gras- und Kleesamen besonders wichtig 1897 S. 164; 1908 S. 309. — Mitteilungen der D. L.-G., besonders 1902 Stück 36; 1906 Stück 2, 9, 16, 51; 1908 Stück 5, 46, 48; 1909 Stück 2. — Arbeiten der D. L. G., besonders wichtig Heft 61, 72, 100 (für Mathematiker Heft 101).

Dritter Abschnitt.

Grundzüge der technischen Mechanik und Hydraulik.

Kapitel I.

Bewegung fester Körper und mechanische Arbeit.

§ 1.

Von der Bewegung. Bevor man versucht, die oft sehr verwickelte Bewegung eines Körpers zu beschreiben, ist es zweckmässig, nur einen Punkt desselben ins Auge zu fassen. Dieser befindet sich bei seiner Bewegung nach und nach an verschiedenen Stellen, deren Gesamtheit eine *gerade* oder *krumme* Linie bildet und *Bahn* des Punktes genannt wird. Gleichzeitig hat man auf die fortschreitende Zeit zu achten. Man zählt dieselbe nach Sekunden, von einem gewissen Augenblicke (zur Zeit Null) ausgehend.

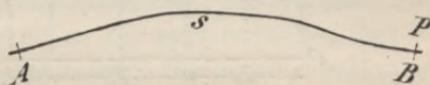


Fig. 131.

Zur Zeit 0 möge ein bewegter Punkt P (Fig. 131) im Punkte A seiner Bahn gewesen sein und sich zur Zeit t in B befinden. Die Länge der Strecke AB , längs der Bahn gemessen, sei s , dann heisst der Wert u des Verhältnisses $s:t$ die *mittlere Geschwindigkeit* des Punktes für die Strecke AB .

Wir wollen uns die mittlere Geschwindigkeit auch für kürzere Strecken, z. B. $s:2$, $s:3$, $s:4$, berechnet denken und annehmen, die Werte von u seien für die immer kürzer werdenden Strecken beziehentlich u_1 , u_2 , u_3 , u_4 , so wird man einsehen, dafs sich auch ein ganz bestimmter Wert von u ergeben mufs, wenn die zugehörige Strecke unendlich klein genommen wird. Dieser Grenzwert wird *Geschwindigkeit* des Punktes P in seiner Lage A genannt.

§ 2.

Gleichförmige Bewegung. Erhält man für u stets denselben Wert, wie grofs oder wie klein man auch die Strecke der Bahn zur

Berechnung von u nimmt, so sagt man, die Bewegung des Punktes sei *gleichförmig*. Es ist dann auch der mit c zu bezeichnende Wert der Geschwindigkeit für alle Stellen der Bahn derselbe, und man hat

$$c = \frac{s}{t} \quad (1), \quad \text{woraus folgt } s = ct \quad (2), \quad \text{und } t = \frac{s}{c} \quad (3).$$

Setzt man $t=1$, so folgt $c=s$, d. h.: *Die Geschwindigkeit ist gleich dem in der Zeiteinheit zurückgelegten Wege.*

Beispiel. Jemand legt in einer Stunde 3960 m zurück; wie groß ist seine mittlere Geschwindigkeit? — Es ist s gleich 3960 m zu setzen und t gleich $1 \times 60 \times 60$ Sekunden und nach (1) zu rechnen. Man erhält c gleich 1,1 m.

§ 3.

Geschwindigkeits-Kurve. Es sei für einen bewegten Punkt, z. B. an einem schwimmenden Körper, ermittelt, daß während der auf-

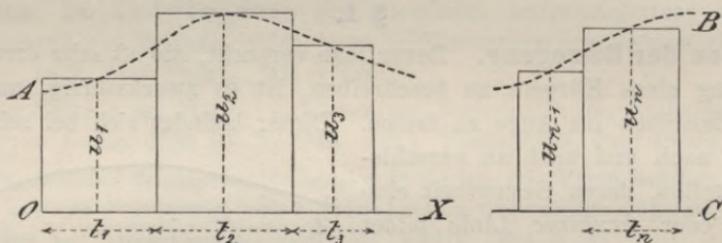


Fig. 132.

einanderfolgenden Zeiträume $t_1 t_2 t_3 t_4 \dots t_{n-1} t_n$ seine mittleren Geschwindigkeiten beziehentlich betragen $u_1 u_2 u_3 \dots u_{n-1} u_n$. Die durchlaufene Weglänge ist dann nach § 1 während des ersten Zeitraumes t_1 gleich $u_1 t_1$, während des zweiten $u_2 t_2$ usw., so daß die ganze durchlaufene Strecke gefunden wird aus

$$s = u_1 t_1 + u_2 t_2 + u_3 t_3 + \dots + u_n t_n.$$

Dieser Ausdruck ist in Fig. 132 graphisch dargestellt. Es sind auf OX die Zeiten durch ihrer Größe entsprechende, aneinander gesetzte Strecken bezeichnet. In der Mitte jeder dieser Strecken ist eine Senkrechte errichtet, deren Länge der entsprechenden mittleren Geschwindigkeit gleichkommt. Ferner sind Rechtecke konstruiert, deren Grundlinien die aufgetragenen Zeiten, und deren Höhen die aufgetragenen Geschwindigkeiten sind. Der Inhalt des ersten dieser Rechtecke ist $u_1 t_1$, der des zweiten $u_2 t_2$ usw. Man erkennt, daß die Inhalte der aufeinanderfolgenden Rechtecke gleich sind den während der Zeiten $t_1 t_2 t_3 \dots t_n$ durchlaufenen Weglängen. Mithin entspricht der Inhalt der Figur $OABC$ der ganzen durchlaufenen Weglänge.

Wären die Zeiten $t_1 t_2 t_3 \dots t_n$ unendlich klein genommen, so würde sich die treppenförmig abgestufte Linie nur um unmerklich kleine Werte von der in Fig. 132 punktierten Kurve entfernen. Diese Kurve hat dann die Eigentümlichkeit, daß jede Ordinate derselben ($u_1 u_2 u_3 \dots u_n$) die zu dem entsprechenden Zeitpunkt stattfindende Geschwindigkeit v des bewegten Punktes bedeutet. Wir wollen eine solche Kurve kurz die *Geschwindigkeitskurve* nennen. Es ist auch ersichtlich, daß die von der Geschwindigkeitskurve AB begrenzte Figur $OABC$ der ganzen durchlaufenen Weglänge s gleich ist.

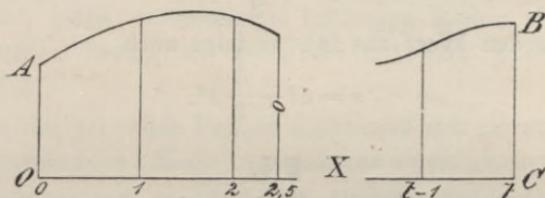


Fig. 133.

Fig. 133 zeigt die gewöhnliche Art, die Geschwindigkeitskurve zu zeichnen. Dabei sind auf OX Teilpunkte abgetragen, die den einzelnen Sekunden bis zur ganzen in Betracht kommenden Zeit t entsprechen. Jede Ordinate würde also die Geschwindigkeit zu der entsprechenden Zeit bedeuten, z. B. o diejenige zur Zeit 2,5 Sekunden. Die ganze durchlaufene Weglänge ergibt der Inhalt der Figur $OABC$.

§ 4.

Gleichförmig beschleunigte Bewegung. Es kommt vor, daß die Geschwindigkeitskurve gerade ist, wie in Fig. 134. Der Wert der Geschwindigkeit zur Zeit Null, *Anfangsgeschwindigkeit*, sei c und ihr Wert zur Zeit t , *Endgeschwindigkeit*, v , dann ist $v-c$ die ganze Zu-

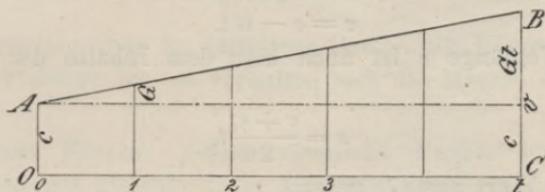


Fig. 134.

nahme der Geschwindigkeit während der Zeit t . Für eine Sekunde beträgt also die Zunahme $(v-c) : t$. Diese Größe, *Beschleunigung* genannt, werde mit G bezeichnet. Es ist dann offenbar am Ende der ersten Sekunde die Geschwindigkeit gleich $c + G$, am Ende der zweiten $c + 2 G$,

am Ende der dritten $c + 3G$ usw., so daß allgemein der Wert v der Geschwindigkeit zu irgend einer Zeit t sich darstellt, wie folgt:

$$v = c + Gt. \quad (4)$$

Eine Bewegung, bei der, wie es vorstehende Gleichung ausdrückt, die Geschwindigkeiten in gleichen Zeiten um gleichviel wachsen, heißt eine *gleichförmig beschleunigte Bewegung*. Will man den während irgend einer Zeit t durchlaufenen Weg s wissen, so braucht man sich nur zu erinnern, daß er nach § 3 gleich ist dem Inhalt der Figur $OABC$, oder

$$s = \frac{c + v}{2} t; \quad (5)$$

setzt man für v den Wert aus (4), so folgt auch

$$s = ct + \frac{G}{2} t^2. \quad (6)$$

§ 5.

Gleichförmig verzögerte Bewegung. Ist die Geschwindigkeitskurve nicht, wie in Fig. 134, eine Gerade, die sich von der Linie OX ent-

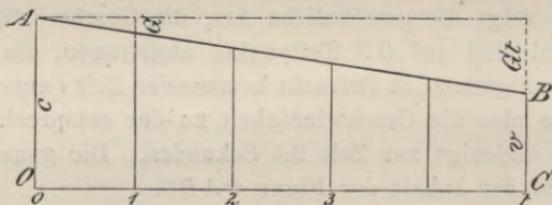


Fig. 135.

fernt, sondern eine solche, die sich derselben nähert, wie in Fig. 135, so bedeutet jetzt $v - c$ die Abnahme der Geschwindigkeit während der Zeit t , d. i. eine negative Größe. Die Abnahme auf eine Sekunde ist wie oben $(v - c) : t$, und sei als eine negative Größe mit $-G$ bezeichnet und *Verzögerung* genannt. Die Geschwindigkeit zur Zeit t ist offenbar

$$v = c - Gt. \quad (7)$$

Die gesamte Weglänge s ist auch hier dem Inhalte der Figur $OABC$ gleich oder

$$s = \frac{v + c}{2} t. \quad (8)$$

Oder für v den Wert aus (7) gesetzt

$$s = ct - \frac{G}{2} t^2. \quad (9)$$

§ 6.

Messung und Darstellung von Kräften. An einem mit der Hand gehaltenen Körper spürt man eine ihn zur Erde ziehende „Kraft“,

deren Gröfse durch sein „Gewicht“ (etwa in Kilogrammen) gemessen wird. Hält man den Körper durch einen unendlich dünn gedachten Faden, Fig. 136, so erleidet dieser eine Verlängerung. Dadurch entsteht in ihm eine das Gewicht tragende, nach oben ziehende „Kraft“. Durch den Punkt *A*, durch die Pfeilspitze, und die Länge der Strecke *AB* werden beziehlich: „Angriffspunkt“, „Richtung“ und „Gröfse“ dieser Kraft ausgedrückt.

§ 7.

Trägheitskräfte. Durchschneidet man den Faden, der den schweren Körper, Fig. 136, trägt, so fallen im luftleeren Raume alle Punkte desselben in lotrechten Linien mit einer bei uns 9,81 m betragenden Beschleunigung (§ 4).

Mit jedem der fallenden Punkte denkt man sich ein unendlich kleines Stück der ihn umgebenden „Masse“ vereinigt zu einem „materiellen Punkt“.

Man nimmt an, dafs gerade so wie die ruhenden Punkte durch die Kraft des Fadens getragen werden, ihr Gewicht bei der Bewegung getragen wird durch denselben gleiche und entgegengesetzte „Trägheitskräfte“, die aus der beschleunigten Bewegung ihrer Massen entspringen, so dafs

$$P = mg,$$

wobei für jeden bewegten Punkt *P* das Gewicht, *m* die Masse und *g* die Beschleunigung bedeutet.

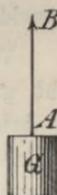


Fig. 136.

Vorstehendes wird kurz ausgedrückt durch den Satz: *Wirkung und Gegenwirkung sind stets einander gleich.*

§ 8.

Gröfse und Beharrungsvermögen der Massen. Aus der letzten Gleichung folgt:

$$m = P : g. \tag{10}$$

Da nun an demselben Orte im luftleeren Raume alle Körper gleich schnell fallen, also *g* konstant ist, so verhalten sich die Massen der Körper wie ihre Gewichte.

Von einem Körper, dessen sämtliche Punkte sich in geraden parallelen Linien mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegen, sagt man, er sei im „Beharrungszustande“. Die Erfahrung lehrt, dafs dann entweder gar keine oder nur solche Kräfte auf ihn einwirken, die im Gleichgewicht sind oder deren Wirkungen einander gegenseitig aufheben. Dasjenige, wodurch sich dabei der vorhandene Zustand der Bewegung von selbst erhält, nennt man „Trägheit“ oder „Beharrungsvermögen“ der Masse des Körpers.

Beispiel. Ein auf gerader, wagrechter Strecke stehender Eisenbahnzug von 200 000 kg Gewicht wird durch die Lokomotive in Bewegung gesetzt. Wie viel ziehende Kraft P muß dieselbe erzeugen, um der Masse des Zuges in einer Minute eine Geschwindigkeit von 1 m zu erteilen? — Unter der Annahme, dass die Beschleunigung G konstant sei, folgt aus Gleichung (4) in § 4

$$1 = 0 + G \cdot 60 \text{ oder } G = 1 : 60.$$

Mithin ist

$$P = mG = (200\,000 : 9,81)(1 : 60) = 340 \text{ kg.}$$

§ 9.

Fallgesetze. Ein im luftleeren Raume frei fallender Körper fällt mit gleichförmig beschleunigter Geschwindigkeit. Die in unsern Breiten 9,81 m betragende Beschleunigung werde mit g bezeichnet. — Beim Fallen hinreichend schwerer Körper in der Luft kann man den Einfluß des Luftwiderstandes vernachlässigen.

Wir können daher das Fallen von Steinen, Metallkugeln usw., die nicht gar zu klein sind, durch Rechnung verfolgen. Die Zeit t wollen wir dabei von dem Augenblicke an zählen, in dem der betreffende Körper losgelassen wird. Die Anfangsgeschwindigkeit c wäre dann gleich Null. Die verflossene Zeit werde mit t , der von einem beliebigen Punkte des Körpers durchlaufene Weg, die *Fallhöhe*, mit h bezeichnet, dann hat man nach (4) § 4 die zur Zeit t erlangte Geschwindigkeit

$$v = gt = 9,81 t \text{ Meter} \quad (11)$$

und den zurückgelegten Weg nach (6) § 4

$$h = \frac{g}{2} t^2 = 4,91 t^2 \text{ Meter.} \quad (12)$$

Aus diesen beiden Gleichungen lassen sich v und h berechnen, wenn t gegeben ist. Wäre v gegeben, so folgt aus (11)

$$t = \frac{v}{g} = 0,102 v \text{ Sekunden,} \quad (13)$$

und setzt man diesen Wert in (12) ein, so folgt

$$h = \frac{v^2}{2g} = 0,051 v^2 \text{ Meter.} \quad (14)$$

Es kann auch h gegeben sein, dann ergibt (12)

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} = 0,452 \sqrt{h} \text{ Sekunden} \quad (15)$$

und (14)

$$v = \sqrt{2gh} = 4,429 \sqrt{h} \text{ Meter.} \quad (16)$$

Beispiele. a) Vom Rande eines Brunnens läßt man einen Stein fallen und beobachtet die Zeit bis zum Aufschlagen. Wie tief ist der Brunnen, und mit welcher Geschwindigkeit kommt der Stein unten an, wenn die beobachtete Zeit beziehentlich 1, 2, 3, 4, 5 Sekunden beträgt? Die Werte ergeben sich aus (12) und (11) zu

Zeit in Sekunden	1	2	3	4	5
Brunnentiefe in m	4,91	19,6	44,2	78,6	122,8
Geschwindigkeit in m	9,81	19,6	29,4	39,2	49,0

b) Welche Höhe muß ein Körper durchfallen, um eine Endgeschwindigkeit von 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5, 1,0 m zu erreichen, und wie viel Zeit gebraucht er dazu? — Die gesuchten Werte ergeben sich aus (14) und (13) wie folgt:

Geschwindigkeit in m	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1,0
Fallhöhe in mm	0,51	2,04	4,59	8,16	12,7	51,0
Zeit in Sekunden	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,10

§ 10.

Wurfbewegung. Wird ein schwerer Punkt in der Richtung AC (Fig. 137) mit einer Geschwindigkeit v geworfen und wirken keinerlei

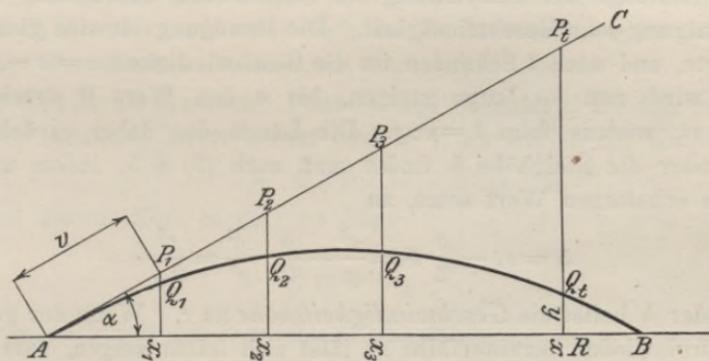


Fig. 137.

Kräfte auf ihn, so befindet er sich nach 1, 2, 3, ... t Sekunden auf der Geraden AC in den Punkten $P_1, P_2, P_3, \dots P_t$, die von A um $v, 2v, 3v, \dots vt$ entfernt sind. Unterliegt seine Masse m gleichzeitig der Einwirkung der Schwerkraft, so durchfällt er nach

1, 2, 3, ... t Sekunden

die lotrechten Strecken

$$\frac{1}{2}g; \frac{1}{2}g 2^2; \frac{1}{2}g 3^2; \dots \frac{1}{2}gt^2 \text{ nach (12) § 9.}$$

Trägt man von den Punkten $P_1, P_2, P_3, \dots, P_t$ diese Strecken auf lotrechten Linien ab, so sind die Endpunkte $Q_1, Q_2, Q_3, \dots, Q_t$ Punkte der vom geworfenen Körper wirklich durchlaufenen Bahn. Ist AB horizontal, $\sphericalangle CAB = \alpha$, trifft $P_t Q_t$ die Linie AB in R und ist $AR = x$ und $Q_t R = y$, so folgt

$$x = A P_t \cdot \cos \alpha = v \cdot t \cdot \cos \alpha; \quad (17)$$

$$y = A P_t \cdot \sin \alpha - P_t Q_t = v \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2. \quad (18)$$

Aus (17) erhält man

$$t = x : v \cos \alpha.$$

Setzt man diesen Wert von t in (18), so folgt als Gleichung der „Wurflinie“ (Parabel):

$$y = x t g \alpha - \frac{1}{2} g \frac{x^2}{v^2 \cos^2 \alpha}. \quad (19)$$

Für $\alpha = 0$, oder einen horizontal ausfließenden Wasserstrahl, ist:

$$y = -\frac{1}{2} g \left(\frac{x}{v}\right)^2 \text{ und } x^2 = -2 \frac{v^2}{g} y. \quad (20)$$

§ 11.

Aufsteigende Bewegung. Wird ein Körper mit einer Anfangsgeschwindigkeit c lotrecht aufwärts geworfen, so verliert er in jeder Sekunde vermöge der Einwirkung der Schwerkraft den Betrag der Fallbeschleunigung g an Geschwindigkeit. Die Bewegung ist eine gleichförmig verzögerte, und nach t Sekunden ist die Geschwindigkeit $v = c - gt$. Der Körper wird nun so lange steigen, bis v den Wert 0 erreicht oder $0 = c - gt$, woraus folgt $t = c : g$. Die Länge des dabei zurückgelegten Weges oder die Steighöhe h findet man nach (9) § 5, indem man für t den eben erhaltenen Wert setzt, zu

$$h = ct - \frac{g}{2} t^2 = \frac{c^2}{g} - \frac{g}{2} \cdot \frac{c^2}{g^2} = \frac{c^2}{2g}.$$

$c^2 : 2g$ oder h heißt die *Geschwindigkeitshöhe* zu c . Wenn der gestiegene Körper frei wieder herunterfällt, so läßt sich leicht zeigen, daß in demselben Punkte seiner Bahn seine Geschwindigkeit auch die beim Aufsteigen dort vorhandene Größe erreicht.

§ 12.

Zentrifugalkraft. Ein Punkt P (Fig. 138) werde durch eine konstante Kraft nach dem Mittelpunkte M eines Kreises gezogen und erhalte dadurch eine gleichförmig beschleunigte Bewegung mit der Beschleunigung G . Gleichzeitig möge er auch einen Anstoß in der Richtung PT , der Tangente, erhalten, der ihm in dieser Richtung die gleichförmige Geschwindigkeit v erteilt.

Es soll v so bestimmt werden, daß P auf der Kreislinie bleibt.

Man lasse zuerst auf den in P ruhend gedachten Punkt die nach dem Mittelpunkt M gerichtete Kraft wirken. Sie bringe ihn während der unendlich klein gedachten Zeit t mit der Beschleunigung G nach A , dann ist nach § 4 (6)

$$PA = \frac{1}{2} G t^2.$$

Denkt man jetzt den Punkt beruhigt und verleiht ihm in der Richtung AB der Tangente eine Geschwindigkeit v , so daß er nach Ablauf einer gleichen Zeit t sich in B auf der Kreislinie befindet, so ist

$$AB = v \cdot t.$$

Nach einem bekannten, geometrischen Satze ist

$$AB^2 = AP \cdot AC$$

oder

$$v^2 \cdot t^2 = \frac{1}{2} G t^2 (2r - \frac{1}{2} G t^2)$$

oder

$$v^2 = \frac{1}{2} G (2r - \frac{1}{2} G t^2).$$

Da t unendlich klein ist, kann man $\frac{1}{2} G t^2$ gegen $2r$ vernachlässigen, erhält mithin

$$v^2 = Gr \text{ oder } G = \frac{v^2}{r}. \quad (21)$$

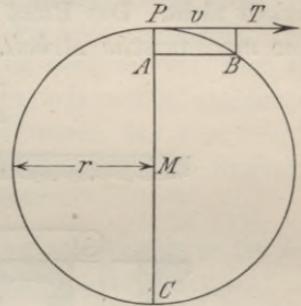


Fig. 138.

Bestehen die durch die letzte Gleichung ausgedrückten Beziehungen zwischen G , v und r , so bewegt sich der Punkt P auf der durch M und r bestimmten Kreislinie.

Ist nun m die Masse des Punktes und bedeutet C die ihn gegen den Mittelpunkt ziehende Kraft, so ist nach § 7 die Größe der Kraft

$$C = m \cdot G \text{ oder } G = C : m.$$

Setzt man diesen Wert in (21), so folgt

$$C = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

oder für m nach § 8 das Gewicht P eingeführt

$$C = \frac{P}{g} \cdot \frac{v^2}{r}. \quad (22)$$

Diese nach dem Mittelpunkte gerichtete Kraft wird „Zentripetal-kraft“ genannt. Die ihr gleiche und entgegengesetzte aus dem Beharrungsvermögen wegen der erzwungenen krummlinigen Bewegung entstehende „Trägheitskraft“ heißt „Flich-“ oder „Zentrifugalkraft“.

Beispiel. Eine Kugel ist an einem mit der Hand gehaltenen Faden befestigt und wird in der Minute 60 mal im Kreise herumgeschwungen. Welchen Zug C hat der Faden auszuhalten, wenn der mittlere Radius des Kreises 62 cm beträgt und die Kugel 1 kg wiegt?

Der Umfang des Kreises beträgt $2\pi \cdot 62 = 390$ cm. Da er in einer Sekunde einmal durchlaufen wird, ist $v = 3,9$ m, mithin

$$C = \frac{1}{9,81} \cdot \frac{3,9^2}{0,62} = 2,5 \text{ kg.}$$

§ 13.

Mechanische Arbeit. Man betrachte ein Pferd, Fig. 139 a, welches auf gerader horizontaler StraÙe einen Wagen mit gleichförmiger Geschwindigkeit zieht. Das Pferd übt auf den Wagen eine *Kraft* aus und leistet eine *mechanische Arbeit*.

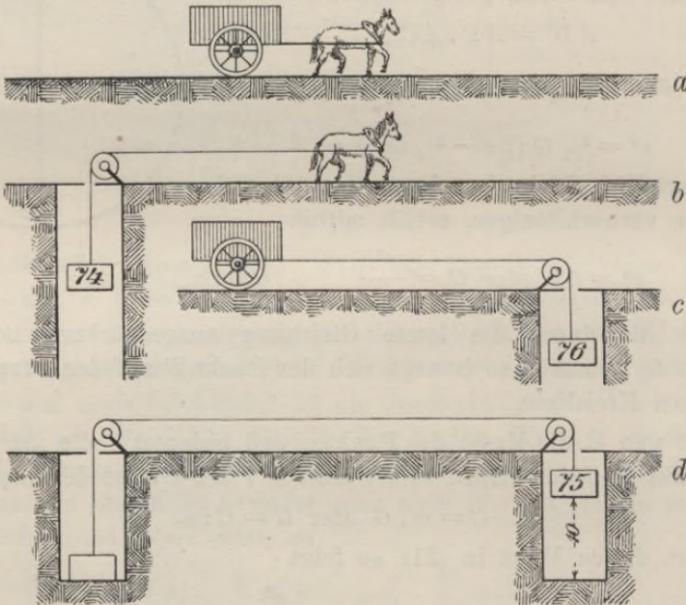


Fig. 139.

Um zunächst über die *GröÙe* der Kraft eine genauere Vorstellung zu bilden, denken wir das Pferd ausgespannt und statt dessen ein Seil an den Wagen befestigt, welches über eine sehr leicht gehende Rolle gelegt und mit einem Gewicht belastet wird, das in einen tiefen Brunnen hinabsinken kann (Fig. 139 c). Durch das Gewicht soll nun der Wagen genau ebenso fortgezogen werden, wie vorhin durch das Pferd. Dann gibt uns das Gewicht ein Maß für die vom Pferde ausgeübte *Zugkraft*. Allerdings hat ersteres noch einige andere Arbeiten zu verrichten, die nicht beabsichtigt sind; es muß nämlich das Seil krümmen und die Rolle drehen. Wir wollen annehmen, das Gewicht betrage 76 kg und davon sei 1 kg nötig zur Überwindung der Nebenwiderstände. Dann ist das die Zugkraft

des Pferdes ersetzende Gewicht gleich 75 kg. Wir sagen dementsprechend, das Pferd ziehe mit einer *Kraft* von 75 kg. Die Gröfse jeder beliebigen anderen Kraft kann in gleicher Weise in Kilogrammen ausgedrückt werden, und so misst man im praktischen Leben gewöhnlich die Kräfte durch Vergleichung derselben mit Gewichten.

Die Kraft, welche das Pferd auf den Wagen ausübt, ist, bei der vorausgesetzten Gleichförmigkeit der Bewegung desselben, genau bestimmt durch die Gröfse des Widerstandes, den der Wagen seiner Fortbewegung entgegengesetzt. Wir können uns demnach die Wirkung des Wagens auf das Pferd durch ein zu hebendes Gewicht nach Fig. 139*b* ersetzen. Das Pferd hebt nun allerdings nicht blofs das Gewicht, sondern mufs auch die Rolle drehen und das Seil krümmen. Wir wollen, wie vorhin, annehmen, dafs die dazu nötige Kraft 1 kg beträgt, dann würde das vom Pferde *wirklich* gehobene Gewicht nur 74 kg betragen können, da die Zugkraft des Pferdes 75 kg ausmacht.

Wenn nun das Pferd das Gewicht von 74 kg emporzieht, so ist der Wert der dadurch geleisteten *Arbeit* leicht in Zahlen auszudrücken. Als Einheit wird das *Kilogramm* angenommen, oder die Arbeit, welche durch Hebung von 1 kg um 1 m geleistet wird. Hebt das Pferd hier 74 kg um 1 m, so leistet es offenbar die Einheit der Arbeit 74 mal, also 74 Kilogramm, oder kürzer 74 kgm. Werden diese 74 kg nicht auf 1 m, sondern auf h Meter Höhe gehoben, so wird die ebengenannte Leistung h mal gemacht. Demnach beträgt dann die Leistung $74 h$ kgm und, mit Rücksicht auf die 1 kg entsprechende Überwindung der Nebenwiderstände, die Gesamtarbeit des Pferdes $75 h$ kgm.

Die durch Hebung von Gewichten geleistete Arbeit wird ausgedrückt durch das Produkt aus dem gehobenen Gewicht und der Höhe, um die es gehoben wurde.

Wird die Kraft des Pferdes, oder irgend eine andere, in Kilogrammen ausgedrückt und mit der Länge des Weges, den ihr Angriffspunkt in der Richtung der Kraft zurückgelegt, multipliziert, so erhält man die von der Kraft geleistete Arbeit in kgm.

Bei Angabe bestimmter Arbeitsleistungen pflegt man die Zeit anzugeben, in der sie ausgeführt werden. Die Leistung von 1 kgm in einer Sekunde nennt man ein *Sekundenkilogramm*, oder, abgekürzt geschrieben, skgm, und benutzt sie als Einheit. Entspricht z. B. die Leistung eines arbeitenden Mannes in jeder Sekunde der Hebung von 2 kg um 4 m, so leistet er $2 \times 4 = 8$ kgm in der Sekunde oder 8 skgm. Als Einheit für grofse Arbeitsleistungen gebraucht man die *Pferdekraft*, die einer Leistung von 75 skgm entspricht.

§ 14.

Energie. In Fig. 139c wurde die Kraft des Pferdes durch ein ziehendes Gewicht ersetzt, und in Fig. 139b der Widerstand des Wagens. Jetzt möge nach Fig. 139d beides geschehen. Man hat dann ein steigendes und ein fallendes Gewicht, die durch einen Faden verknüpft und von gleicher Größe sind, wenn man absolut vollkommene Einrichtungen und damit die Nebenwiderstände als verschwindend klein annimmt. Insofern das steigende Gewicht von dem sinkenden gehoben wird, sagt man, dieses leiste eine Arbeit; insofern es imstande ist, eine mechanische Arbeit zu leisten, sagt man, es habe *Energie* oder das Vermögen zu Arbeitsleistungen. Beträgt das niedersinkende Gewicht 75 kg und die Höhe, um die es fallen kann, 10 m, so kann es das andere, dessen Gewicht ebenso groß ist, um 10 m heben. Sein Vorrat an Energie wird also durch $75 \times 10 = 750$ kgm gemessen. Ist das Gewicht um 5 m gesunken, so ist die Hälfte seiner Energie verbraucht, dagegen hat das gehobene Gewicht um ebensoviel an Energie gewonnen, weil es jetzt die 5 m, um die es gehoben ist, wieder durchfallen und dabei, vollkommene Einrichtungen vorausgesetzt, ein ihm gleiches Gewicht um 5 m heben kann. Man wird daraus erkennen, daß die *Gesamtenergie des Systems* der beiden Gewichte *nicht* abnimmt, denn was eines verliert, gewinnt das andere.

§ 15.

Erhaltung der Energie. Die Physiker behaupten dasselbe von der Welt als Ganzes betrachtet, indem sie sagen: *der Gesamtvorrat an Arbeitsvermögen oder die Energie im Weltganzen ist von unveränderlicher Größe.* Was ein Körper an Energie, d. i. Arbeitsvermögen, verliert, ist nur an andere übergegangen.

§ 16.

Formen der Energie. Wenn man das vorhin betrachtete Gewicht von 75 kg nicht durch ein Seil mit einem andern verknüpft, sondern frei fallen läßt, so wird es auch diejenige Energie, die es vermöge seiner Lage über dem Boden besaß, verlieren, und es fragt sich nun, wo sie geblieben ist. Man bemerkt am fallenden Gewicht eine Veränderung, nämlich den Übergang aus der Ruhe zur Bewegung mit wachsender Geschwindigkeit. Nun wurde in § 11 gezeigt, daß ein schwerer Körper, wenn er mit einer Geschwindigkeit v lotrecht nach oben geworfen wird, eine Höhe gleich $\frac{v^2}{2g}$ erreicht, bis er zur Ruhe kommt. Vermöge seiner Geschwindigkeit vermag also ein Körper durch Hebung seines Gewichtes eine Arbeit zu verrichten, die für ein Gewicht P mit einer Geschwindig-

keit v gleich ist $P \frac{v^2}{2g}$ kgm. Demnach erhält ein in Bewegung befindlicher Körper stets einen Energievorrat, welcher *Energie der Bewegung, lebendige Kraft, Wucht* oder *kinetische Energie* genannt wird; während die aus der Stellung des Körpers zu andern hervorgehende Energie des § 14 *Energie der Lage* oder *potentielle Energie* genannt wird.

Folgende Betrachtung zeigt beide Arten der Energie in sehr lehrreicher Weise. Es werde eine aus vollkommen elastischem Stoffe bestehende Kugel h Meter über einer vollkommen harten Platte (Fig. 140) losgelassen. Beim Beginn der Bewegung hat das kugelförmige Gewicht P einen Energievorrat Ph , weil es die Höhe h durchfallen kann. Ist von h bereits eine Strecke x durchfallen, so beträgt seine Energie der Lage nur noch $P(h-x)$. Dafür hat P aber nach § 9 (16) eine Geschwindigkeit v gleich $\sqrt{2gx}$ erlangt. Vermöge einer solchen Geschwindigkeit v kann nach § 11 das Gewicht um $\frac{v^2}{2g}$ Meter steigen, was, wenn man für v obigen Wert setzt, x ergibt. Die Energie der Bewegung ist also gleich Px , die noch vorhandene Energie der Lage ist $P(h-x)$, mithin sind beide zusammen $P(h-x) + Px = Ph$. Die *Gesamtenergie* bleibt also während des Fallens *unverändert*. Trifft nun die Kugel auf die Platte, so wird sie eine veränderte Form annehmen und einen Augenblick zur Ruhe kommen. Ist die Kugel aber, wie angenommen, vollkommen elastisch, so wird sie ihre frühere Gestalt in kurzer Zeit wieder gewinnen und mit derselben Geschwindigkeit von der Platte abfliegen, mit der sie auftraf, die frühere Höhe erreichen und das beschriebene Spiel ins Unendliche wiederholen. Die Gesamtenergie bleibt bei jeder Lage des Gewichts dieselbe.

Wie verhält sich aber die Sache, wenn die Kugel unelastisch ist und beim Auftreffen auf die Platte liegen bleibt? Dann scheint jede Spur von Energie verloren. Indessen wird man bei näherer Untersuchung finden, daß die Kugel wärmer geworden ist. Nun ist aber bekannt, wie durch das in der Wärme steckende Arbeitsvermögen vermittelt der sogen. Dampfmaschinen, die eigentlich Wärmemaschinen heißen sollten, weil die Wärme ihre eigentliche Triebkraft, der Dampf aber nur ein Vermittler ist, die größten mechanischen Arbeiten geleistet werden. Die Wärme ist also eine besondere Form der Energie, und wenn in unserm Beispiele

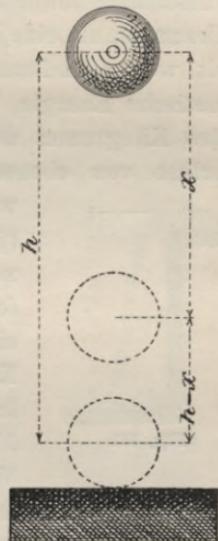


Fig. 140.

durch das Fallen der Kugel Wärme erzeugt wurde, so ist die Energie nicht verloren, sondern hat nur die Wärmeform angenommen. Es ist bis jetzt keine Erfahrung bekannt, die dem Gesetze von der Erhaltung der Energie widerspricht, so daß es als ein allgemein gültiges Naturgesetz angenommen werden kann. Durch sorgfältige Versuche hat man gefunden, daß 425 kgm Arbeit der Erzeugung einer Wärmeeinheit entsprechen, nämlich derjenigen Wärmemenge, die nötig ist, um 1 kg Wasser von 0° um 1° C. zu erwärmen.

§ 17.

Energie des fallenden Wassers. Bei dem in Fig. 141 dargestellten Wasserlaufe möge das Wasser oben mit einer gewissen Geschwindigkeit ankommen, um eine Höhe h herabstürzen und mit der früheren Geschwindigkeit weiter fließen. Es hat dann das ankommende Wasser ebensoviel kinetische Energie, wie das abfließende, aber an Energie der Lage hat jedes Kilogramm des letzteren wegen seines Fallens um h Meter einen Verlust von ebensoviel Kilogramm Metern erlitten, was durch eine Er-



Fig. 141.

wärmung des Wassers um $h : 425^{\circ}$ C. ausgeglichen ist (§ 16). Es ist zu berechnen, wie viel der Wasserfall zum Betriebe einer Mühle leisten könnte. Aus § 13 folgt, daß ein um die Höhe h fallendes Kilogramm bei einer absolut vollkommenen Einrichtung ein anderes Kilogramm um ebensoviel heben, also h Kilogramm Meter leisten kann. Bringt nun der Wasserlauf in der Sekunde l Liter Wasser, von denen jedes 1 kg wiegt, so wird die Wasserkraft bei vollkommener Ausnutzung lh Sekunden-

kilogramm Meter leisten. Es sei z. B. die in der Sekunde zufließende Wassermenge 120 l und das Gefälle oder der lotrechte Abstand des Oberwasserspiegels vom Spiegel des Unterwassers gleich 10 m. Da nun jedes Liter Wasser 1 kg wiegt, so verliert es beim Durchfallen von 10 m Höhe 10 kgm an Energie der Lage, mit denen ebensoviel Arbeit geleistet werden kann. 120 l ergeben aber $120 \times 10 = 1200$ kgm. Da 75 skgm eine Pferdekraft bedeuten, so hätte man also $1200 : 75 = 16$ Pferdekraften verfügbar. Wegen der Unvollkommenheiten jeder Maschine kann man aber diese im Wassersturz vorhandene Arbeitskraft niemals voll zu den beabsichtigten Zwecken, z. B. zum Betriebe einer Mühle, verwenden. Bei Turbinen und Wasserrädern ist man meist froh, wenn nicht mehr als 25 % zur Überwindung der Nebenhindernisse verbraucht werden. Es würden dann 75 % oder $0,75 \times 16 = 12$ Pferdekraften nutzbar zu machen sein. Das Verhältnis, 75 : 100, der nutzbar gemachten zur vorhandenen Energie heißt *Wirkungsgrad* der Anlage.

§ 18.

Arbeit zum Heben von Wasser. Häufig ist die Frage zu beantworten, wie viel es kostet, um eine gewisse Wassermenge, z. B. zum Bewässern von Grundstücken, aus einem vorbeifließenden Flusse zu heben. Dann ist zuerst die Frage nach der dazu nötigen Arbeitskraft zu beantworten. Es seien z. B. 50 l in der Sekunde um 3 m zu heben. Da das Liter 1 kg wiegt, so gewinnen 50 l, wenn man sie um 3 m hebt, $50 \times 3 = 150$ kgm Energie. Ebensoviele Arbeitsaufwand ist mindestens nötig und wegen der Nebenwiderstände in der Regel 20 % mehr. Man würde also auf die Sekunde 180 kgm oder $180 : 75 = 2,4$ Pferdekkräfte gebrauchen.

Wird eine Dampfmaschine zum Heben des Wassers verwendet, so kostet bei günstigen Verhältnissen und sehr großen Anlagen die Hebung von 1 cbm Wasser auf das Meter Höhe 0,05 Pfennig, bei kleinen Anlagen 0,20—0,30 Pfennig.

Kapitel II.

Vom Gleichgewicht fester Körper.

§ 19.

Voraussetzungen über die Beschaffenheit der Körper. Jedem unter der Einwirkung von Kräften stehenden Körper werden einstweilen die folgenden in der Wirklichkeit nur annähernd vorkommenden Eigenschaften beigelegt:

1. Der Körper sei so absolut fest und starr, daß die einwirkenden Kräfte seine Gestalt nicht verändern;
2. der Körper sei im Zustande der Ruhe, schwebe frei im Raume (etwa wie ein Himmelskörper) und werde nur von den jedesmal angegebenen Kräften beeinflusst;
3. jede der vorhandenen Kräfte würde, für sich allein angebracht, den Körper bewegen. Alle zusammen sollen jedoch so gegeneinander wirken, daß der Körper in Ruhe bleibt, oder die Kräfte einander das Gleichgewicht halten;
4. alle vorkommenden Angriffspunkte von Kräften sind entweder Punkte des Körpers selbst oder vollkommen fest und starr mit demselben verbunden.

§ 20.

Als selbstverständlich gelten folgende Grundsätze:

1. Man kann, ohne etwas im Zustande eines Körpers zu ändern, Kräfte, die einander das Gleichgewicht halten, anbringen oder fortlassen.
2. Zwei Kräfte, die denselben Angriffspunkt haben, können nur dann im Gleichgewicht sein, wenn sie gleich groß und entgegengesetzt gerichtet sind.
3. Das Gleichgewicht wird nicht gestört, wenn man Teile des Körpers miteinander oder anderen ruhenden Körpern fest verbindet.

§ 21.

Kräfte an einem Punkte wirkend. In Fig. 142 mögen durch fünf gerade Linien nach § 6 dargestellte Kräfte P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 am materiell gedachten Punkte A angreifen. Um die Wirkung zu erkennen, welche bei gleichzeitigem Wirken der Kräfte eintritt, lassen wir sie in

Gedanken nacheinander in Tätigkeit treten. Zuerst wirke allein P_1 auf A . Diese Kraft bewege in t Sekunden den Punkt von A nach B ($AB = P_1$). In B werde der Punkt A beruhigt und nun während der gleichen Zeit t ausschließlich der Wirkung einer Kraft BC ausgesetzt, die an Gröfse und Richtung gleich ist der Kraft P_2 . Der Punkt macht dann den der Gröfse der Kraft entsprechenden Weg $BC = P_2$. Er werde in C beruhigt und nun für t Sekunden allein der Wirkung einer Kraft CD , die an Gröfse und Richtung gleich P_3 ist, unterworfen usf. Wir wollen annehmen, daß die zuletzt anzubringende Kraft EA gleich P_5 den Punkt nach dem Ausgangspunkte A zurückbringt. Dann ist ersichtlich, daß die Rückkehr des Punktes A nach seinem Ausgangspunkte auch eintreten wird, wenn man die ganze Betrachtung für eine beliebig kleinere Zeit $t:u$ wiederholt, denn das dann entstehende Polygon wird $ABCDEA$ ähnlich. Hieraus ist weiter zu schließen, daß auch, wenn t eine unendlich kleine Zeit bedeutet, der Punkt nach A zurückkehren wird und bei gleichzeitigem Wirken der Kräfte ganz in Ruhe bleibt. Denkt man sich die Betrachtung für beliebig viele Kräfte wiederholt, so folgt allgemein:

*Beliebig viele an demselben Punkte angreifende Kräfte halten einander Gleichgewicht, wenn sie, nach Richtung und Gröfse fortlaufend zusammengesetzt, ein geschlossenes Vieleck oder Polygon, das sogen. **Kräfte-Polygon**, **Kräfte-Vieleck** oder den **Kräftezug** geschlossen ergeben.*

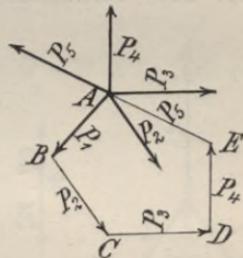


Fig. 142.

Ist das Kräfte-Polygon nicht geschlossen, so wird das Gleichgewicht nur eintreten, wenn man zu den vorhandenen noch eine das Polygon schließende Kraft hinzufügt.

Von jeder einzelnen Kraft, z. B. P_1 , läßt sich sagen, daß ihre Wirkung durch das Zusammenwirken der übrigen aufgehoben wird. Diese wirken also genau so wie eine einzige Kraft — P_1 , welche P_1 an Gröfse gleich und an Richtung entgegengesetzt ist.

Diejenige Kraft, welche dieselbe Wirkung hervorbringt, wie mehrere einzelne Kräfte zusammen, und diese deshalb ersetzen kann, heißt ihre *Resultante* oder *Mittelkraft*. Das Verfahren, mehrere Kräfte durch *eine* zu ersetzen, heißt *Kräfte zusammensetzen*. Ersetzt man umgekehrt eine Kraft durch *mehrere* Kräfte, so heißen diese *Komponenten* oder *Seitenkräfte* derselben.

§ 22.

Konstruktion der Mittelkraft. Halten sich die an einem Punkte wirkenden Kräfte nicht das Gleichgewicht, so setze man sie der Gröfse

und Richtung nach zu einem Linienzuge zusammen. Die Linie, welche den letzten Punkt desselben mit dem Angriffspunkt der Kräfte verbindet, gibt Gröfse und Richtung der Kraft, deren Anbringung das Gleichgewicht herstellt. Die ihr an Gröfse gleiche, an Richtung entgegengesetzte Kraft ist also die *Resultierende* oder *Mittelkraft* der übrigen Kräfte.

Als besonderer Fall ist derjenige zu beachten, bei dem alle Kräfte in einer Geraden wirken. Man bildet dann die sogen. *algebraische Summe* der Kräfte, bei der die nach der einen Richtung wirkenden durch positive und die entgegengesetzt wirkenden durch negative Zahlen ausgedrückt werden. Diese Summe ergibt den Wert der Mittelkraft. Ist er Null, so sind die Kräfte im Gleichgewicht.

§ 23.

Parallelogramm der Kräfte. Sind nur drei Kräfte P , Q , R (Fig. 143) vorhanden, so wird aus dem Kräftevieleck ein *Dreieck* der Kräfte. Konstruiert man es einmal mit P , ein zweites Mal mit Q anfangend, so erscheint R als Diagonale des aus P und Q konstruierten sogen. *Parallelogramms der Kräfte* und man kann das über die Mittelkraft Gesagte auch so ausdrücken: *Die Mittelkraft zweier an einem Punkte wirkenden Kräfte wird dargestellt durch die Diagonale des aus ihnen konstruierten Parallelogramms.*

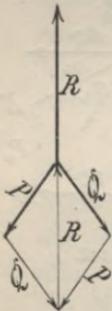


Fig. 143.

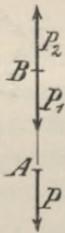


Fig. 144.

Da die Linien, welche die Kräfte P , Q und ihre Resultierende R darstellen, ein Dreieck bilden, so gelten die Gleichungen, welche zwischen den Seiten und den Winkeln eines Dreiecks bestehen, auch für die Kräfte und die von denselben gebildeten Winkel.

§ 24.

Verlegung des Angriffspunktes einer Kraft (Fig. 144). Es wirke in A eine Kraft P , und B sei ein mit A starr verbundener Punkt in der Verlängerung von P . In B bringen wir zwei an Richtung entgegengesetzte Kräfte P_1 und P_2 in der Linie AB an, die an Gröfse P gleich sind. Dadurch wird nichts geändert (§ 20). Die Wirkungen von P und P_2 heben sich auf. Man kann diese beiden Kräfte also fortlassen, ohne etwas zu ändern. Es bleibt dann eine Kraft $P_1 = P$ übrig, welche P ersetzt. *Ohne etwas zu ändern, kann man den Angriffspunkt einer Kraft nach einem beliebigen Punkte ihrer Richtungslinie verlegen.*

§ 25.

Mittelkraft zweier gleichgerichteten Kräfte. P und Q (Fig. 145) seien parallele Kräfte von gleicher Richtung, A und B ihre Angriffspunkte. Man bringe an A und B zwei gleiche in die Linie AB fallende Hilfskräfte H und $-H$ an. Dadurch wird nichts geändert (§ 20). $-H$ und P , ebenso H und Q mögen (§ 23) durch ihre Mittelkräfte S und T ersetzt werden. Die Angriffspunkte letzterer verlege man (§ 24) nach dem Durchschnittspunkte D ihrer Richtungen und zerlege sie wieder in die Seitenkräfte, aus denen sie entstanden sind. H und $-H$ in D kann man, ohne etwas zu ändern, fortlassen (§ 20), dann bleiben nur P und Q übrig. Diese ersetze man durch eine Mittelkraft $P + Q = R$ und verlege deren Angriffspunkt nach C in AB . Es verhält sich

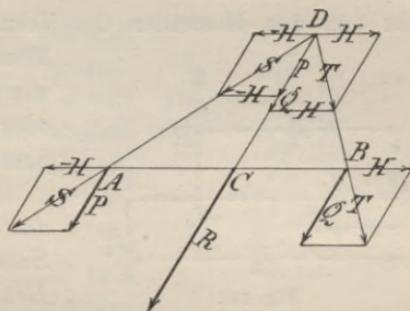


Fig. 145.

$$P : H = DC : AC$$

$$H : Q = BC : DC.$$

Die Multiplikation der Gleichungen ergibt, dass

$$P : Q = BC : AC.$$

Die Mittelkraft zweier parallelen Kräfte ist ihnen parallel, ihrer Summe gleich, und teilt die Verbindungslinie ihrer Angriffspunkte im umgekehrten Verhältnis der Kräfte.

§ 26.

In Fig. 146 seien P_1, P_2, P_3 drei parallele Kräfte, in einer Ebene wirkend, die sich das Gleichgewicht halten. Von einem beliebigen Punkt O der Ebene ziehe man eine Gerade senkrecht zu den Kräften und verlege die Angriffspunkte der drei Kräfte (§ 24) nach den drei Durchschnittspunkten mit der Geraden: A_1, A_2, A_3 .

Die Strecken OA_1, OA_2, OA_3 seien mit p_1, p_2, p_3 bezeichnet.

Die Kräfte sind nach § 25 im Gleichgewicht, wenn

- (1) $P_1 + P_2 = P_3$ und
- (2) $P_1 : P_2 = A_2 A_3 : A_1 A_3$ oder
 $P_1(p_3 - p_1) = P_2(p_2 - p_3)$ oder
 $P_1 p_1 + P_2 p_2 = (P_1 + P_2) p_3$ oder
- (3) $P_1 p_1 + P_2 p_2 - P_3 p_3 = 0.$

Das Produkt Pp einer Kraft P in die von einem Punkte O auf sie gefällte Senkrechte p , *Hebelarm* genannt, heißt ihr *Moment* in Beziehung auf den Punkt O . Denkt man sich im Punkte O die Ebene an einer zur Ebene senkrechten Drehachse befestigt, so haben die Kräfte P_1, P_2, P_3 jede für sich ein Bestreben, die Ebene um diese Achse zu drehen. Man gibt nun den Momenten das Vorzeichen $+$ oder $-$, je nachdem sie die Ebene in einem Sinne (z. B. rechts herum, wie der Uhrzeiger läuft) zu bewegen streben, oder in entgegengesetztem. Dann gilt der Satz:

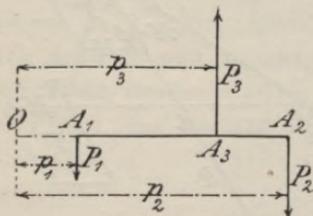


Fig. 146.

Drei parallele Kräfte halten einander das Gleichgewicht, wenn ihre algebraische Summe und diejenige ihrer Momente in Beziehung auf einen beliebigen Punkt ihrer Ebene Null sind. (Gl. (1) u. (3).)

Da jede dieser Kräfte als entgegengesetzte Mittelkraft der beiden andern betrachtet werden kann, z. B. $-P_2$ als Mittelkraft von P_1 und P_3 , so hat man

$$(4) \quad -P_2 = P_1 - P_3 \text{ und aus (3)}$$

$$(5) \quad -P_2 p_2 = P_1 p_1 - P_3 p_3 \text{ oder } p_2 = \frac{P_1 p_1 - P_3 p_3}{-P_2}, \quad (6)$$

d. h. *die Mittelkraft zweier parallelen Kräfte ist gleich ihrer algebraischen Summe und ihr Moment in Beziehung auf irgend einen Punkt der Ebene ist gleich der algebraischen Summe der Momente der Seitenkräfte.*

§ 27.

Kräftepaare. Es sei (Fig. 146) in § 26 die Kraft $P_1 = P_3$. Nach der eben entwickelten Regel findet man dann ihre Mittelkraft $P_1 - P_3 = 0$ und deren Hebelarm aus der Gleichung (6)

$$p_2 = \frac{P_1 p_1 - P_3 p_3}{0} = \infty.$$

Man kann also zwei gleiche, parallele und entgegengesetzt gerichtete Kräfte nicht durch eine Mittelkraft ersetzen. Man betrachtet jene deshalb als ein Element der Mechanik und nennt sie zusammen ein *Kräfte-* oder *Drehungspaar*. Ihr senkrechter Abstand heißt der *Hebelarm* des Paares und das Produkt aus einer der beiden Kräfte und dem Hebelarm heißt *Moment des Paares*.

§ 28.

Ein Kräftepaar kann ohne Änderung seiner Wirkung parallel zu sich selbst verlegt werden. In Fig. 147 seien P und Q die in A und B angreifenden gleichen Kräfte eines Kräftepaares. — Man ziehe

aufserhalb der Ebene des Paares eine Linie CD gleich und parallel AB . An C und D bringe man Kräfte R, S, T, U parallel und gleich P und Q an, die sich gegenseitig aufheben. Ziehe AD und BC . Diese Linien sind die Diagonalen des Parallelogramms $ABCD$ und durchschneiden sich in ihren Mitten E . Man setze R und Q , ferner U und P zusammen.

Nach § 25 gehen ihre Mittelkräfte durch E und heben einander als gleiche und entgegengesetzte Kräfte auf, können mithin, ohne etwas zu ändern, fortgelassen werden. Dann bleiben nur die Kräfte S und T übrig. Diese bilden ein Kräftepaar, welches das ursprüngliche der Behauptung entsprechend ersetzt.

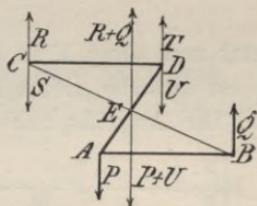


Fig. 147.

Da man das parallel zu sich selbst versetzte Kräftepaar ST auf gleiche Art in die Ebene des ursprünglichen Paares zurückversetzen kann, so gilt die ausgesprochene Behauptung ohne jede Einschränkung.

§ 29.

Ein Kräftepaar kann ohne Änderung seiner Wirkung um die Mitte seines Hebelarmes gedreht werden. In Fig. 148 seien P und Q die Kräfte des Paares und AB sein Hebelarm. Durch die Mitte E von AB ziehe man eine beliebige Gerade und mache darauf

$$EC = ED = EA = EB.$$

An den Punkten C und D bringe man Kräfte R, S, T, U senkrecht zu CD an, welche gleich P und Q sind und sich gegenseitig aufheben, verlängere S und P , ebenso Q und U bis zu ihren Schnittpunkten F bzw. G ,

verlege die Angriffspunkte der Kräfte nach den genannten Schnittpunkten und ersetze S und P , ebenso U und Q durch ihre Mittelkräfte V und W . Diese sind gleich, liegen beide in der Geraden FEG und sind einander entgegengesetzt gerichtet. Man kann sie deshalb fortlassen.

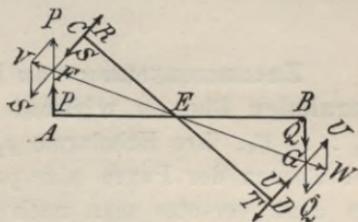


Fig. 148.

Es bleibt dann nur das Kräftepaar R, T an CD übrig, das auch entsteht, wenn man das Paar P, Q um die Mitte seines Hebelarms dreht.

§ 30.

Man kann den Hebelarm eines Kräftepaars ohne Änderung seiner Wirkung verlängern oder verkürzen, wenn nur das Moment und der Sinn der Drehung unverändert bleiben. Es seien in

Fig. 149 P und Q die Kräfte und $AB = p$ der Hebelarm eines Paares. Man verlängere AB bis C und setze $AC = x$. In C bringe man zwei gleiche entgegengesetzte Kräfte X und Y an, wodurch nichts geändert wird. Man denke P in zwei Teile zerlegt, von denen der eine gleich X oder Y ist. Dann ist der Rest $= P - Y$. Man bestimme die Größe von Y so, daß sich verhält

$$(P - Y) : Y = (x - p) : p.$$

Setzt man dann Y in C und $P - Y$ in A zu einer Mittelkraft zusammen, so ist dieselbe gleich ihrer Summe, also gleich P , mithin auch gleich Q , und ihr Angriffspunkt liegt wegen der letzten Gleichung (§ 25) in B .

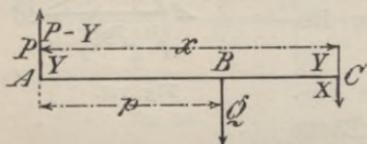


Fig. 149.

Demnach kann man die sich gegenseitig aufhebenden Kräfte $P - Y$ in A , Y in C und Q in B fortlassen. Es bleibt dann das Kräftepaar X, Y am Hebelarm x übrig. Aus der vorstehenden Proportion folgt

$$Pp - Yp = Yx - Yp \text{ oder } Pp = Yx.$$

Das ursprüngliche Paar ist also ersetzt durch ein anderes mit gleichem Moment und mit gleichem Sinne der Drehung.

§ 31.

Wesentliche Bestandteile eines Kräftepaares. Nach § 28 kann man ein Kräftepaar beliebig parallel zu sich selbst verlegen, nach § 29 um die Mitte seines Hebelarmes drehen und nach § 30 letzteren verlängern oder verkürzen, wenn nur das Moment ungeändert bleibt und der Sinn der Drehung. Demnach ist an einem Kräftepaar wesentlich nur die *Lage seiner Ebene*, der *Sinn der Drehung* und die *Größe seines Moments*.

§ 32.

Zusammensetzen von Kräftepaaren, die in derselben oder in parallelen Ebenen wirken. Die Seitenkräfte der Paare seien $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$, ihre Hebelarme $p_1, p_2, p_3 \dots p_n$. Man denke sich in einer der Ebenen der Paare oder parallel dazu eine Gerade von der Länge l . An diese versetze man nach § 31 alle Kräftepaare. Dann werden die am Hebelarm l wirkenden Seitenkräfte beziehlich $P_1 p_1, P_2 p_2, P_3 p_3 \dots P_n p_n$. Diese Seitenkräfte kann man zu Mittelkräften zusammensetzen, die gleich sind ihren algebraischen Summen (§ 22). *Das Moment des sämtliche Kräftepaare ersetzenden resultierenden Paares ist mithin gleich der algebraischen Summe der Momente der einzelnen Paare.*

§ 33.

Versetzung des Angriffspunktes einer Kraft (Fig. 150). Ist P eine in A angreifende Kraft und B ein beliebiger Punkt im Raume, so

kann man an B , ohne etwas zu ändern, zwei zu P parallele und P gleiche, aber einander aufhebende Kräfte P und $-P$ anbringen. Fällt man von B eine Senkrechte BC auf P , so kann man sich die ursprünglich allein vorhandene Kraft P in A ersetzt denken durch eine ihr gleiche Kraft P in B , wenn man noch das Kräftepaar $P, -P$ mit dem Hebelarm BC hinzüfgt. Man nennt dies: *Versetzung der Kraft P von A nach B .*

§ 34.

Gleichgewicht von Kräften in einer Ebene. Es mögen die Kräfte $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ (Fig. 151) nach beliebigen Richtungen in einer Ebene wirken. Man versetze alle Kräfte an einen beliebigen Punkt O der Ebene (§ 32). Dann erhält man die in O parallel zu den gegebenen

angreifenden Kräfte $P_1, P_2, P_3 \dots P_n$ und die Kräftepaare mit den Momenten $P_1 p_1, P_2 p_2, P_3 p_3 \dots P_n p_n$, wenn $p_1, p_2, p_3 \dots p_n$ die senkrechten Entfernungen der Kräfte von O bedeuten.

— Setzt man nun die Kräfte in O nach § 22 und die Paare nach § 32 zusammen, so findet Gleichgewicht statt, wenn die Kräfte ein geschlossenes Vieleck und die Paare die algebraische Momentensumme Null ergeben.

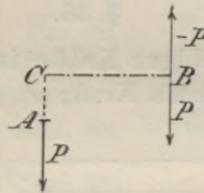


Fig. 150.

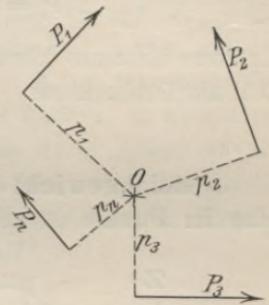


Fig. 151.

§ 35.

Gleichgewicht paralleler Kräfte im Raume. Es sei P eine

von vielen parallelen Kräften und A ihr Angriffspunkt. Man denke sich ein rechtwinkliges Koordinatensystem (Fig. 152), dessen Z -Achse parallel ist zu P . Die Koordinaten des Angriffspunktes A von P seien $BA = z, CB = y, OC = x$. In C und O denke man Kräfte $P, -P; P, -P$ angebracht, die gleich und parallel zu P sind und sich gegenseitig aufheben. Dadurch wird

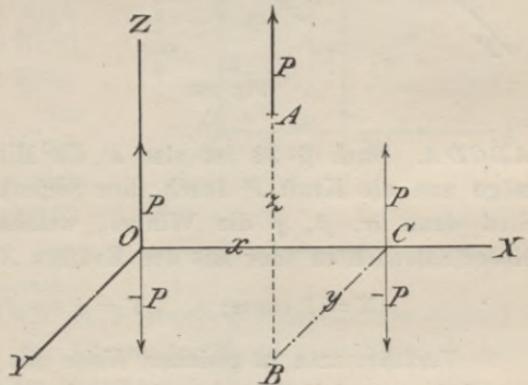


Fig. 152.

nichts geändert. Es bilden nun P in A und $-P$ in C ein Kräftepaar parallel der Ebene YZ mit dem Moment P_y und P in C und $-P$ in O

ein Paar in der Ebene XZ , dessen Moment gleich Px ist. Das Paar Py verlege man nach § 28 in die YZ -Ebene. Auf diese Weise wird die Kraft P in A ersetzt durch eine ihr gleiche und parallele Kraft P in O und zwei Kräftepaare Px und Py , die beziehentlich in den Ebenen XZ und YZ liegen.

Denkt man die übrigen parallelen Kräfte in gleicher Weise behandelt, so werden dieselben im Gleichgewicht sein, wenn die algebraischen Summen der Kräfte in O und diejenigen der Momente der Paare in den Koordinatenebenen einzeln gleich Null sind oder

$$\Sigma(P) = 0; \quad \Sigma(Py) = 0; \quad \Sigma(Px) = 0.$$

Letztere Momente können auch aufgefasst werden als bezogen auf OX und OY als Drehachsen.

§ 36.

Gleichgewicht beliebiger Kräfte im Raume. In Fig. 153 sei P eine im Punkte A angreifende Kraft; x, y, z seien die rechtwinkligen Koordinaten von A . Man

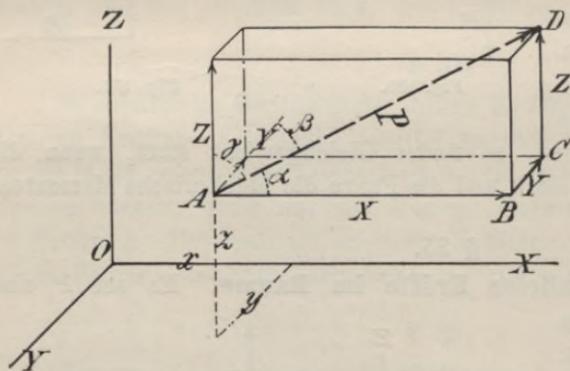


Fig. 153.

denke P als Diagonale eines Parallelepipedes, dessen Flächen den Koordinatenebenen parallel sind. Die drei in A zusammenstossenden Kanten betrachte man, als stellten sie drei in A angreifende Kräfte X, Y, Z dar. Setzt man dieselben nach dem Kräftepolygon zusammen, so bilden sie mit $-P$ einen geschlossenen Linienzug $ABCD A$. Nach § 22 ist also P die Mittelkraft von X, Y und Z . Es möge nun die Kraft P durch ihre Seitenkräfte X, Y, Z ersetzt werden. Sind dann α, β, γ die Winkel, welche P mit den Richtungen der Koordinatenachsen oder mit den Kräften X, Y, Z bildet, so ist

$$X = P \cos \alpha; \quad Y = P \cos \beta; \quad Z = P \cos \gamma.$$

Verfährt man in gleicher Weise mit jeder der vorhandenen Kräfte, so erhält man drei Systeme von parallelen Kräften, die einzeln nach § 35 zu behandeln sind. Gleichgewicht findet statt, wenn die algebraischen Summen der nach O versetzten Kräfte und diejenigen der Paare in den drei Koordinatenebenen einzeln Null ergeben.

§ 37.

Vom Schwerpunkt. Nach § 25 lassen sich zwei parallele gleichgerichtete Kräfte P_1 und P_2 ersetzen durch eine Mittelkraft $M_2 = P_1 + P_2$, welche die Verbindungslinie der Angriffspunkte in einem Punkte S trifft, der sie im umgekehrten Verhältnis der Kräfte teilt. Denkt man sich P_1 und P_2 um ihre Angriffspunkte beliebig, doch so gedreht, daß sie parallel bleiben, so wird ihre Mittelkraft M_2 stets durch denselben Punkt S gehen. Sind beliebig viele parallele und gleichgerichtete Kräfte P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 vorhanden, so setze man P_1 und P_2 zu einer Mittelkraft $M_2 = P_1 + P_2$ zusammen, dann M_2 mit P_3 zu $M_3 = P_3 + M_2 = P_1 + P_2 + P_3$ und M_3 mit P_4 zu M_4 usw., bis man schliesslich aus P_n und M_{n-1} die Resultierende $M_n = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$ aller Kräfte P_1, P_2 usw. erhält.

Denkt man sich nun alle Kräfte $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ um ihre Angriffspunkte beliebig, jedoch so gedreht, daß sie parallel bleiben, so wird auch jede einzelne der Kräfte $M_2, M_3, M_4 \dots M_n$ stets durch einen unveränderlichen Punkt gehen. Derjenige Punkt, durch den stets die Mittelkraft M_n aller parallelen Kräfte geht, heisst der *Mittelpunkt* der Kräfte, oder wenn diese Schwerkkräfte sind, ihr *Schwerpunkt*.

§ 38.

Bestimmung des Schwerpunktes eines Körpers. In Fig. 154 sei ein Körper dargestellt und v ein unendlich kleines Raumteilchen desselben. Es werde ferner angenommen, der Körper habe an allen Stellen dieselbe Dichte a (Gewicht der Volumeneinheit), so daß das Gewicht irgend eines Raumteilchens desselben vom Inhalt v durch av ausgedrückt wird. av ist dann die in v angreifende Kraft der Schwere. x, y, z seien die Koordinaten ihres Angriffspunktes. Im Schwerpunkt S des Körpers mit den Koordinaten s, t, u denke man sich die der Mittelkraft der Schwerkkräfte aller Raumteilchen zusammen entgegenwirkende Kraft P angebracht, so findet Gleichgewicht statt. Es ist P gleich der Summe der Gewichte aller Raumteilchen, aus denen der Körper bestehend gedacht wird, oder, wenn V das Volumen des Körpers bedeutet:

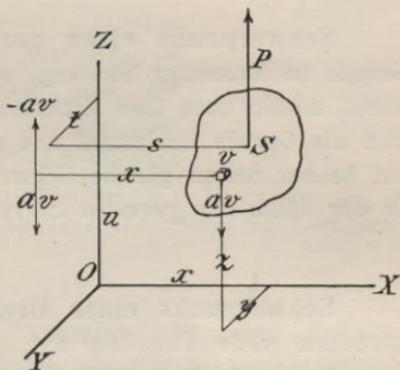


Fig. 154.

$$P = \Sigma(av) = a \Sigma(v) = aV.$$

Denkt man sich alle wirkenden Kräfte in die Ebene YZ versetzt, so erhält man Kräftepaare parallel zur Ebene XZ . Wegen des voraus-

gesetzten Gleichgewichtes muß die algebraische Summe der Momente dieser Paare Null sein, oder, wenn s den Abstand des Schwerpunktes von der Ebene YZ bedeutet:

$$Ps = \Sigma(avx) = a \Sigma(vx);$$

daraus erhält man

$$s = \frac{a \Sigma(vx)}{P} = \frac{a \Sigma(vx)}{a \Sigma(v)} = \frac{\Sigma(vx)}{V}.$$

Der Abstand des Schwerpunktes eines an allen Stellen gleich dichten (homogenen) Körpers von einer Ebene wird erhalten, wenn man jedes unendlich kleine Raunteilchen desselben mit seinem Abstände von der Ebene multipliziert und alle diese Produkte (statische Momente genannt) durch die Summe aller Raunteilchen (oder den Inhalt des ganzen Körpers) dividiert.

Zusatz 1. Besteht der Körper aus Bestandteilen, von denen man die Rauminhalte $V_1, V_2, V_3 \dots$ und die Abstände ihrer Schwerpunkte $s_1, s_2, s_3 \dots$ von einer beliebigen Ebene kennt, so findet man den Abstand x des Schwerpunktes des Körpers von der Ebene aus

$$x = \frac{V_1 s_1 + V_2 s_2 + V_3 s_3 + \dots}{V_1 + V_2 + V_3 + \dots}.$$

Zusatz 2. Ist die Summe der im Zähler stehenden Momente gleich Null, so ist $x = 0$, oder die Ebene geht durch den Schwerpunkt des Körpers.

§ 39.

Schwerpunkt einer geraden Strecke. Denkt man sich die Gerade in lotrechter Stellung, so fallen alle Schwerkkräfte in die Linie selbst, mithin auch ihre Mittelkraft, also auch der Schwerpunkt. — Hält man die Gerade horizontal und unterstützt sie in ihrer Mitte, so wirken auf beiden Seiten gleiche Schwerkkräfte, mithin liegt *der Schwerpunkt in der Mitte der geraden Strecke.*

§ 40.

Schwerpunkt eines Dreieckes. Man denke sich in Fig. 155 unendlich viele Parallele zur Seite BC gezogen. Dadurch wird das Dreieck in unendlich viele Streifen zerlegt, die man als gerade Linien betrachten kann, deren Schwerpunkte nach § 39 in ihren Mitten, also in der Linie AM liegen, welche A mit der Mitte von BC verbindet. Denkt man nun das Dreieck so gehalten, daß AM lotrecht ist und die Schwerkkräfte aller Streifen in ihren in AM liegenden Schwerpunkten vereinigt, so liegt offenbar deren Mittelkraft auch in AM , mithin auch der Schwerpunkt des Dreieckes.

Eine Linie, die den Schwerpunkt eines Körpers enthält, heißt *Schwerlinie.*

Da nun gezeigt ist, daß eine Mittellinie des Dreieckes eine Schwerlinie ist, so gilt dasselbe von den beiden anderen. Der Schwerpunkt S des Dreieckes liegt also da, wo die Schwerlinien AM , BN und CO sich schneiden und die senkrechte Entfernung von S bis BC ist ein Drittel der Höhe auf BC .

§ 41.

Schwerpunkt eines Viereckes. Man zerlege dasselbe durch eine Diagonale in zwei Dreiecke, bestimme deren Schwerpunkte (§ 40) und verbinde sie durch eine Gerade. Diese ist eine Schwerlinie (§ 40) des Viereckes. — Nun zerlege man das Viereck durch die zweite Diagonale in zwei andere Dreiecke und verbinde deren Schwerpunkte durch eine Gerade. Diese ist ebenfalls eine Schwerlinie, und der Schwerpunkt des Viereckes liegt im Durchschnittspunkte der beiden Schwerlinien.

§ 42.

Schwerpunkte von Vielecken werden gefunden, indem man sie in Dreiecke oder Vierecke zerlegt und deren Schwerpunkte (§§ 40 und 41) bestimmt. Hierauf fällt man Senkrechte von allen Schwerpunkten auf eine beliebig angenommene Gerade in der Ebene des Vieleckes, multipliziert den Abstand jedes Schwerpunktes von der Geraden mit dem Inhalte des zu ihm gehörenden Drei- oder Viereckes und dividiert die Summe dieser Produkte (statische Momente) durch den Inhalt des Vieleckes, so hat man den Abstand des Schwerpunktes von der Geraden. Eine in diesem Abstände zu ihr gezogene Parallele ist dann eine Schwerlinie. — Auf gleiche Art wird eine zweite Schwerlinie bestimmt. Der Schwerpunkt des Vieleckes liegt im Durchschnittspunkte der beiden Schwerlinien.

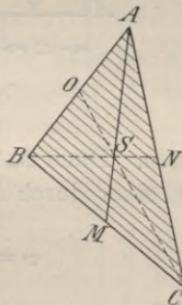


Fig. 155.

§ 43.

Schwerpunkt einer dreiseitigen Pyramide. Man erhält Schwerlinien, indem man die Spitzen der Pyramide mit dem Schwerpunkte der ihnen gegenüberliegenden Dreiecksflächen verbindet. — Es läßt sich leicht zeigen, daß ihr Durchschnittspunkt oder der Schwerpunkt der Pyramide um ein Viertel der Höhe von der zugehörigen Grundfläche entfernt ist.

§ 44.

Um die Schwerpunkte von Prismen und Zylindern mit parallelen Endflächen zu finden, denkt man sie parallel zu den Endflächen in unendlich dünne Scheiben zerlegt. Dann ist leicht zu er-

kennen, daß der Schwerpunkt in der Mitte der Verbindungslinie der Schwerpunkte der Endflächen liegen muß.

§ 45.

Um den Schwerpunkt eines Erdkörpers (Fig. 156) zu finden, teilt man die Länge AB desselben in n gleiche Teile a und bestimmt in der Mitte jedes Teiles den Inhalt eines Querprofiles. Sind die Inhalte der Profile der Reihe nach $P_1, P_2, P_3, P_4 \dots P_n$, so ergeben die Produkte $aP_1, aP_2, aP_3 \dots aP_n$ genau genug die Inhalte der zugehörigen Körper, von denen man annimmt, daß deren Schwerpunkte in den Profilen

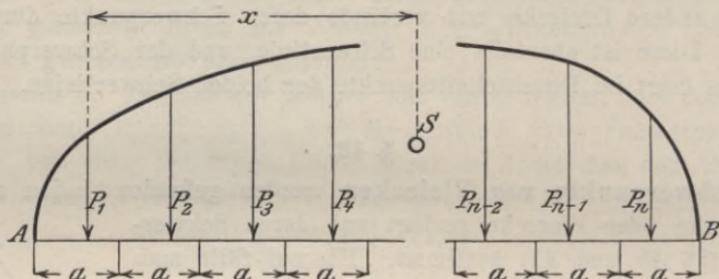


Fig. 156.

liegen. Dann findet man nach § 38, 1 die Entfernung x des Schwerpunktes von einer durch P_1 gelegten Ebene für praktische Aufgaben genau genug:

$$x = \frac{0 \cdot P_1 + 1aaP_2 + 2aaP_3 + \dots + (n-1)aaP_n}{aP_1 + aP_2 + aP_3 + \dots + aP_n},$$

oder:

$$x = \frac{P_2 + 2P_3 + 3P_4 + \dots + (n-1)P_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n} \cdot a$$

Kapitel III.

Elastizität und Festigkeit der Baustoffe.

§ 46.

Voraussetzungen. Die betrachteten Körper bestehen aus Metall oder Holz und sind, wie Stäbe, Säulen, Wellen oder Achsen, von prismatischer Gestalt. Ihre Abmessungen werden in Zentimetern und die einwirkenden Kräfte in Kilogrammen ausgedrückt. — Alle Einwirkungen von Stützen oder Befestigungen werden durch die von ihnen ausgeübten Kräfte ersetzt gedacht, die dann mit den außerdem einwirkenden Kräften im Gleichgewicht sind.

§ 47.

Zug- und Druckfestigkeit. Ein Stab (Fig. 157) habe im unbelasteten Zustande die Länge l . Durch in seiner Längsachse wirkende Kräfte P und $-P$ werde l entweder vergrößert (*a*) oder verkleinert (*b*). Dann sagt man im ersten Falle: der Körper widersteht durch seine *absolute* oder seine Festigkeit gegen *Zerreißen* (*Zugfestigkeit*), im zweiten durch seine *einfach rückwirkende* oder *Druckfestigkeit*, oder, wenn der Stab bei gröfserer Länge nicht in sich zusammengedrückt wird, sondern seitlich durch Biegung ausweicht: durch *zusammengesetzt-rückwirkende* oder *Knick-Festigkeit*. (§ 54.)

Ist der Querschnitt des Stabes 1 qcm, seine Länge 1 cm und die Belastung P 1 kg, so heifst die dadurch bewirkte Längenänderung α *Dehnungs-* oder *Verkürzungskoeffizient* und ihr reziproker Wert $1 : \alpha = \varepsilon$ der *Elastizitätsmodulus* des Materials.

Entfernt man die den Stab beanspruchenden Kräfte, so wird er seine ursprüngliche Länge entweder bis auf eine verschwindend kleine Gröfse wieder annehmen, oder es wird eine Längenänderung zurückbleiben: im ersten Falle bleiben dann die Längenänderungen innerhalb der *Grenze der vollkommenen Elastizität*, im zweiten wurde letztere überschritten. Die gröfste Belastung, welche der Stab von 1 qcm Querschnitt innerhalb der Grenze der vollkommenen Elastizität zu tragen vermag, heifst der *Tragmodul* des Materials.

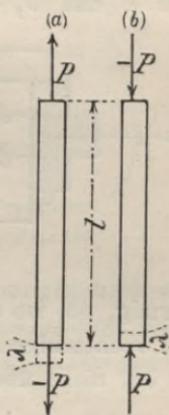


Fig. 157.

Wird ein Stab (Fig. 157) durch Kräfte P und $-P$ beansprucht, so werden zwei vor der Belastung unmittelbar benachbarte Querschnitte des Stabes nach derselben sich von einander entfernen oder einander näher rücken. Es treten dann zwischen den Querschnitten Kräfte, sogenannte *Spannungen* auf, welche den ursprünglichen Zustand wieder herzustellen bestrebt sind, und deren Summe gleich P ist. Praktisch ist die Annahme einer gleichmäßigen Verteilung dieser Spannungen auf die ganze Fläche der Querschnitte zulässig. Ist dann F der Inhalt des Querschnitts in Quadratcentimetern, so ist $P:F=S$ die *aufs Quadratcentimeter herrschende Spannung*. Diese darf bei Baukonstruktionen oder Maschinen ohne Gefährdung der Sicherheit niemals gröfser werden, als der Tragmodul. Der Sicherheit wegen und mit Rücksicht auf Abweichungen in der Beschaffenheit des Materials werden deshalb die Abmessungen der Konstruktionsteile so gewählt, dafs die Spannung der Rechnung nach für die gröfste voraussichtlich vorkommende Belastung doch nur einen Bruchteil, gewöhnlich die Hälfte, des Tragmoduls erreicht. Diesen Wert k nennt man die *zulässige Spannung* (§ 53). Es ist dann der Querschnitt Q mindestens gleich kF zu nehmen.

§ 48.

Schubfestigkeit. Wirken die Kräfte so, dafs sie, wie in Fig. 158 bei a und b , benachbarte Querschnitte gegeneinander zu verschieben

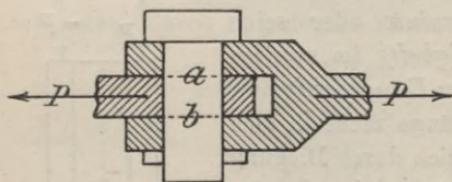


Fig. 158.

streben, so wird die *Gleitungs- oder Schubfestigkeit* des Materials beansprucht. Hinsichtlich derselben gelten entsprechende Ausdrücke, wie sie in § 47 für Zug- und Druckfestigkeit aufgestellt sind.

Ist der beanspruchte Querschnitt vom Flächeninhalt F kreis-

förmig, so ist die gröfste Schubspannung in demselben $(4:3) \cdot P:F$ und bei rechteckigem Querschnitt $(3:2) \cdot P:F$. Sie darf den zulässigen Wert (§ 53) nicht überschreiten.

§ 49.

Biegefestigkeit. Es sei ein prismatischer Balken gegeben. In seinem Innern denke man parallel zur Achse ein Prisma von unendlich kleinem Querschnitt. Werden die darin enthaltenen Teile des Balkens in Gedanken zusammengefafst, so nennt man sie eine *Faser*. Hiernach wird der Balken als aus unendlich vielen geraden und einander parallelen *Fasern* bestehend vorgestellt.

Legt man nun den Balken wagrecht auf zwei Stützen A und B (Fig. 159) und belastet ihn durch Kräfte $P_1, P_2, P_3, P_4 \dots$ senkrecht

zur Achse, so wird er auf *Zerbrechen, relative* oder *Biegefestigkeit* beansprucht, und seine ursprünglich geraden Fasern werden gebogen und erleiden durch Messungen nachweisbare Längenänderungen. Durch diese werden Spannungen hervorgerufen, die den äußeren Kräften das Gleichgewicht halten.

Die Länge des Balkens sei $l = AB$, die Entfernungen der Kräfte $P_1, P_2, P_3, P_4 \dots$ von A seien der Reihe nach $x_1, x_2, x_3, x_4 \dots$ und die beiden Stützen mögen durch gleichwertige Kräfte X und Y ersetzt gedacht werden. Ihre Werte ergeben sich mit Hilfe der nachfolgenden beiden, das Gleichgewicht ausdrückenden Bedingungen (§ 34):

$$Yl = P_1x_1 + P_2x_2 + P_3x_3 + P_4x_4 + \dots$$

$$Xl = P_1(l - x_1) + P_2(l - x_2) + P_3(l - x_3) + \dots$$

Es sind also X und Y als bekannte Größen aufzufassen.

Die genannten äußeren Kräfte erzeugen neben den Biegungen auch durch Messungen nachweisbare *Verkürzungen* der Fasern an der Oberseite des Balkens und *Verlängerungen* an seiner Unterseite. Von der Oberseite nach der

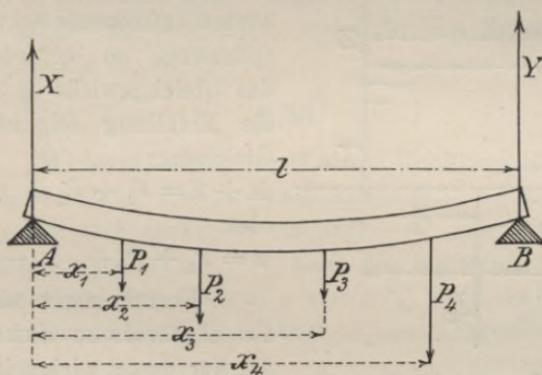


Fig. 159.

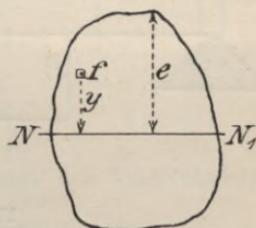


Fig. 160.

Unterseite hin fortschreitend findet man, daß die Verkürzungen nach und nach bis auf Null abnehmen und nun in stetig zunehmende Verlängerungen übergehen. Die Gesamtheit der keine Längenänderungen erleidenden Fasern nennt man die *neutrale Faserschicht*.

Fig. 160 sei ein Querschnitt des Balkens senkrecht zu seiner gebogenen Achse. Dann heißt die Gerade NN_1 , in der er die neutrale Faserschicht durchschneidet, seine *neutrale Achse*. Nun sei f der Querschnitt irgend einer Faser und y ihr Abstand von der neutralen Achse. Vermöge der Längenänderung der Faser wird in f eine Zug- oder Druckspannung s erzeugt. $s:f$ ist dann die an dieser Stelle *aufs Quadratcentimeter* herrschende Spannung. Solange an keiner Stelle die Spannungen über die Grenze der vollkommenen Elastizität hinaus gehen, sind nach angestellten Beobachtungen ihre Werte ebenso, wie die gemessenen Längen-

änderungen, proportional den Entfernungen von der neutralen Achse. Bezeichnet e den Abstand der entferntesten Faser von der neutralen Achse und k ihre Spannung aufs Quadratcentimeter, so verhält sich

$$k : (s : f) = e : y, \text{ woraus folgt } s = \frac{k}{e} f y.$$

Um nun die Beziehungen zwischen diesen inneren und den äußeren Kräften zu erkennen, denken wir uns den Balken durch einen zur gebogenen Achse senkrechten Querschnitt zerschnitten (Fig. 161) und die inneren Kräfte durch gleichwertige äußere ersetzt, die das Gleichgewicht wieder herstellen. Wegen der vorauszusetzenden Geringfügigkeit der Biegung kann man in der Zeichnung und bei Aufstellung der Gleichgewichtsbedingungen ganz davon absehen.

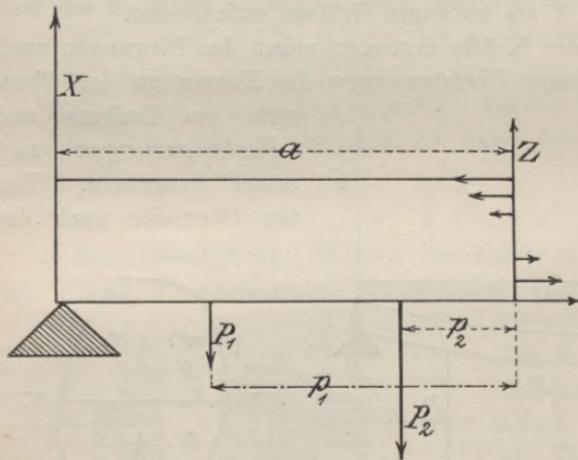


Fig. 161.

Bezeichnet Z die durch Verschiebung des Endquerschnitts gegen den früher ihm benachbarten auftretende Schubspannung, so erfordert das Gleichgewicht (§ 35) die Erfüllung folgender Gleichung:

$$X + Z = P_1 + P_2 + \dots$$

oder

$$Z = P_1 + P_2 + \dots - X.$$

Ferner muß auch die algebraische Summe der horizontal wirkenden, die Zug- und Druck-

spannungen ersetzenden Kräfte gleich Null sein oder

$$\Sigma ((k : e) f y) = (k : e) \Sigma (f y) = 0.$$

Da nun $(k : e)$ nicht Null ist, muß $\Sigma (f y) = 0$ sein. Nach § 38, Zusatz 2 bedeutet dies: *Die neutrale Achse geht durch den Schwerpunkt des Querschnitts.*

Zur Erhaltung des Gleichgewichts müssen ferner die Momente aller Kräfte in Beziehung auf irgend eine Drehachse gleich Null sein (§ 35). Als Momentenachse nehmen wir die neutrale Achse des Endquerschnittes und bezeichnen die Abstände der Kräfte $X, P_1, P_2 \dots$ von ihr mit $a, p_1, p_2 \dots$, dann muß sein:

$$\begin{aligned} Xa - (P_1 p_1 + P_2 p_2 + \dots) &= \Sigma (y (k : e) f y) \\ &= k \frac{\Sigma (f y^2)}{e}. \end{aligned}$$

$\Sigma(fy^2)$ heißt *Trägheitsmoment* des Querschnitts und $(1:e) \Sigma(fy^2)$ dessen *Widerstandsmoment*. Bezeichnen wir letzteres kurz mit W und mit M das Moment der äußeren Kräfte in Beziehung auf die neutrale Achse des Endquerschnittes, so ist

$$M = kW \text{ oder } k = M : W.$$

Die Dimensionen des Balkens sind nun so zu wählen, daß k an keiner Stelle größer ist als die zulässige Spannung. Da nun wegen der prismatischen Gestalt des Balkens W für alle Querschnitte unverändert bleibt, so wird k für denjenigen Querschnitt seinen größten Wert erreichen, dessen neutrale Achse als Drehachse gedacht den größten Wert des Momentes M der äußeren Kräfte ergibt. Dieser größte Wert heißt *Bruchmoment* und der zugehörige Querschnitt der am *meisten gefährdete* oder *Bruchquerschnitt*. Sollte ein Bruch eintreten, so wird er voraussichtlich im Bruchquerschnitt an dessen am weitesten von der neutralen Achse entfernten Faser beginnen. — Ein Balken ist als *sicher* zu betrachten, wenn für den Bruchquerschnitt $k \leq M : W$.

§ 50.

Widerstandsmoment eines Rechteckes (Fig. 162, $ABCD$). Die neutrale Achse NN_1 sei parallel $AB = b$ und senkrecht zu $BD = h$. Ein Flächenelement parallel zu NN_1 habe die unendlich kleine Höhe δ und den Abstand y von NN_1 , dann ist $b\delta = f$ sein Querschnitt. Bezeichnet J das Trägheitsmoment des Querschnittes, so ist $\frac{J}{2}$ sein Wert für die obere Hälfte des Querschnitts oder

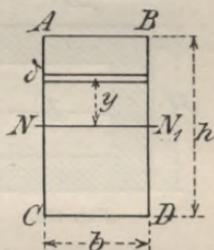


Fig. 162.

$$\frac{J}{2} = \Sigma(fy^2) = \Sigma(b\delta y^2) = b \Sigma(\delta y^2).$$

Setzt man der Reihe nach für y die Werte $\delta, 2\delta, 3\delta \dots n\delta$, so folgt

$$\frac{J}{2} = b \cdot \Sigma(\delta y^2) = b\delta(1^2\delta^2 + 2^2\delta^2 + 3^2\delta^2 + \dots + n^2\delta^2)$$

oder
$$\frac{J}{2} = b\delta^3(1^2 + 2^2 + 3^2 + \dots + n^2) = b \frac{\delta^3 n^3}{3} = \frac{b}{3} \cdot \left(\frac{h}{2}\right)^3 = \frac{bh^3}{24}.$$

Mithin
$$J = \frac{bh^3}{12}.$$

Durch Division mit dem größten Abstände $h:2$ einer Faser von der neutralen Achse erhält man das gesuchte Widerstandsmoment

$$W = \frac{1}{6} bh^2.$$

§ 51.

Widerstandsmoment eines doppelt T- oder C-förmigen Querschnitts. Die genannten Querschnitte mögen durch die in Fig. 163 eingetragenen horizontal und vertikal gedachten Abmessungen bestimmt sein.

Um das Trägheitsmoment J des Doppel-T-Querschnitts in Beziehung auf die neutrale Achse zu finden, hat man von demjenigen des Rechteckes mit den Abmessungen B und H zweimal dasjenige eines Rechteckes mit den Dimensionen $\frac{b}{2}$ und h abzuziehen. Also ist

$$J = \frac{BH^3}{12} - 2 \frac{\frac{b}{2}h^3}{12} = \frac{BH^3}{12} - \frac{bh^3}{12}.$$

Das Trägheitsmoment des C-Querschnitts ergibt auf entsprechende Art denselben Wert.

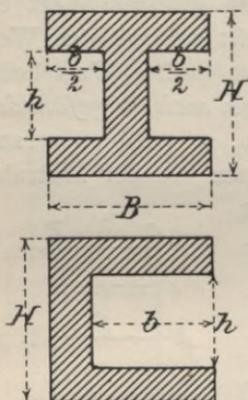


Fig. 163.

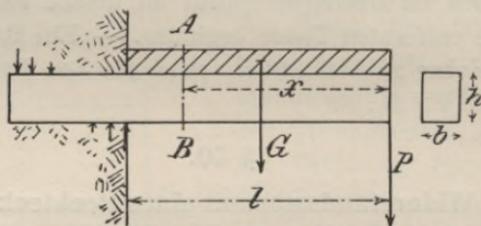


Fig. 164.

Durch Division mit $H:2$ wird das Widerstandsmoment W eines jeden der beiden Querschnitte erhalten:

$$W = \frac{BH^3 - bh^3}{6H}.$$

§ 52.

Beispiel 1. Ein rechtwinkliger Balken von der freien Länge l , der wagrecht liegenden Breite b und der Höhe h , Fig. 164, sei in einer Mauer unwandelbar befestigt und trage auf seiner freien Länge eine gleichmäßig verteilte Last G und am Ende ein Gewicht P . Man soll Breite b und Höhe h seines Querschnitts so bestimmen, dass an keiner Stelle die Spannung den höchstens zulässigen Wert k überschreitet.

Denkt man in der Entfernung x vom freien Ende des Balkens einen Querschnitt nach AB , so ist Px das Moment von P , bezogen auf die neutrale Achse desselben. Außerdem hat die Länge x aufs laufende Meter ein Gewicht $(G:l)$ zu tragen, oder im ganzen $(G:l)x$. Dies Gewicht kann man durch eine ihm gleiche, in seinem Schwerpunkte angreifende Kraft ersetzt denken. Das Moment, bezogen auf die neutrale Achse des

Querschnitts AB , wäre dann $(x:2)(G:l)x = x^2(G:2l)$. Mithin das gesamte Moment der äußeren Kräfte, bezogen auf dieselbe Achse,

$$Px + x^2(G:2l).$$

Offenbar erreicht dieser Ausdruck für $x = l$ seinen größten Wert, den des *Bruchmoments* (§ 49). Letzteres ist gleich k mal dem Widerstandsmoment $(1:6)bh^2$ zu setzen (§ 50), also wäre

$$Pl + (l:2)G = k(1:6)bh^2.$$

Es sei nun $l = 120$ cm, $P = 300$ kg und $G = 100$ kg, ferner der Balken aus Eichenholz und darum $k = 80$ zu setzen, so folgt

$$300 \cdot 120 + 60 \cdot 100 = 80(1:6)bh^2.$$

Daraus folgt

$$bh^2 = 3150.$$

Man kann nun je nach den im besonderen Falle maßgebenden Rücksichten die eine Dimension des Querschnitts wählen und dann die andere bestimmen. Nimmt man z. B. $h = 10$ cm, so ist $h^2 = 100$ und $b = 31,5$ cm zu nehmen; für $h = 20$ cm erhält man $b = 7,87$ oder rund 8 cm. Letztere Abmessungen sind vorteilhafter, weil man dabei weniger Holz gebraucht; denn der Querschnitt beträgt nur $8 \times 20 = 160$ qcm gegen $10 \times 31,5 = 315$ qcm.

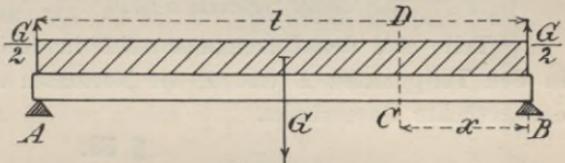


Fig. 165.

Beispiel 2. Ein Balken mit dem Widerstandsmoment W liege auf zwei Stützen A und B , die um $AB = l$ voneinander entfernt sind. Wie groß ist die gleichmäßig verteilte, vom Balken höchstens zu tragende Last G ? (Fig. 165.)

Zuerst sind die gleichen Kräfte X zu ermitteln, welche jede Stütze ausübt. Offenbar ist

$$X + X = G, \text{ also } X = G:2.$$

In Beziehung auf die neutrale Achse irgend eines Querschnitts im Abstände $x < \frac{l}{2}$ von B ist das Moment der äußeren Kräfte

$$\frac{G}{2}x - \frac{G}{l}x \cdot \frac{x}{2} = \frac{Gx}{2l}(l-x).$$

Dieser Ausdruck erreicht seinen größten Wert für $x = \frac{l}{2}$. Der Bruchquerschnitt liegt also in der Mitte des Balkens und das Bruchmoment wird gleich $(G:4)(l:2) = Gl:8$. Dieser Wert ist gleich dem Widerstandsmoment mal der zulässigen Spannung zu setzen, daher

$$\frac{Gl}{8} = kW \text{ oder } G = \frac{8kW}{l}.$$

Wäre $k = 80$, der Balken rechteckig, 6 cm breit und 20 cm hoch, so wäre das Widerstandsmoment gleich $(1:6) 6 \cdot 20 \cdot 20 = 400$. Ist ferner die Länge 4 m oder $l = 400$ cm, so folgt $G = 640$ kg.

Beispiel 3. Wie schneidet man aus einem kreisrunden Stamme einen prismatischen Balken von möglichst großer Tragfähigkeit?

Es sei (Fig. 166) der Durchmesser des kleinsten Stammquerschnittes gleich d , ferner sei x die Breite und y die Höhe des gesuchten Rechteckes. Sein Widerstandsmoment ist dann $xy^2:6$ und die Tragfähigkeit des Balkens wächst mit der Größe dieses Moments. Mithin ist x so zu wählen, daß der Ausdruck xy^2 oder

$$x(d^2 - x^2) = d^2x - x^3$$

seinen größten Wert erreicht. Nach als bekannt vorausgesetzten Regeln ist dies der Fall, wenn

$$x = \frac{d}{\sqrt{3}} \text{ und demnach } y = \sqrt{d^2 - x^2} = d \sqrt{\frac{2}{3}}$$

Das Verhältnis $x:y$ ist gleich $1:\sqrt{2}$ oder nahezu gleich $5:7$.

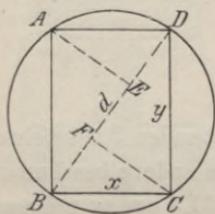


Fig. 166.

Teilt man den Durchmesser BD in drei gleiche Teile und errichtet in den Teilpunkten E und F die Normalen AE und FC , so ist $ABCD$ der gesuchte Querschnitt.

§ 53.

Die zulässigen Spannungen für verschiedene Materialien nach den Bestimmungen der Berliner Bau-Polizei (21. Februar 1887) und der Bauabteilung des preuß. Ministeriums der öffentlichen Arbeiten (16. Mai 1890) sind aus nachstehender Tabelle zu entnehmen.

Material	k			Material	k	Material	k
	Zug	Druck	Schub				
Schmiedeeisen . . .	750	750	600	Granit	45	Steine aus Zement,	
Guß Eisen	250	500	200	Rüdersd. Kalkstein	25	Schlacke u. Sand	12
Eichenholz	100	80	20	Sandstein . 15 bis	30	Guter Baugrund .	2,5
Tannenholz	60	50	10	Ziegelm. in Kalk	7	Beton . . . 5 bis	10
Kiefernholz	100	60	10	„ in Zement	11	Rammpfähle 20 bis	40
Basalt	—	75	—	Marmor	24		

§ 54.

Knickfestigkeit. Prismatische Säulen, die durch in der Richtung ihrer Achse wirkende Kräfte auf Druck in Anspruch genommen sind, müssen

nach § 47 bei verhältnismäßig großer Länge gegen Zerknicken gesichert und daraufhin berechnet werden. Ist P die zu tragende Last, l die Länge des nach Fig. 167 in der Linie AB geführten Stabes mit gerade abgeschnittenen Enden, E der Elastizitätsmodulus des Materials und J das kleinste Trägheitsmoment seines Querschnitts, bezogen auf eine durch dessen Schwerpunkt gezogene Achse, so berechne man (Eulersche Formel)

$$Q = \pi^2 \frac{EJ}{l^2},$$

worin für E bei Gußeisen 1000000, bei Schmiedeeisen 2000000 und bei Holz 100000 zu setzen ist.

Die zulässige Belastung P darf bei Gußeisen $\frac{1}{8}$, bei Schmiedeeisen $\frac{1}{5}$ und bei Holz $\frac{1}{10}$ des Wertes von Q betragen. Auch ist zu untersuchen, ob die Berechnung auf einfach rückwirkende Festigkeit nicht eine geringere zulässige Belastung ergibt. Dann darf nur letztere gelten.

Ist der belastete Stab an einem Ende fest eingespannt und am andern nicht geführt, sondern frei beweglich, so trägt die zulässige Belastung nur $P:4$. Ist ein Ende fest eingespannt und das andere nur in der Längenrichtung beweglich, so ist die zulässige Belastung gleich $2P$ und bei beiderseits fest eingespannten Enden gleich $4P$.

§ 55.

Drehungsfestigkeit. Wird ein Stab von kreisförmigem Querschnitt aus Schmiedeeisen durch zwei in parallelen Ebenen gegeneinander wirkende gleiche Kräftepaare mit den Seitenkräften P und dem Hebelarm r auf *Drehungs-* oder *Torsionsfestigkeit* beansprucht, so ist bei gewöhnlichen kurzen Drehachsen der Durchmesser d zu nehmen

$$d = 0,30 \sqrt[3]{Pr},$$

wobei d und r in Zentimetern und P in Kilogrammen auszudrücken sind und die Welle nur in einer Richtung beansprucht wird. Wirkt das Moment in wechselnden Richtungen, so ist statt 0,30 der Wert 0,35 zu nehmen.

§ 56.

Graphische Zusammensetzung von Kräften in einer Ebene.

Will man die in einer Ebene liegenden Kräfte P_1, P_2, P_3, P_4 (Fig. 168) zusammensetzen, so erscheint es am einfachsten, P_1 und P_2 bis an ihren Schnittpunkt S zu verlängern, dann ihre Angriffspunkte nach S zu verlegen (§ 24) und nun die beiden Kräfte durch ihre Mittelkraft zu ersetzen (§ 23). Diese wäre dann auf entsprechende Weise mit P_3 zu verbinden usw.

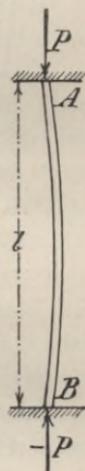


Fig. 167.

— Indessen läßt sich dieses Verfahren gewöhnlich nicht durchführen, weil die nötigen Durchschnittspunkte nicht innerhalb der zur Verfügung stehenden Papierfläche liegen. Deshalb verfährt man besser wie folgt:

Man zerlege P_1 in zwei Seitenkräfte (§ 23) 1 und 2 und verlängere die Richtung von 2 bis zum Durchschnitt B mit der Richtung von P_2 , dann zerlegt man P_2 in zwei Seitenkräfte -2 und 3, von denen die eine, -2 , der Kraft 2 an Gröfse gleich ist, aber an Richtung entgegengesetzt. Die Richtung von 3 wird zum Durchschnitt mit derjenigen von P_3 verlängert und P_3 in Komponenten -3 und 4 zerlegt, von denen erstere 3 zwar gleich ist, aber entgegengesetzt gerichtet, 4 wird bis zum Schnitt mit P_4 verlängert und P_4 in die Seitenkräfte -4 und 5 zerlegt. Da die

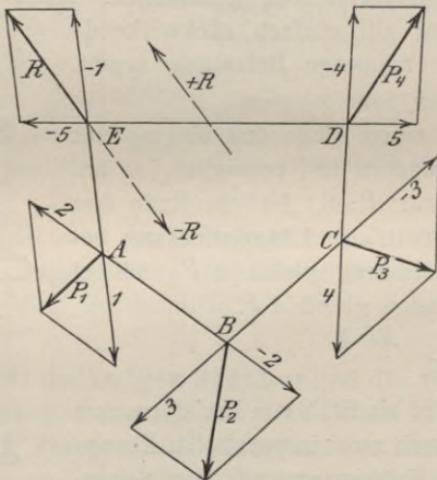


Fig. 168.

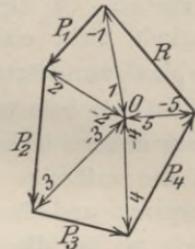


Fig. 169.

Kräfte 2, -2 , 3, -3 , 4, -4 sich gegenseitig aufheben, kann man sie fortlassen und es bleiben nur die Kräfte 1 und 5 übrig, welche die Kräfte P_1, P_2, P_3, P_4 ersetzen. Verlängert man 1 und 5 bis zum Schnittpunkt E , so kann man sie zu einer die genannten Kräfte P ersetzenden Mittelkraft $-R$ (punktirt) verbinden. Wir wollen aber annehmen, es wirke in E die Kraft R , deren Komponenten -1 und -5 die Kräfte 1 und 5 aufheben würden, so daß die Kräfte P_1, P_2, P_3, P_4, R im Gleichgewicht sind. Wir haben früher Kräfte in einer Ebene (§ 34) dadurch zusammengesetzt, daß wir sie parallel zu sich selbst so verlegten, daß sie einen beliebig gewählten gemeinsamen Angriffspunkt hatten, um sie dann nach dem Kräftepolygon zu vereinigen. Dem entsprechend sind die Kräfte von Fig. 168 in Fig. 169 durch ein Kräftepolygon in nachstehender Reihenfolge verbunden: $P_1, P_2, P_3, P_4, R, 1, 2, -2, 3, -3, 4, -4, 5, -5, -1$.

Nach dieser Einleitung ist leicht ersichtlich, dafs man, um die in einer Ebene gegebenen Kräfte P_1, P_2, P_3, P_4 usw. zusammensetzen, am besten verfährt, wie folgt: Man zeichnet zuerst das Kräftepolygon P_1, P_2, P_3 usw. Dann nimmt man einen Punkt O , der Pol genannt wird, beliebig an und verbindet ihn mit den Ecken des Polygons, und betrachtet die Linien $1, 2$ als Komponenten von P_1 , ferner -2 und 3 als Komponenten von P_2 usf. Jetzt nimmt man auf der Kraft P_1 in Fig. 168 einen Punkt A beliebig an und zieht AB in Fig. 168 parallel zu 2 in Fig. 169. Diese Linien möge P_2 in B treffen. Dann zieht man BC in Fig. 168 parallel zu 3 (Fig. 169) usf. Diesen Linienzug nennt man Seilpolygon. — Geben die Kräfte P_1, P_2, P_3, P_4, R , wie in den Figuren ein geschlossenes Kräfte-Vieleck und ein geschlossenes sogen. Seilpolygon, so halten sie einander das Gleichgewicht. Wäre das Kräftepolygon geschlossen, das Seilpolygon aber nicht, weil die Kraft $+R$ sich in der punktierten Lage befindet, so würde die Resultierende der übrigen Kräfte gleich $-R$ sein und durch E gehen. Die Gesamtheit der Kräfte ist dann auf ein Kräftepaar mit den Seitenkräften R und $-R$ zurückgeführt und läfst sich nicht durch *eine* Kraft ersetzen. — Seilpolygon nennt man die Darstellung (Fig. 168) deshalb, weil sich die Kräfte auch das Gleichgewicht halten werden, wenn ihre Angriffspunkte nur durch ein hinreichend starkes Seil $ABCDEA$ verbunden wären, dessen einzelne Teile dann auf Festigkeit gegen Zerreißen beansprucht werden. Der Ausdruck wird auch gebraucht, wenn man z. B. ursprünglich die eine Seitenkraft von P_1 so gewählt hätte, dafs sie die Richtung von A nach B erhält und mithin das Seilstück AB nicht auf Zerreißen, sondern auf Zerdrücken beansprucht würde. Es ist also bei dem Ausdruck nicht an ein gewöhnliches Seil zu denken, sondern an ein solches, dessen Teile absolut fest sind gegen Kräfte, die nach seiner Längenrichtung ziehend oder drückend wirken.

§ 57.

Berechnung von zylindrischen oder Tonnengewölben. Die beiden in Fig. 170 um einen Mittelpunkt O geschlagenen Kreisbogen sollen den Querschnitt eines Tonnengewölbes darstellen. Es trage aufser seinem eigenen Gewicht noch eine gegen die Mitte symmetrisch verteilte Belastung aus Erde, Mauerwerk, beweglichen Lasten und dergl. Diese Lasten zusammengenommen denken wir uns durch eine gleichwertige, aus lockerem Material bestehende, von der Linie AB begrenzte Belastung ersetzt, von der 1 cbm genau so viel wiegt, wie 1 cbm Mauerwerk des Gewölbes und deren Gewicht das Gewölbe an allen Stellen genau so belasten würde, wie die wirkliche Belastung. Auch sei die „Belastungslinie“ AB für alle Gewölbequerschnitte dieselbe. Dann genügt für die Berechnung die Behandlung eines Gewölbestückes, dessen Endquerschnitte um eine Längeneinheit voneinander entfernt sind.

Unter diesen Voraussetzungen hat der schraffierte Stein (Fig. 170) ein der Größe der schraffierten Fläche proportionales Gewicht G zu tragen, das man sich durch eine im Schwerpunkt der Fläche angreifende, senkrecht abwärts wirkende Kraft G ersetzt denken kann. Ferner wirken von den benachbarten Steinen auf den schraffierten Kräfte, die sich durch ihre Resultierenden M und N ersetzen lassen. Die drei Kräfte M , N und G müssen einander das Gleichgewicht halten, was nur möglich ist, wenn sie sich in einem Punkte schneiden. Sind also zwei der Kräfte bekannt, so ist die dritte deren Mittelkraft gleich und entgegengesetzt, also leicht bestimmbar. Die Größe von G ist gleich derjenigen der schraffierten Fläche mal dem Gewicht der Kubikeinheit des Materiales, und ihre lotrechte Richtung geht durch den Schwerpunkt der schraffierten Fläche. Wäre nun auch M bekannt, so könnte man N als entgegengesetzte Mittelkraft von M und G bestimmen und dann auf dieselbe Art fortfahrend alle die entsprechenden Kräfte für die übrigen Steine.

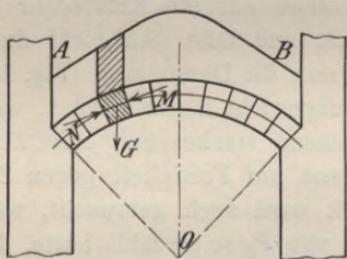


Fig. 170.

Die Bestimmung einer M entsprechenden Resultierenden läßt sich nur unter gewissen Annahmen ermöglichen. — Verlegt man nämlich den Angriffspunkt von G in den schraffierten Stein und zerlegt G in zwei auf den Fugen senkrecht stehende Komponenten und nimmt an, diese wären gleich und entgegengesetzt den Mittelkräften M und N , und bestimmt

daraus diejenigen für die übrigen Steine, so gelangt man für *verschiedene* anfängliche Annahmen zu Druckverteilungen, bei denen das Gleichgewicht möglich ist. Demnach gehört das Gewölbe zu den „*statisch unbestimmten*“ Konstruktionen. Bei sehr großen Ausführungen ist man deshalb dazu übergegangen, die Gewölbehälften um ihre Stützpunkte („Kämpfer“) drehbar zu machen, um dadurch die Unbestimmtheit zu beseitigen.

Bei Gewölben gewöhnlicher Art nimmt man an, der resultierende Druck im Scheitel sei horizontal und berühre die Mittellinie des Bogens. Ferner betrachtet man, um die graphische Berechnung zu vereinfachen, jedes Gewölbe so, als wäre es in seiner Masse gleichartig, wie die aus Beton gestampften Gewölbe, so dass man alle Druckflächen als in lotrechten Ebenen liegend ansehen kann. — So ergeben sich Rechnungen nach Art des folgenden Paragraphen, deren Resultate erfahrungsgemäß der Wirklichkeit entsprechen.

§ 58.

Graphische Berechnung eines Tonnengewölbes. Unter den im vorigen Paragraphen gemachten Voraussetzungen sei die in Fig. 171

dargestellte Hälfte eines Tonnengewölbes zu berechnen. AB sei die „Belastungslinie“ (§ 57) und MN die Mittellinie des Gewölbebogens. Man teile durch gleich weit voneinander entfernte lotrechte Linien den Abstand von KA bis NB in Teile, die als Trapeze betrachtet werden können, bestimme deren Schwerpunkte, berechne die ihren Inhalten entsprechenden, das Gewölbe belastenden Gewichte und ersetze sie durch ihre die Schwerpunkte treffenden Resultierenden $1, 2, 3, 4, 5$. Nun zeichnet man nach § 56 in Fig. 172 das Kräfteviereck $1, 2, 3, 4, 5$, und nimmt dafür einen Pol O (§ 56) beliebig auf einer Normalen DO im Anfangspunkt von Kraft 1 , zeichnet das zugehörige Seilpolygon ST und bestimmt den Schnittpunkt der äußersten Seilstrahlen. Durch diesen geht die Resultierende der Belastungen $1, 2, 3, 4, 5$. Die Durchschnittspunkte der übrigen Seil-

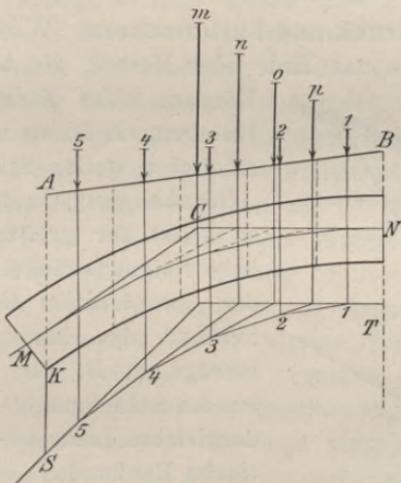


Fig. 171.

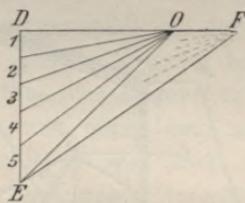


Fig. 172.

strahlen mit dem Anfangsstrahl ergeben die Lage der beziehlichen Resultierenden der Lasten von 1 bis 4 , 1 bis 3 , 1 bis 2 . Nun fällt der Annahme nach der resultierende Druck im Scheitel in die Horizontale NC durch N . Sie trifft die Resultierende aller Lasten in C . Verbindet man C mit der Mitte M der Kämpferfuge, durch welche der Annahme nach der daselbst stattfindende Druck gehen soll, so gibt MC die Richtung des Kämpferdruckes; denn die Richtungen dreier im Gleichgewicht befindlichen Kräfte müssen sich in einem Punkte schneiden. Denkt man sich nun durch den Endpunkt E der Kräftesumme 1 bis 5 in Fig. 172 eine Parallele zu MC in Fig. 171 gezogen und trifft diese DO in F , so stellt EF den resultierenden Druck in M am Kämpfer dar und FD denjenigen am Scheitel in N . Jetzt nimmt man F als Pol des Kräfteplans und zeichnet das entsprechende Seilpolygon MN in Fig. 171, dann kann man annehmen, dafs die ge-

brochene Linie MN genau genug übereinstimmt mit der sogen. „Stützlínie“, d. h. derjenigen Linie, welche alle resultierenden Drucke verbinden würde, wenn man statt der 5 gleichen Teile von AB deren unendlich viele angenommen hätte.

Fällt diese Linie ganz innerhalb des Bogens, so ist das Gleichgewicht möglich. Kommt sie der Mitte sehr nahe, so kann man, gleichförmige Verteilung des Druckes auf die Fugenfläche annehmend, untersuchen, ob keine gefährliche Beanspruchung der Druckfestigkeit des Materiales stattfindet. Andernfalls, d. h. bei zu großer Annäherung der Stützlínie an die obere oder die untere Begrenzung, muß man die ungleichmäßige Verteilung des Druckes berücksichtigen (Siehe Baukunde.)

§ 59.

Böschungswinkel, Erddruck und Futtermauern. Wird auf einer ebenen, wagrechten Grundfläche aus Erde oder Massen, die aus kleinen Körpern ohne Zusammenhang bestehen, ein Damm mit ebenen, möglichst steilen Seitenflächen, „Böschungen“, aufgeschüttet, so heißt der größte, erreichbare Neigungswinkel derselben der „natürliche Böschungswinkel“ des Materiales. Er beträgt z. B. für trockenen bis feuchten Sand $30\text{--}40^\circ$, für dergleichen Lehm $40\text{--}45^\circ$ usw. (Siehe Baukunde.)

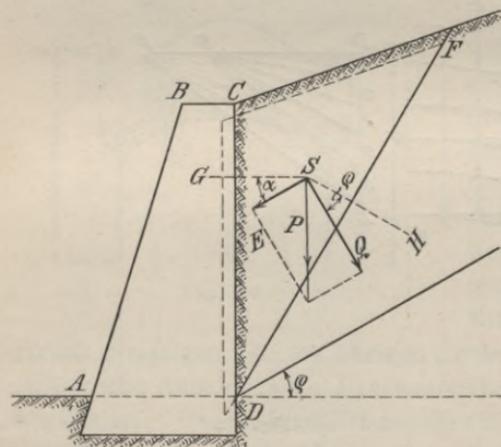


Fig. 173.

Futtermauer. $ABCD$ (Fig. 173) sei der Querschnitt einer solchen. Dann ist die Größe des Druckes zu bestimmen, den sie von der Erde erleidet, und zu untersuchen, ob sie denselben aushält. Wäre die Mauer zu schwach und würde sie etwa bei AD durch den Erddruck abgleiten oder um A gedreht werden, so kann man annehmen, daß ein die Mauer abschiebendes oder umwerfendes Erdprisma vom Querschnitt $CDEF$ längs einer ebenen Fläche DF ohne Verschiebungen seiner Teile durch sein Gewicht herabgleitet in die punktierte Lage und sich wie ein fester Körper bewegt.

Als treibende Kraft wirkt sein Gewicht, das wir uns durch eine in seinem Schwerpunkte angreifende Kraft P ersetzt denken können. Ihr entgegen wirken Kräfte, die von der anstossenden Mauerfläche und der-

Steilere Endflächen des Bodens ermöglicht man durch Errichtung einer Stütz- oder

jenigen der stehen bleibenden Erde ausgehen. Im Ruhezustande können ihre Richtungen senkrecht angenommen werden zu den Flächen, von denen sie ausgehen, mithin auch die Richtungen ihrer Resultierenden X und Y . Sobald aber eine Verschiebung sich vorbereitet, treten längs der Flächen hemmende Kräfte durch Reibung auf, deren Gröfsen fX und $f'Y$ sind, wenn f und f' die Reibungskoeffizienten zwischen Erde und Mauerwerk bezw. zwischen Erde und Erde bedeuten. Setzt man X und fX , ebenso Y und $f'Y$ zu Resultierenden zusammen, so bilden deren Richtungen mit den Senkrechten zu den Flächen die sogen. „Reibungswinkel“, d. h. Winkel, deren Tangenten bezw. gleich f und f' sind.

Zieht man also durch S zwei Linien, welche mit den Senkrechten SG und SH auf DC und DF die beziehlichen Reibungswinkel α und ϱ bilden und zerlegt P nach diesen Richtungen in zwei Komponenten E und Q , so ist E der die Mauer belastende „resultierende Erddruck“.

Bei dieser Untersuchung ist die Lage der durch DF bestimmten Ebene, nach der das Abgleiten stattfindet, unbestimmt geblieben. Früher nahm man an, sie würde eine dem Reibungswinkel ϱ , der mit dem natürlichen Böschungswinkel übereinstimmt, gleiche Neigung haben, weil sich nach Entfernung der Mauer die Oberfläche des Bodens unter diesen Winkel einstellt. — Wenn man indessen mit einer dem natürlichen Böschungswinkel gleichen Neigung beginnend nach und nach für immer gröfsere den Erddruck ermittelt, so findet man, dafs derselbe anfangs gröfser und weiterhin wieder kleiner wird, also einen gröfsten Wert erreicht. Diesen gröfsten Wert ermittelt man in praktischen Fällen am schnellsten durch graphische Bestimmungen des Erddruckes für verschiedene Lagen von DF , die man etwa als Ordinaten zu den Werten des Neigungswinkels als Abszissen aufträgt und durch eine stetige Linie verbindet.

Ist wie in Fig. 174 die Hinterwand der Mauer lotrecht und die Erde mit deren Krone horizontal abgeglichen, so kann man die Aufgabe auf folgende Art vereinfachen. — Es sei DF die dem gröfsten Erddruck entsprechende Gleitfläche, ihre Neigung $FDH = \alpha$. Das Gewicht der Erdmasse sei durch die im Schwerpunkte S des Dreieckes CDF angreifende Mittelkraft P ersetzt. Es werde nun der zu berechnende Erddruck dadurch vergrößert, also die Sicherheit vermehrt, dafs man die Reibung der Erde gegen die Mauer gleich Null setzt. Dann wäre P zu zerlegen in eine Seitenkraft E senkrecht zu CD und in eine zweite Q , welche mit der Senkrechten ST zu DF den Reibungswinkel ϱ bildet, dann ist

$$E = P \cdot \operatorname{tg} (\alpha - \varrho).$$

Ist h die Höhe der Mauer, so ist

$$CF = h \cdot \operatorname{tg} (R - \alpha).$$

Betrachtet man ein Stück der Mauer von der Länge l senkrecht zur Figur, und ist γ das Gewicht der Kubikeinheit der Erde, so ist

$$P = \gamma (\triangle CDF) = \frac{1}{2} \gamma h^2 \cotg \alpha,$$

mithin

$$E = \frac{1}{2} \gamma h^2 \tg (R - \alpha) \cdot \tg (\alpha - \varrho).$$

Dieser Ausdruck erreicht seinen größten Wert für $\alpha = \frac{1}{2} (R + \varrho)$. Setzt man denselben ein, so folgt

$$\begin{aligned} E &= \frac{1}{2} \gamma h^2 \tg \left(\frac{R - \varrho}{2} \right) \cdot \tg \left(\frac{R - \varrho}{2} \right), \\ &= \frac{1}{2} \gamma h^2 \tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varrho}{2} \right). \end{aligned}$$

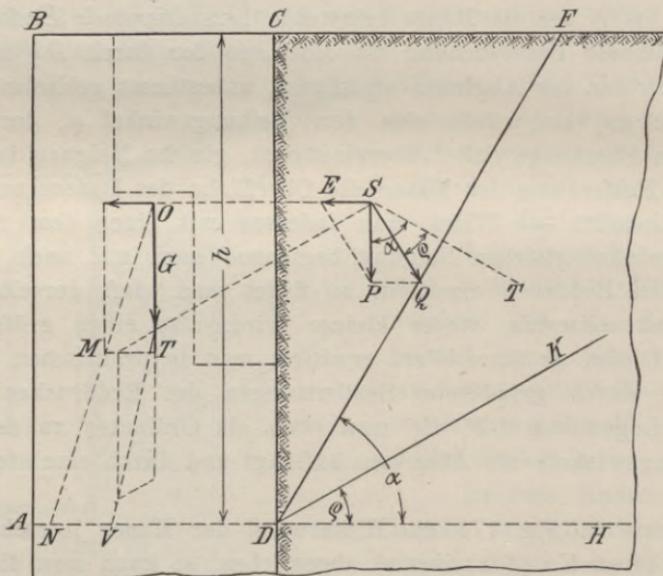


Fig. 174.

Beispielsweise ist in Fig. 174 der Maßstab zu 1 m gleich 1 cm gewählt, ferner die Höhe der Mauer h gleich 6 m und der natürliche Böschungswinkel der aus trockenem Sande bestehenden Hinterfüllung wurde zu 30° angenommen. Dann ist DK so gezogen, daß $\sphericalangle KDH = 30^\circ$ und DF als Halbierungslinie von $\sphericalangle KDC = \varrho + \frac{1}{2}(R - \varrho) = 45^\circ + \frac{\varrho}{2} = \alpha$. Mithin entspricht DF derjenigen Abgleitungsfläche, bei welcher der größte Wert des Erddruckes E erreicht wird.

Nimmt man die betrachtete Länge der Mauer senkrecht zur Figur beiderseits 0,5, also im ganzen zu 1 m, so ist der Kubikinhalte der

als ableitend angenommenen Erde gleich dem Inhalt des Dreieckes $CDF = 6 \times 3,4 : 2 = 10,2$ qm mal 1. Ist γ das Gewicht der Kubikeinheit, so wiegt die ableitende Erde $10,2 \gamma$. Wir können dasselbe durch eine im Schwerpunkte S des Dreieckes CDF wirkende Kraft P ersetzt denken und diese durch eine lotrechte Linie von $10,2$ mm Länge darstellen. Sie wäre nach obigem in zwei Komponenten E und Q zu zerlegen, von denen erstere normal steht zu CD und letztere mit der Senkrechten ST zu DF den Reibungswinkel ϱ einschließt. Zeichnet man diese Komponenten, so wird die Länge von E gleich $5,9$, mithin der Erddruck $5,9 \gamma$. Um nun die Standfähigkeit der Mauer zu untersuchen, ist deren Gewicht zu berechnen. Sie ist 6 m hoch und 3 m breit, mithin ihr Querschnitt $6 \times 3 = 18$ qm und ihr Inhalt 18 cbm, also ihr Gewicht gleich 18γ , wenn das Gewicht von 1 cbm Mauerwerk ebenfalls gleich γ gesetzt wird.

Das Gewicht ist durch eine durch den Schwerpunkt des Profiles gehende lotrechte Linie von 18 mm Länge darzustellen und mit E zu einer Mittelkraft OM zu vereinigen, indem man die Angriffspunkte beider Kräfte nach ihrem Durchschnittspunkt O verlegt.

Die Länge der Mittelkraft ist 19 mm; mithin ihre Gröfse 19γ . Ihre Verlängerung trifft AD in N . Da N zwischen A und D liegt, so ist keine Gefahr, dafs die Mauer um A als Drehpunkt umgeworfen wird; denn die Resultierende aller die Mauer beanspruchenden Kräfte erstrebt eine entgegengesetzte Drehung. Auch ist ohne besondere Untersuchung ersichtlich, dafs, wenn die Kraft M in N in eine horizontale und in eine lotrechte Seitenkraft zerlegt wird, erstere wegen zu grofser Reibung keine Verschiebung der Mauer längs AD bewirken kann. Es bliebe also noch zu untersuchen, ob die sehr ungleiche Verteilung des Druckes von M auf die Fuge AD nicht eine Zerstörung des Materiales bei A bewirken könnte. Darüber findet sich näheres in der Baukunde. Nach einer in der Praxis vielfach angenommenen Regel würde die Mauer gefährdet sein, weil der Schnittpunkt N näher als $\frac{1}{3}$ der Fugenlänge AD an die Kante A rückt und ein etwas ungleiches Setzen der Mauer ihn über A hinaus verlegen könnte.

Wenn indessen die Hinterfüllung durch gute Entwässerung vor überschiefsender Nässe geschützt wird, erscheint es zulässig, zwar bei der Berechnung der Gröfse des Erddruckes die Reibung zwischen Erde und Mauer zu vernachlässigen, aber dieselbe doch bei Bestimmung seiner Richtung zu berücksichtigen.

Dies voraussetzend pflegt man ausserdem anzunehmen, dafs die Reibung zwischen Sand und Mauerwerk ebenso grofs ist, wie zwischen Sand und Sand, zieht also ST so, dafs $\sphericalangle EST$ gleich ist dem Reibungswinkel ϱ und nimmt diese Linie als Richtung des resultierenden Erd-

druckes $E = 18 \gamma$, verlegt den Angriffspunkt von S zum Durchschnittspunkt T mit der Mittelkraft $G = 19 \gamma$ des Gewichtes der Mauer und zeichnet die Resultierende. Diese schneidet AD in V , und es ist AV gerade gleich $\frac{1}{3}AD$. Die Mauer wäre demnach noch eben stark genug. Zur Ersparung von Mauerwerk pflegt man solche Mauern der punktierten Linie entsprechend abzustufen. Dadurch wird hinsichtlich der Standfähigkeit bei AD nichts geändert, weil die auf den höheren Stufen ruhende Erde das Mauerwerk ersetzt, doch muß man für jede andere Stufe die Standfähigkeit besonders untersuchen.

Passiver Erddruck. Wenn der Bogen eines Brückengewölbes sich gegen eine Futtermauer stützt, so hat diese dem Schube des Gewölbes zu widerstehen und ihre Widerstandsfähigkeit wird durch den Erddruck erhöht, den man im Gegensatz zum „aktiven“ als „widerstehenden“ oder „passiven“ Erddruck bezeichnet. Bei der Berechnung desselben nimmt man auch an, daß die zurückweichende Mauer ein Erdprisma auf einer ebenen Fläche verschieben würde und bringt höchstens den Erddruck in Rechnung, welcher dem Prisma des „geringsten Widerstandes“ entspricht, das man durch Zeichnen in ähnlicher Weise bestimmt, wie dasjenige des größten aktiven Erddruckes. Man darf jedoch wegen der großen Zusammendrückbarkeit der Erde nicht zu viel auf ihre Widerstandsfähigkeit vertrauen.

Kapitel IV.

Anwendungen auf besondere Aufgaben.

Dabei ist zu beachten, daß alle Längen ohne besonderen Zusatz mm bedeuten sollen.

§ 60.

Die Berechnung gewalzter eiserner Träger wird erleichtert durch Tabellen über deren übliche Abmessungen, Gewichte und Widerstandsmomente. Man erhält sie von den Walzwerken oder aus technischen Taschenbüchern. Nachstehend ein Auszug für Doppel-T-Träger (Fig. 175).

Normallängen = 4—10 m. Größte Längen = 14 m.

Neigung der inneren Flanschflächen = 14° .

Abrundungshalbmesser zwischen Steg und Flansch $R = d$.

Abrundungshalbmesser der inneren Flanschenden $r = 0,6 d$.

Die Flanschdicke t ist im Abstände $\frac{1}{4} b$ von der Kante gemessen. (Vergl. Teil II, S. 93.)

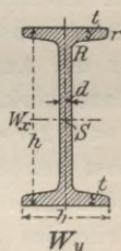


Fig. 175.

Profil-Nr.	Höhe h mm	Breite b mm	Dicke:		Querschnitt qcm	Gewicht f. d. lfd. m kg	Widerstandsmomente		Profil-Nr.
			Steg d mm	Flansch t mm			W_y ccm	W_x ccm	
10	100	50	4,5	6,8	10,6	8,3	4,86	34,1	10
15	150	70	6,0	9,0	20,4	15,9	12,5	97,9	15
20	200	90	7,5	11,3	33,4	26,1	25,9	214	20
25	250	110	9,0	13,6	49,7	38,7	46,4	396	25
30	300	125	10,8	16,2	69,0	53,8	71,9	652	30

Beispiel. Ein auf zwei 6 m voneinander entfernten Stützen liegender Doppel-T- oder I-Träger soll berechnet werden für eine gleichförmig verteilte Belastung von 520 kg für je 1 m Länge.

Mit Beziehung auf § 52 ist die Last $G = 520 \times 6 = 3120$ kg. Die freie Länge $l = 600$ cm, mithin das Bruchmoment:

$$Gl : 8 = 3120 \times 600 : 8 = 234000 = k \cdot W = 700 W.$$

Daraus folgt $W = 334$.

Wenn also weiter keine Träger zu haben sind, als die in obiger Tabelle verzeichneten, so ist Profil 25 zu nehmen. Es wiegt für 1 m Länge 38,7 kg, mithin für 6 m Länge 232,2 kg. Diese Last ist dem oben berechneten G hinzuzufügen, um die wirkliche Belastung zu finden. Diese wäre $3120 + 232 = 3352$ und

$$W = (3352 \times 600) : (8 \times 700) = 359.$$

Das Profil 25 ist also auch mit Berücksichtigung des Eigengewichtes ausreichend stark.

Man wird sich nun fragen, wieviel Zentimeter der Träger auf dem ihn stützenden Mauerwerk liegen muß. Wenn man den Träger auf einer zu großen Länge aufliegen läßt, wird wegen der Durchbiegung das letzte Ende keinen Druck auf das Mauerwerk übertragen. Darum macht man die aufliegende Länge höchstens gleich $1\frac{1}{2}$ mal der Höhe des Trägers, also in unserem Falle $1,5 \times 25 = 37,5$ cm. Da die Breite 11 cm beträgt, ist die Auflagerfläche $11 \times 37,5 = 412,5$ qcm. Wäre sie gewöhnliches Mauerwerk, so trägt 1 qcm 7 kg. Mithin tragen beide Auflagerflächen $2 \times 412,5 \times 7 = 5775$ kg. Da diese Zahl größer ist, als die zu tragende Last von 3352, so würde die Auflagerfläche genügen. Da indessen gewöhnliches Mauerwerk nur langsam erhärtet und die innen liegenden Teile des Auflagers stärker beansprucht werden, pflegt man doch das oberste Stück des Auflagers etwas verbreitert in Zementmörtel auszuführen, so daß etwa der Druck sich auf die doppelte Fläche gewöhnlichen Mauerwerks verteilt.

§ 61.

Zwei eiserne Stangen (Fig. 176) $ab = 960$ und $ac = 800$ sind bei a gelenkartig verbunden und ebenso bei b und c durch 72 cm voneinander entfernte Bolzen bd und ce mit einem Sandstein von 2 m Höhe, 0,5 m Breite und 0,5 m Dicke.

An a hängt eine Last von 144 kg. — Wie groß sind die in den tragenden Teilen wirkenden Kräfte?

Am Punkte a wirken drei Kräfte. Die durch af dargestellte ist bekannt nach Richtung und Größe (144 kg). Von den beiden anderen X und Y weiß man nur, daß sie in ab und ac wirken. Zur Ermittlung ihrer Größe wird $fg \parallel ab$ gezogen; dann ist $afga$ das Kräfte-dreieck (§ 23), dessen Seitenlänge $af = 144$, $fg = X$ und $ga = Y$ den Größen der Kräfte entsprechen. Da $\triangle afg \sim \triangle cba$ ist, so ist:

$$X : 144 = 96 : 72 \text{ oder } X = \frac{144 \cdot 96}{72} = 192 \text{ kg,}$$

$$Y : 144 = 80 : 72 \text{ oder } Y = \frac{144 \cdot 80}{72} = 160 \text{ kg.}$$

Die Stange ab muß, um die Kraft X auszuüben, eine Verlängerung erleiden; sie ist also auf Zerreißen zu berechnen. Nach § 53 genügt für 750 kg Belastung ein Querschnitt von 1 qcm, mithin für obige 192 oder rund 200 kg ein solcher von $200 : 750 =$ rund 0,3 qcm. — Die Stange ac ist auf rückwirkende Festigkeit beansprucht. Berechnet man sie auf einfach rückwirkende Festigkeit, so würde ihr Querschnitt $160 : 750$ gleich rund 0,22 qcm. Berechnet man sie auf Festigkeit gegen Zerknicken (§ 54), so erhält man für einen quadratischen Querschnitt von der Seite x die Gleichung

$$5 \cdot 160 = \pi^2 \frac{2000000}{80^2} \cdot \frac{x^4}{12}$$

und daraus

$$x^2 \text{ rund } 0,62 \text{ qcm,}$$

mithin ist dieser größere Querschnitt maßgebend. Die Inanspruchnahme des b haltenden Bolzens findet man durch Zerlegung der bei b angreifenden Zugkraft X nach db und senkrecht dazu.

Es wäre nun noch zu untersuchen, ob der Stein durch die Last von 144 kg nicht umgerissen wird. Dabei würde er sich um die Kante h drehen. Diese Drehung kann nicht stattfinden, wenn das im Schwerpunkte vereinigt gedachte Gewicht G des Steines ein größeres Moment hat als die Kraft $af = 144$ kg. — Nun ist der Inhalt des Steines

$$2 \times 0,5 \times 0,5 = 0,5 \text{ cbm,}$$

1 cbm wiege 2500 kg, dann ist

$$G = 1250 \text{ kg}$$

und das Moment in bezug auf die Kante h

$$hk \cdot G = 0,25 \cdot 1250 = 312 \text{ kgm,}$$

das Moment der Last ist kleiner als

$$144 \sqrt{0,96^2 - (0,72 : 2)^2} = 128 \text{ kgm,}$$

also kleiner wie das des Steines, folglich wird dieser nicht umgerissen.

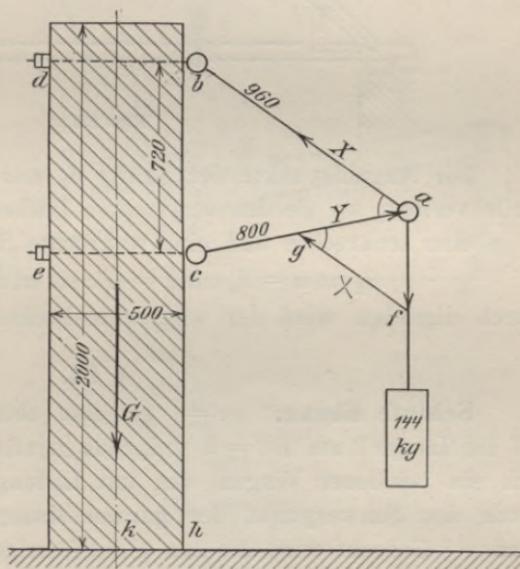


Fig. 176.

§ 62.

Hängewerk. Der wagrechte Balken Fig. 177 sei so belastet, daß jede der beiden Hängesäulen eine Last Z trägt. Es sind die Kräfte zu berechnen, welche Streben und Spannriegel beanspruchen.

Man denke sich Z nach § 23 in zwei Seitenkräfte S_1 und S_2 nach den Richtungen von Streben und Spannriegel zerlegt, dann ist:

$$Z : S_1 = \sin \alpha \text{ oder } S_1 = Z : \sin \alpha,$$

$$S_2 : Z = \cotg \alpha, \text{ mithin } S_2 = Z \cotg \alpha.$$

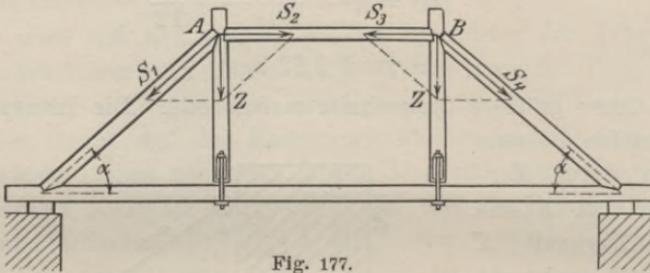


Fig. 177.

Die Angriffspunkte der Kräfte S_1 und S_2 denke man sich nach der Stelle verlegt, wo sie den wagrechten Balken treffen und zerlege sie dort in je eine senkrechte und eine wagrechte Seitenkraft. Letztere werden:

$$S_1 \cos \alpha = S_4 \cos \alpha = (Z : \sin \alpha) \cos \alpha = Z \cotg \alpha.$$

Durch dieselben wird der wagrechte Balken auf Zerreißen beansprucht.

§ 63.

Schiefe Ebene. $ac = l$ sei eine ebene, gegen die Horizontale ab auf die Länge l um $BC = h$ steigende StraÙe (Fig. 178). Auf ihr befinde sich ein beladener Wagen, der mit Ladung Q kg wiegt und von einer durch den Schwerpunkt der ganzen Masse gehenden Kraft Z gezogen wird. — Gesucht wird die zur gleichförmigen Fortbewegung des Wagens nötige Zugkraft Z .

Das Gewicht des Wagens mit Ladung werde durch die im Schwerpunkte S angreifende Mittelkraft Q ersetzt. Außerdem wirken auf die Räder des Wagens Gegendrucke der StraÙe, deren Resultierende X wegen der vorausgesetzten gleichförmigen Bewegung (Beharrungszustand) mit den Kräften Q und Z im Gleichgewicht sein muß und deshalb als in S angreifend gedacht werden kann. Man ziehe ef senkrecht zu ac durch S , α sei der Winkel von ef mit Q und β derjenige mit X . Q und X mögen in Seitenkräfte parallel und senkrecht zu ac zerlegt werden, dann muß wegen des Gleichgewichtes die algebraische Summe der Kräfte in beiden Richtungen Null sein (§ 35) oder

$$Z = Q \sin \alpha + X \sin \beta; \text{ und } Q \cos \alpha = X \cos \beta.$$

Die Erfahrung lehrt, daß die Komponente $X \sin \beta$ genau genug gleich $f \cdot X \cos \beta$ gesetzt werden kann, wobei f eine Zahl bedeutet, deren besonderer Wert dem Durchmesser der Räder umgekehrt proportional ist und außerdem von der Beschaffenheit der StraÙe und der Achsenreibung der Räder abhängt. Da ferner $\sin \alpha = \frac{h}{l}$, so ist

$$Z = Q \frac{h}{l} + f \cdot X \cdot \cos \beta = Q \left(\frac{h}{l} + f \cos \beta \right).$$

Für gewöhnliche Lastwagen und Wege setzt man $\cos \alpha = 1$ und je nach dem Zustande der Fahrbahn bei Chausseen $f = \frac{1}{50}$ bis $\frac{1}{20}$, bei Erdwegen $f = \frac{1}{40}$ bis $\frac{1}{15}$, bei Sandwegen $f = \frac{1}{9}$ bis $\frac{1}{5}$.

Beispiel.

Wieviel Zugkraft erfordert ein gewöhnlicher Wagen, dessen Gewicht mit Last 2000 kg beträgt, auf einer im mittleren Zustande befindlichen, horizontalen, beziehungsweise mit 5 ‰ geneigten StraÙe?

— Setzt man

$f = \frac{1}{25}$, so wird im ersten Falle $Z = 2000 : 25 = 80$ kg; im zweiten $Z = 2000 \cdot 0,05 + 2000 : 25 = 180$ kg.

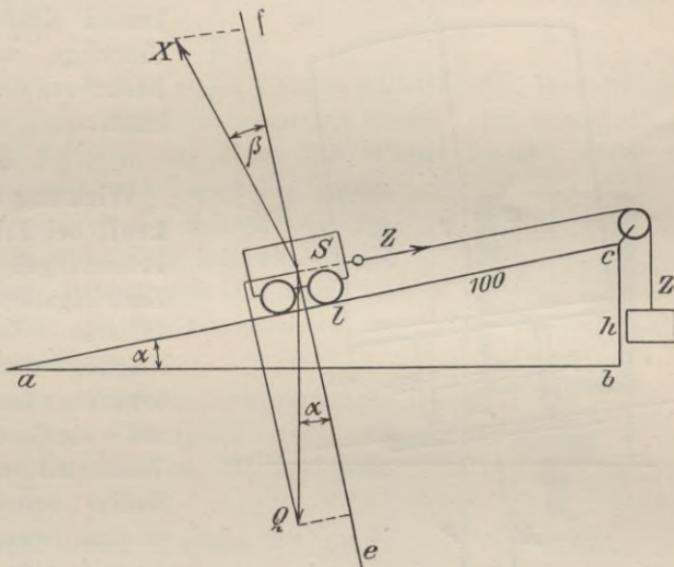


Fig. 178.

§ 64.

Zentrifugalkraft bei Eisenbahnen (Fig. 179). Der Schwerpunkt S eines Eisenbahnwagens bewege sich in einem Kreisbogen von 200 m Radius mit einer Geschwindigkeit von 60 km in der Stunde. Man soll unter der Annahme, daß die Masse des Wagens in seinem Schwerpunkte vereinigt gedacht werden kann, die Größe der Zentrifugalkraft bestimmen.

Die Geschwindigkeit v des Schwerpunktes in der Sekunde beträgt $60 : 60 \times 60 = 1 : 60$ km = $100 : 6$ m. Ist dann P das im Schwerpunkte vereinigt gedachte Gewicht des Wagens, so ist nach § 12 die Zentrifugal-

kraft

$$C = \frac{P}{9,81} \cdot \frac{(100 : 6)^2}{200} = 0,142 P.$$

Daraus folgt:

$$\frac{C}{P} = 0,142.$$

Setzt man statt C und P ihre Mittelkraft M , so bildet diese mit der Vertikalen einen Winkel α , dessen Tangente $= 0,142$. Damit nun der Wagen beim Fahren nicht gegen die äußere Schiene zur Entgleisung gedrängt wird, legt man die Schienen auf eine unter dem Winkel α gegen die Horizontale geneigte Unterlage, dann steht die Resultierende M der auf den Wagen wirkenden Kräfte senkrecht zur Unterlage, und er hat kein Bestreben, die Schiene zu verlassen.

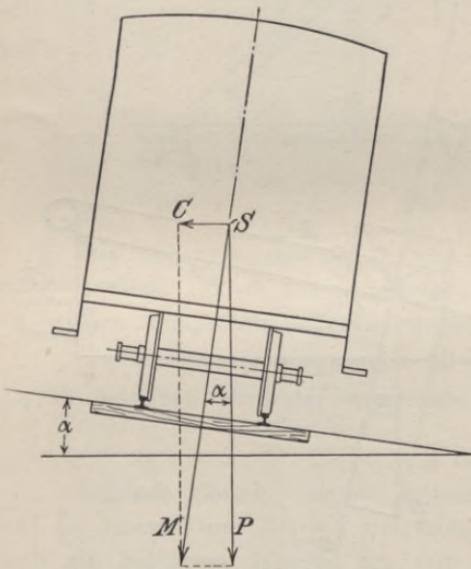


Fig. 179.

Die Mittelkraft von c und p bildet, wie im letzten Paragraphen, mit der Lotrechten einen Winkel α , so dafs

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{g} \cdot \frac{v^2}{r}.$$

Da der Wasserspiegel sich stets senkrecht einstellt zu den auf die Wasserteilchen wirkenden Kräften (§ 66), so ist an der betrachteten Stelle seine Durchschnittslinie mit der durch den Krümmungsmittelpunkt gehenden lotrechten Ebene um den Winkel α gegen die Wagrechte geneigt.

§ 65.

Wirkung der Zentrifugalkraft bei Flüssen. In Flußkrümmungen wird durch die Zentrifugalkraft eine nach der äußeren Seite ansteigende Neigung des Wasserspiegels bewirkt. Ist p das Gewicht und v die Geschwindigkeit eines Wasserteilchens und r der Radius des Kreises, in dem es sich bewegt, so ist dessen Zentrifugalkraft c nach § 12:

$$c = \frac{p}{g} \cdot \frac{v^2}{r} \text{ oder } \frac{c}{p} = \frac{1}{g} \cdot \frac{v^2}{r}.$$

Kapitel V.

Hydrostatik oder Lehre vom Gleichgewichtszustand der Flüssigkeiten.

§ 66.

Die Oberfläche des in einem Gefäße stillstehenden Wassers oder einer andern Flüssigkeit bildet eine wagrechte Ebene. Dies kommt daher, weil die kleinsten Teilchen, aus denen das Wasser besteht, durch die geringste Kraft gegeneinander verschoben werden können, und alle vermöge der Schwere das Bestreben haben, sich soweit als möglich lotrecht abwärts zu bewegen. Befände sich also irgend ein Wasserteilchen höher als die benachbarten, so würde es sofort herabfließen.

Allgemeiner kann man dies so aussprechen:
Die Oberfläche einer Flüssigkeit stellt sich senkrecht ein zu den Kräften, die auf jedes Teilchen einwirken.

So bildet das Wasser in einem mit gleichförmiger Geschwindigkeit um eine lotrechte Achse rotierenden Zylinder (Fig. 180) eine krumme Oberfläche (Paraboloid). Hier wirkt auf jedes rotierende Teilchen außer der Schwerkraft noch die durch Rotation erzeugte Zentrifugalkraft in horizontaler Richtung. Beide zusammen wirken wie eine schräg gerichtete Kraft, und zu dieser stellt sich die Oberfläche senkrecht ein. Daher ist in der Drehachse selbst die Oberfläche wagrecht, weil hier die Zentrifugalkraft Null ist, und die Fläche wird mit der Entfernung von der Achse steiler wegen der wachsenden Fliehkraft.

Auch an den Wänden der Gefäße beobachtet man oft ein Ansteigen der Oberfläche, nämlich dann, wenn die an der Wand liegenden Wasserteile von dieser stärker angezogen werden, als sie sich untereinander anziehen. Hierauf beruht das Aufsteigen des Wassers in engen Glasröhren und in entsprechenden sehr engen Zwischenräumen des Erdbodens. (*Kapillar- oder Haarröhrchenkraft.*)

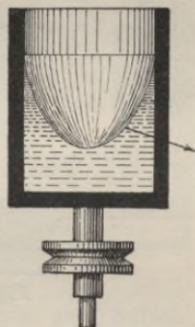


Fig. 180.

§ 67.

Fortpflanzung des Druckes. Ist eine Flüssigkeit allseitig eingeschlossen, und wird auf einen Teil ihrer Oberfläche ein Druck ausgeübt, so erleiden alle ebenso grossen Teile der Gefäßwände von der Flüssigkeit einen ebenso grossen *senkrecht gegen die Gefäßwände gerichteten* Druck. Um diese auf der leichten Verschiebbarkeit beruhende Fortpflanzung des Druckes zu erweisen, kann man den aus zwei miteinander verbundenen Zylindern bestehenden Apparat (Fig. 181) benutzen. Er enthält Wasser und darüber zwei leicht bewegliche, dicht eingeschliffene, massive Kolben aus gleichem Material und von gleicher Höhe. Hat nun der grössere Kolben den 100fachen Querschnitt und mithin auch das 100fache Gewicht des kleinen, so wird diese auf der Flüssigkeit ruhende Last doch den kleinen Kolben nicht empordrücken; denn obgleich dieser 100mal weniger auf der Flüssigkeit lastet, ruht diese Belastung auch auf einer 100mal

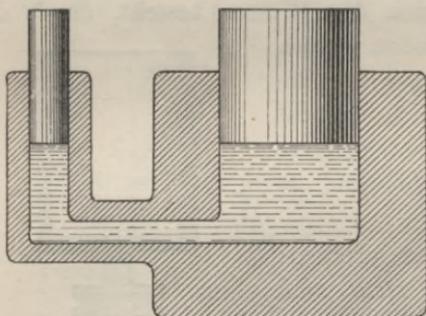


Fig. 181.

kleineren Fläche. Der Druck auf die Flächeneinheit ist also an den Grundflächen beider Kolben derselbe.

Setzt man nun auf den kleinen Kolben 1 kg, so wird der grosse sofort aufsteigen, und man muss ihn mit 100 kg belasten, um das Gleichgewicht herzustellen. In dieser Weise wird bei der hydraulischen Presse durch einen geringen Druck ein

sehr grosser hervorgebracht. Mancher glaubt auch, es würde an Arbeitskraft oder Energie gewonnen. Eine leichte Überlegung zeigt, dass dies nicht der Fall ist. Denn lassen wir das eine Kilogramm auf dem kleinen Kolben 100 mm heruntergehen, so wird das dadurch verdrängte Wasser den grossen Kolben, wegen seiner 100mal grösseren Grundfläche, nur um 1 mm heben können. Die aufgewendete Arbeit ist dann $1 \times 100 = 100$ kgmm und die geleistete $100 \times 1 = 100$ kgmm. Beide sind also, wie es sein muss, wenn von Nebenwiderständen abgesehen wird, gleich gross.

Die *Zusammendrückbarkeit* des Wassers ist sehr gering, denn eine drückende Kraft von 1 kg auf das Quadratcentimeter (1 Atmosphäre) drückt das Wasser nur um 50 Millionstel seines Rauminhaltes zusammen. Für die Praxis ist daher das Wasser nicht in erheblicher Weise zusammendrückbar.

§ 68.

Prinzip des Archimedes. Es ist ein von selbst einleuchtender Grundsatz der Mechanik, dass der Zustand des Gleichgewichts eines

Systems nicht gestört wird, wenn man, ohne sonst etwas zu ändern, Teile fest macht, die vorher beweglich waren. So möge man sich in der ruhenden Wassermasse (Fig. 182) einen beliebig gestalteten Teil K des Wassers plötzlich erstarrt denken, dann wird er genau ebenso ruhig von der umgebenden Flüssigkeit getragen werden, wie vorher. Nun wirkt aber auf den Körper die Schwerkraft und zieht ihn genau ebenso abwärts, wie dies eine im Schwerpunkt S angebrachte Kraft P tun würde, die dem Gewicht des Körpers gleich ist. Damit also keine Bewegung eintreten kann, müssen die von der Flüssigkeit senkrecht gegen die Oberfläche von K wirkenden Druckkräfte des umgebenden Wassers in ihrer Gesamtheit eine Wirkung hervorbringen, wie eine Kraft W , welche P gleich und entgegengesetzt ist. Man denke nun den Körper K durch einen festen Körper von genau derselben Gestalt ersetzt. Dann wirken die Druckkräfte der Flüssigkeit auf seine Oberfläche genau ebenso, wie vorhin auf den Körper K , d. h. wie eine lotrecht aufwärts gerichtete Kraft, die im Schwerpunkte des verdrängten Wassers (*Mittelpunkt des Druckes* genannt) angreift, und deren GröÙe dem Gewichte desselben gleich ist. Denkt man sich den Körper durch einen Faden an dem einen Arm einer ins Gleichgewicht gebrachten Wage aufgehängt und dann in die Flüssigkeit eingetaucht, so wird es gerade so sein, als ob der Körper von seinem Gewichte ebensoviel verloren hätte, als von demselben durch die Flüssigkeit getragen wird. Darum wird das Gesetz des Archimedes gewöhnlich so ausgesprochen: *Ein eingetauchter Körper verliert so viel an Gewicht, wie die Flüssigkeit wiegt, die er verdrängt.*

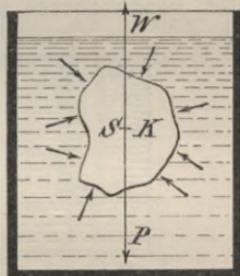


Fig. 182.

§ 69.

Schwimmende Körper. Aus dem vorigen Paragraphen läßt sich leicht folgern, daß ein schwimmender Körper, dessen Schwerpunkt mit dem der verdrängten Flüssigkeit zusammenfällt, in beliebiger Lage schwimmt, daß aber sonst das Gleichgewicht nur eintritt, wenn die beiden Schwerpunkte lotrecht übereinander liegen. Befindet sich indessen der Schwerpunkt des Körpers über dem der verdrängten Flüssigkeit, so ist das Gleichgewicht *labil*, d. h. der Körper wird bei der geringsten Drehung ganz umschlagen, bis sein Schwerpunkt unter dem andern liegt, und so ein *stabiler* Gleichgewichtszustand eintritt.

§ 70.

Auftrieb eines Zylinders. Man denke sich von der Flüssigkeit (Fig. 183a) einen lotrechten, bis zur Oberfläche reichenden zylindrischen

oder prismatischen Körper abgesondert. Er wird von der umgebenden Flüssigkeit getragen. Da aber die seitlich wirkenden Druckkräfte sämtlich wagrecht sind, so sind es nur die gegen die Grundfläche wirkenden, lotrecht aufwärts gerichteten Kräfte, die dem Fallen entgegenwirken. Ihre Gesamtheit, oder der sogen. Auftrieb, muß deshalb gleich dem Gewichte des Körpers sein. Ist nun F die Größe der Grundfläche und h die Höhe des Körpers, so ist sein Inhalt gleich Fh und wFh sein Gewicht, wenn w das Gewicht einer Kubikeinheit Flüssigkeit bedeutet.

Der aufwärts gerichtete Druck gegen eine wagrechte ebene Fläche von F qcm Inhalt, die sich h cm unter dem Wasserspiegel befindet, beträgt Fh Gramm, da $w = 1$ g.

§ 71.

Bodendruck. Denkt man sich statt des Körpers im vorigen Paragraphen die umgebende Flüssigkeit erstarrt (Fig. 183 *b*), so ist der Bodendruck, den der flüssig gebliebene Teil auf die wagrechte Grundfläche ausübt, genau ebenso groß oder wFh .

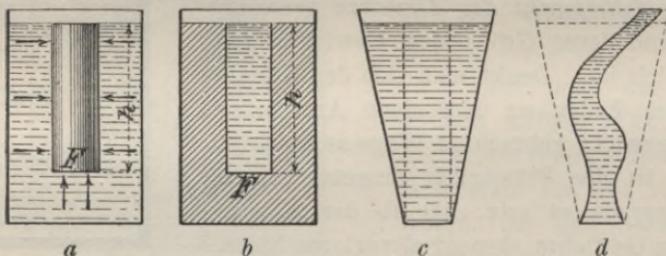


Fig. 183.

Erweitert sich das über dem Boden befindliche Gefäß (Fig. 183 *c*) nach oben hin, so kann man sich, ohne etwas zu ändern, alles Wasser erstarrt denken, das sich nicht lotrecht über dem Boden befindet. Dann hat man den eben behandelten Fall, mithin auch jetzt den Bodendruck gleich wFh .

Hat das Gefäß eine ganz beliebige Gestalt (Fig. 183 *d*), so kann man sich immer, wie in der Figur punktiert ist, ein nach oben sich erweiterndes Gefäß denken, aus dem jenes dadurch entstanden ist, daß man einen Teil der Flüssigkeit fest werden läßt. Mithin gilt allgemein:

Der Druck, den eine Flüssigkeit auf einen wagrechten Boden ausübt, ist gleich der Größe des Bodens mal dessen lotrechtem Abstände vom Flüssigkeitsspiegel mal dem Gewicht einer Kubikeinheit der Flüssigkeit.

§ 72.

Kraft zur Hebung eines Ventils. Ein rundes Ventil von 10 cm Durchmesser (Fig. 184) liegt 80 cm unter dem Wasserspiegel. Dasselbe

wird durch Ziehen an einer Stange S geöffnet; man soll berechnen, wie viel Kraft dazu gehört. Die ziehende Kraft hat den Druck zu überwinden, der auf dem Ventil lastet. Er ist (§ 71)

$$\frac{\pi 10^2}{4} 80 = 78,54 \times 80 = 6283 \text{ g}$$

oder rund 6,3 kg. Addiert man dazu das Gewicht des Ventils, so hat man die Antwort.

§ 73.

Druck gegen lotrechte ebene Wände. Fig. 185 zeigt den Durchschnitt eines Flüssigkeit enthaltenden Gefäßes, dessen eine Wand BD ein lotrecht stehendes Rechteck sein soll, benetzt bis zur Höhe h und in seiner Breite b . Man denke sich durch eine wagrechte Ebene EF die Flüssigkeit in einen oberen Teil O und einen unteren U zerlegt. Dann drückt O auf jeden Punkt der Oberfläche von U mit dem Gewicht einer lotrechten Wassersäule vom Punkte E bis zum Spiegel AB . Ihre Höhe sei e . Da nach § 67 dieser Druck in U nach

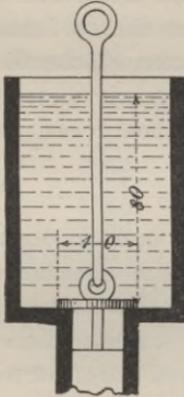


Fig. 184.

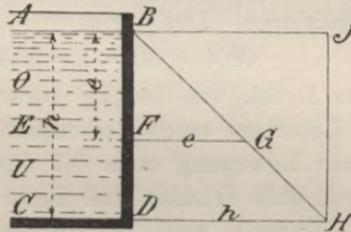


Fig. 185.

allen Richtungen in gleicher Stärke sich fortpflanzt, so erfährt auch der Punkt F der lotrechten Wand einen senkrecht zu dieser gerichteten Druck, der durch FG gleich e dargestellt werden möge. In dieser Weise denke man in jedem Punkte der vertikalen Wand eine Linie gezogen, die den daselbst stattfindenden Druck darstellt. Die Gesamtheit dieser Linien bildet ein dreiseitiges Prisma vom Querschnitt BDH . Man denke sich nun zu jedem der Drucke so viel hinzugefügt, dafs die Summe gleich h wird. Dann erhält der den Druck darstellende Körper den Querschnitt $BDHJ$ und ist genau doppelt so grofs wie zuvor. Da der Druck an jeder Stelle der Wand jetzt einer Wassersäule von der Höhe h entspricht, so ist er gleich Grundfläche bh mal Höhe h mal dem Gewicht w der Kubikeinheit Flüssigkeit. Der Druck auf die lotrechte Wand ist halb so grofs, mithin gleich

$$\frac{1}{2} w b h^2.$$

Soll nun außer ihrer Größe auch die Lage der Mittelkraft aller Wasserdrucke gegen die Wand BD gefunden werden, so ist zu beachten, daß dieselbe durch das Wasser ebenso gedrückt wird, wie sie bei horizontaler Lage durch die Schwerkkräfte des gedachten Prismas vom Querschnitt BDH gedrückt werden würde. Nun lassen sich letztere durch eine im Schwerpunkte des Prismas angreifende Mittelkraft ersetzen, und diese liegt um ein Drittel der Höhe BD des Dreiecks BDH von der Grundlinie DH entfernt (§ 40). Folglich trifft auch die horizontal gerichtete Mittelkraft aller die Wand DB belastenden Wasserdrucke die lotrechte Mittellinie dieser Wand in ein Drittel ihrer Höhe h über DH .

§ 74.

Kraft zum Aufziehen einer lotrecht stehenden Schütze. Fig. 186 zeigt, von der Wasserseite gesehen, den Schieber einer Schleuse von 80 cm Breite, 60 cm Höhe und 4 cm Dicke. Es ist die zum Aufziehen nötige Kraft P zu bestimmen. — Wenn das Wasser bis zum oberen Rande des Schützenbrettes reicht, so ist die Größe der gedrückten Fläche $60 \times 80 = 4800$ qcm. Um den Gesamtdruck zu erhalten, müssen wir diese Fläche mit der halben Höhe ($60 : 2 = 30$) und dem Gewicht von 1 ccm Wasser (1 g) multiplizieren. Das ergibt

$$4800 \times 30 \times 1 = 144000 \text{ g} = 144 \text{ kg.}$$

Dieser Druck von 144 kg verursacht zwischen dem Schützenbrett und seiner Unterlage einen Reibungswiderstand, der beim Übergange von der Ruhe zur Bewegung etwa 0,7 des Druckes ausmacht, wenn vorausgesetzt wird, daß Schütze und Unterlage beide aus nassem Eichenholz bestehen. Demnach muß P , um diesen Widerstand zu überwinden, $0,7 \times 144 = 101$ kg sein.

Nun hat aber P noch das Gewicht des Schleusenbrettes zu heben. Dasselbe nimmt einen Raum von $60 \times 80 \times 4 = 19200$ ccm ein. Da 1 ccm nasses Holz etwa ebensoviel wiegt, wie 1 ccm Wasser oder 1 g, so ist das gesuchte Gewicht gleich 19200 g oder rund 19 kg. Rechnet man für Leisten und an der Schleuse befestigte Eisenteile noch 20% oder rund 4 kg dazu, so erhält man 23 kg.

Somit ist die gesuchte Kraft beim Übergange von der Ruhe zur Bewegung gleich $101 + 23 = 124$ kg. Sobald die Bewegung eingeleitet ist, fällt der Reibungswiderstand auf die Hälfte, und die Kraft P ist deshalb um $101 : 2 = 50$ kg kleiner zu veranschlagen.

§ 75.

Druck gegen eine geneigte ebene Fläche. BC (Fig. 187) sei der Schnitt einer ebenen, vom Wasser gedrückten Fläche von beliebiger Gestalt, und P ein Punkt derselben; e sei die lotrechte Entfernung

von P bis zum Wasserspiegel. Dann ist der in P senkrecht zur Fläche BC gerichtete Druck des Wassers nach der in § 73 befolgten Schlussweise durch eine senkrecht zur Fläche BC in P errichtete Linie PQ gleich e darzustellen. Denkt man in jedem Punkte der Fläche BC eine solche den Wasserdruck darstellende Senkrechte errichtet, so bestimmt die Gesamtheit dieser Senkrechten einen Körper $CBDE$, den wir uns aus einem Material gefertigt denken wollen, von dem 1 ccm genau ebensoviel wiegt, wie 1 ccm Wasser. Denkt man sich nun die Fläche BC wagrecht und den Körper $CBDE$ darauf stehend, so wird offenbar die Fläche jetzt vom Körper ebenso gedrückt, wie vorher vom Wasser. Der Gesamtdruck des Wassers entspricht also dem Gewichte des Körpers $CBDE$, welches seinem Rauminhalte mal dem Gewicht der Kubikeinheit Wasser gleich ist. Den Rauminhalt mißt das Produkt aus der Grundfläche BC und einer in ihrem Schwerpunkte senkrecht auf derselben stehenden und bis zur Oberfläche DE reichenden Linie. Diese Linie ist auch gleich dem lotrechten Abstände des Schwerpunktes der Fläche BC vom Wasserspiegel. Daher gilt folgende Regel:

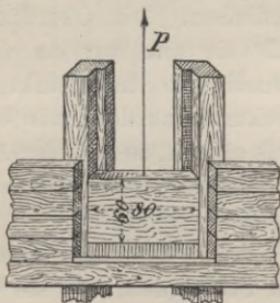


Fig. 186.

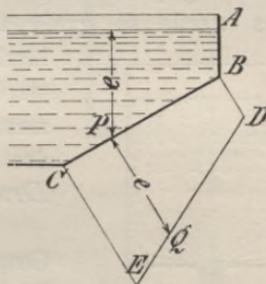


Fig. 187.

Um den Druck einer Flüssigkeit auf eine von derselben gedrückte ebene Fläche zu finden, bildet man das Produkt: Gröfse der Fläche mal lotrechtem Abstand ihres Schwerpunktes vom Wasserspiegel mal Gewicht der Kubikeinheit der Flüssigkeit. Diese Regel umfaßt die vorher entwickelten als besondere Fälle.

Um die Lage der Mittelkraft aller die Wand BC belastenden Wasserdruckkräfte zu bestimmen, sucht man den Schwerpunkt des gedachten Körpers $BCDE$ und schließt wie in § 73.

Kapitel VI.

Hydrodynamik oder Lehre von der Bewegung der Flüssigkeiten.

A. Bewegung des Wassers durch Öffnungen.

§ 76.

Ausfluss aus einer gerundeten Öffnung. Das im Gefäß (Fig. 188) enthaltene Wasser soll durch eine Öffnung, die durch sorgfältig gerundeten Übergang sich an den Boden anschließt, mit der Geschwindigkeit v durch den Mündungsquerschnitt vom Inhalt F abfließen. Die Oberfläche des Wassers werde so groß angenommen, dass sie nur mit zu vernachlässigender Geschwindigkeit herabsinkt, auch werde die in der Sekunde ausfließende Wassermenge Q durch Zufluss ersetzt, so dass der Abstand des Wasserspiegels von der Mündung, oder die *Druckhöhe* h , unverändert bleibt.

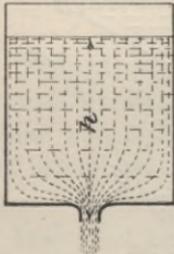


Fig. 188.

Verfolgt man nun in Gedanken eine kleine Gewichtsmenge p der Flüssigkeit, wie sie von der Oberfläche bis zum Querschnitt der Mündung herabsinkt, so erkennt man leicht, dass sie an Energie der Lage verliert, und dass ph die Größe dieses Verlustes ausdrückt. Nach § 16 würde dieser Verlust an Energie der Lage durch vermehrte Energie der Bewegung ersetzt werden, sofern keine Nebenwiderstände auftreten, und man hätte $ph = 0,5 (p : g) v^2$. Mit Rücksicht auf Reibungswiderstände und dergl., auf deren Überwindung eine Energiemenge ph_1 verbraucht werden möge, hat man

$$ph = ph_1 + \frac{1}{2} \frac{p}{g} v^2, \text{ woraus folgt } v = \sqrt{2g(h - h_1)} = \sqrt{1 - \frac{h_1}{h}} \sqrt{2gh}.$$

Der Wert, mit dem $\sqrt{2gh}$ multipliziert werden muss, um, mit Rücksicht auf Widerstände, den Wert der Ausflusgeschwindigkeit v zu erhalten, heißt *Geschwindigkeitskoeffizient*. Bezeichnet man ihn mit φ , so folgt

$$v = \varphi \sqrt{2gh} \text{ und } Q = Fv = \varphi F \sqrt{2gh}.$$

Dafs die in der Sekunde ausfliessende Wassermenge gleich dem Querschnitt F mal der Geschwindigkeit v ist, wird man leicht durch folgende Erwägung einsehen. Man denke sich alle Wasserteile, die sich zu Anfang einer Sekunde in der Mündung befinden, mit der Geschwindigkeit v eine Sekunde unter Ausschluss aller etwa jenseits der Mündung wirkenden Kräfte fortbewegt, dann beschreiben sie einen prismatischen Körper von der Basis F und der Höhe v , dessen Inhalt also Fv ist, und der die in der Sekunde ausfliessende Wassermenge darstellt.

§ 77.

Ausfluss in dünner Wand. Es möge jetzt die Ausflussöffnung sich in einer gröfseren ebenen, ganz dünnen Wand befinden, oder was dasselbe ist, die Öffnung sei nach ausen abgeschrägt, wie Fig. 189 sie, über Verhältnis erweitert, zeigt. Der austretende Strahl erscheint jetzt nicht, wie oben, als Zylinder, sondern zeigt eine konoidische Form. Man sagt, er erleide eine *Zusammenziehung* oder *Kontraktion*. Die Fig. 189 ist nach Strahlenmessungen von Bousset für eine kreisförmige Öffnung gezeichnet. Setzt man ihren Durchmesser gleich 10, so ist derselbe im Querschnitt der stärksten Kontraktion gleich 8, und dieser liegt 5 Teile von der Mündung entfernt. Um den Grund dieser Kontraktion zu erkennen, verührt man das Wasser mit wenig Kreidestaub. In Glasgefäfsen sieht man dann an der Bewegung der Staubteilchen den Weg der mit ihnen fließenden Wasserteilchen. Es zeigt sich, dafs die Wasserteilchen nicht blofs in lotrechter und schräger Richtung, sondern auch längs der wagrechten Wand der Ausflussöffnung zueilen, wie Fig. 189 durch die punktierten Bahnen oder *Wasserfäden* andeutet. Somit fliefsen die Wasserteilchen in konvergierenden Bahnen durch die Öffnung, und diese werden erst im Querschnitt der stärksten Kontraktion parallel. Deshalb wird die oben errechnete Geschwindigkeit

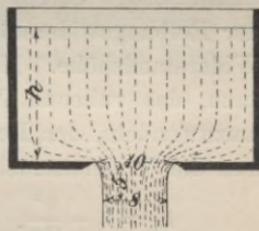


Fig. 189.

$$v = \varphi \sqrt{2gh} \quad (1)$$

hier erst im Querschnitt der stärksten Kontraktion erreicht, dessen Inhalt F_1 sein möge. Man erhält dann für die in der Sekunde ausfliessende Wassermenge

$$Q = F_1 v = \varphi F_1 \sqrt{2gh}. \quad (2)$$

Ist F der Querschnitt der Mündung, so heisst $F_1 : F$ der *Kontraktionskoeffizient*.

Wenn nun $\frac{F_1}{F} = \alpha$, so ist $F_1 = \alpha F$, und setzt man diesen Wert in (2) ein, so folgt

$$Q = \alpha \varphi F \sqrt{2gh}. \quad (3)$$

Das Produkt $\alpha \varphi$ möge μ heißen. Man nennt seinen Wert den *Ausflusskoeffizienten*. Demnach wäre

$$Q = \mu F \sqrt{2gh}. \quad (4)$$

§ 78.

Widerstandshöhe. Zur Erlangung einer Geschwindigkeit v muß das ruhend gedachte Wasser von einer Höhe $h_2 = \frac{v^2}{2g}$ herabfallen (§ 9). Diese Höhe ist kleiner als die wirklich vorhandene Druck- oder Fallhöhe h . Die Differenz $h - h_2 = h_1$ nennt man die verlorene Druck- oder die „*Widerstandshöhe*“. Vom Wasserspiegel bis zur Mündung geht Energie der Lage verloren, von der sich ein Teil als Energie der Bewegung im ausfließenden Strahl wiederfindet, der andere aber sich bei Überwindung der Reibungswiderstände in Wärme umsetzt. Dieser Teil entspricht der Widerstandshöhe. Man sagt deshalb auch, ein Teil der Druckhöhe diene dazu, das ruhende Wasser in mit der Ausflusgeschwindigkeit bewegtes umzuwandeln, der Rest werde durch die Widerstände verbraucht. Es ist nun die Widerstandshöhe

$$h_1 = h - \frac{v^2}{2g}. \quad \text{Da nun } v = \varphi \sqrt{2gh}, \text{ so folgt } h = \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{1}{\varphi^2}.$$

$$\text{Mithin } h_1 = \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{1}{\varphi^2} - \frac{v^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} \left(\frac{1}{\varphi^2} - 1 \right) = \zeta \frac{v^2}{2g}.$$

Der Zahlenwert $\frac{1}{\varphi^2} - 1 = \zeta$ heißt „*Widerstandskoeffizient*“.

§ 79.

Die Zahlenwerte für den *Geschwindigkeits-, Kontraktions-, Ausflus- und Widerstandskoeffizienten* betragen im Mittel beim Ausflus aus dünner Wand

$$\varphi = 0,96; \quad \alpha = 0,64; \quad \mu = 0,615; \quad \zeta = 0,085 \quad \text{und} \quad \mu \sqrt{2g} = 2,724,$$

und die Abweichungen dürften in praktischen Fällen 4% nicht erreichen, wenn die Wand im Umkreise von mindestens der 2^{1/2}-fachen größten Dimension der Öffnung eben ist und der Wasserspiegel als ruhend betrachtet werden kann, somit *normale Kontraktion* stattfindet.

§ 80.

Beispiele. a) Eine abgerundete Öffnung von 2 cm Weite befindet sich 50 cm unter dem Wasserspiegel eines großen Behälters. Mit welcher

Geschwindigkeit fließt das Wasser aus und in welcher Menge? — Nach § 76 ist die gesuchte Geschwindigkeit für $\varphi = 0,96$

$$v = \varphi \sqrt{2gh} = 0,96 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,5} = 0,96 \cdot 4,43 \sqrt{0,5} = 4,253 \sqrt{0,5} = 3 \text{ m.}$$

Die Wassermenge Q wird erhalten durch Multiplikation des Querschnitts F der Mündung mit v . Mithin ist

$$Q = Fv = \frac{\pi \cdot 0,02^2}{4} \cdot 3 = 0,000314 \cdot 3 = 0,000942 \text{ cbm}$$

oder 0,942 l in der Sekunde.

b) Wie groß wäre die ausfließende Wassermenge, wenn die Öffnung, statt abgerundet zu sein, sich in einer dünnen Wand befunden hätte? — Da die Geschwindigkeit v des Wassers in diesem Falle zwar nicht an der Mündung, aber doch an der Stelle der stärksten Kontraktion erreicht wird, so hat man das unter a) gefundene Resultat nur mit dem Kontraktionskoeffizienten zu multiplizieren. Also ist

$$Q = 0,64 \cdot 0,942 = 0,603 \text{ l.}$$

c) Wie groß ist der Durchmesser einer Öffnung in dünner Wand zu nehmen, damit bei einer Druckhöhe von 0,5 m eine Wassermenge von 1 l in der Sekunde ausfließt? — Setzt man die hier gegebenen Werte in die Formel (4), § 77, so entsteht

$$0,001 = 0,615 \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,50} = 0,483 \cdot 3,13 \cdot d^2 = 1,512 d^2.$$

Daraus folgt:

$$d = \sqrt{\frac{1}{1512}} = \frac{1}{38,9} = 0,0257 \text{ m} = 2,57 \text{ cm.}$$

§ 81.

Für Ausflufsöffnungen in lotrechter dünner Wand benutzt man die in § 77 entwickelten Formeln, indem man unter h den Abstand des Schwerpunktes der Ausflufsöffnung vom Wasserspiegel versteht. Solche Öffnungen gebraucht man zu Wassermessungen. Ist z. B. die in Fig. 190 dargestellte Öffnung in die Wand eines großen Behälters eingebaut, dem Wasser zufließt, dessen Menge bestimmt werden soll, so wartet man bis zum Eintreten des Beharrungszustandes, d. h. bis der Wasserspiegel weder steigt noch fällt, weil dann durch die Öffnung ebensoviel Wasser aus dem Teiche abfließt, als ihm von anderer Seite zugeführt wird. Jetzt bestimmt man im Abstände von 1—1,5 m vor der Ausflufsöffnung die Höhe des Wasserspiegels über dem Schwerpunkte der Öffnung und dann

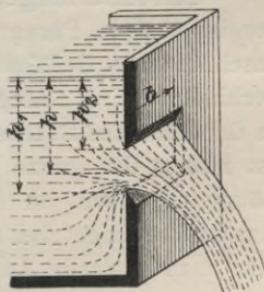


Fig. 190.

mit Hilfe der Formel $Q = \mu F \sqrt{2gh}$ die Menge des ausfließenden Wassers. Will man dabei einen hohen Grad von Genauigkeit erreichen, so ist eine Öffnung zu wählen, deren Ausflufskoeffizienten bekannt sind.

Derartige Bestimmungen machten Poncelet und Lesbros für lotrecht stehende rechteckige Öffnungen in dünner Wand von 0,2 m Breite bei normaler Kontraktion. *Normale Kontraktion* tritt ein, wenn der Wasserspiegel in 1 m Entfernung von der Öffnung als ruhend betrachtet werden kann und letztere sich sowohl in dünner Wand befindet, wie Fig. 190 zeigt, als auch um mindestens das 2,7 fache ihrer größten Dimension von benachbarten Wänden absteht. Die Ausflufskoeffizienten für verschieden hohe Öffnungen von 0,2 m Breite, deren obere Seite um h_2 m unter dem ruhenden Wasserspiegel liegt, zeigt die nachstehende Tabelle, deren Werte auch gelten, wenn Breite und Höhe der Öffnungen verwechselt werden.

h_2 m	Höhe der Öffnung = ($h_1 - h_2$) Meter					
	0,20	0,10	0,05	0,03	0,02	0,01
0,02	0,572	0,596	0,615	0,634	0,659	0,694
0,03	0,578	0,600	0,620	0,638	0,659	0,688
0,04	0,582	0,603	0,623	0,640	0,658	0,683
0,05	0,585	0,605	0,625	0,640	0,658	0,679
0,10	0,592	0,611	0,630	0,637	0,654	0,666
0,50	0,603	0,617	0,628	0,630	0,640	0,644
1,00	0,605	0,615	0,626	0,628	0,633	0,632
2,00	0,601	0,607	0,613	0,612	0,612	0,611
3,00	0,601	0,603	0,606	0,608	0,610	0,609

§ 82.

Unvollständige, teilweise oder partielle Kontraktion tritt bei der im vorigen Paragraphen behandelten Ausflufsöffnung ein, wenn durch anschließende Gefäßwände ein seitliches Zuströmen der Wasserteilchen verhindert wird. Liegt z. B. die untere Seite der rechteckigen Öffnung in der Höhe des Bodens, so ist die Kontraktion an dieser Seite aufgehoben. Ist nun p der ganze Umfang der rechteckigen Öffnung und α diejenige Länge derselben, an der die Kontraktion aufgehoben ist, ferner μ der Ausflufskoeffizient bei normaler Kontraktion, so ist nach Weisbach der hier anzuwendende Ausflufskoeffizient

$$= \mu \left(1 + 0,155 \frac{\alpha}{p} \right)$$

Unvollkommen wird dagegen die *Kontraktion* genannt, wenn zwar die Öffnung in gehöriger Entfernung von Seitenwänden sich befindet, aber

das Wasser derselben nicht aus einem großen Behälter, sondern durch einen Kanal oder ein Gerinne zugeführt wird, in dem es der Öffnung schon mit einer größeren Geschwindigkeit zufließt. Misst man nun die Druckhöhe (§ 78) im bewegten Wasser des Kanals und setzt m gleich Querschnitt der Öffnung geteilt durch Querschnitt des Kanals, wobei $m < 0,6$, so ist nach Weisbach folgender Ausflusskoeffizient anzuwenden, wenn μ denselben für normale Kontraktion bedeutet (§ 79):

$$\mu (1 + 0,641 m^2).$$

§ 83.

Schützenöffnungen mit seitlicher Kontraktion und horizontalen, an den Boden des Behälters sich anschließenden, 3 m langen Ansatzgerinnen sind von Lesbros untersucht. Er erhielt für 0,2 m breite und ebenso hohe Öffnungen, wenn die Höhe h_2 unmittelbar an der lotrecht stehenden Schütze von Oberkante der Mündung bis zum Wasserspiegel gemessen wurde, folgende Werte für die Ausflusskoeffizienten μ_2 :

$h_2 =$	0,02 m	0,05 m	0,10 m	0,20 m	0,50 m	1,0 m	3,0 m
$\mu_2 =$	0,502	0,520	0,545	0,575	0,600	0,602	0,601

Liegt der *Ausfluss des Wassers* bei einer Schützenöffnung ganz *unter dem Unterwasserspiegel*, so ist als Druckhöhe der lotrechte Abstand des Oberwasserspiegels von dem des Unterwassers anzunehmen. Da diese für alle Stellen der Öffnung gleich groß ist, so gilt dasselbe für die an verschiedenen Stellen des Querschnittes stattfindenden Geschwindigkeiten. Die Ausflusskoeffizienten sind nur in einzelnen Fällen genauer bekannt und daher im allgemeinen annähernd wie sonst anzunehmen.

§ 84.

Bei geneigten Schützen, bei denen an den Seiten und am Boden keine Kontraktionen stattfinden, sind nach Poncelet die Ausflusskoeffizienten bei einer Neigung der Schütze gegen den Horizont

von	40	45	50	55	60 Grad
gleich	0,83	0,81	0,79	0,76	0,74.

§ 85.

Überfälle in dünner Wand. Es sei AB (Fig. 191) die ebene und lotrechte Wand eines großen Wasserbehälters. Die vom Wasserspiegel ausgehende Länge AB denke man sich in eine sehr große Anzahl n gleicher Teile geteilt, von denen jeder gleich a sein mag. Der unterste dieser Teile a sei auch die Höhe einer rechteckigen Ausflusöffnung mit der horizontal liegenden Breiteseite b . Dann wäre ab der Querschnitt dieser

Öffnung, und ihre Druckhöhe $AB - \frac{1}{2}a$ sei gleich h . Die Menge q_n des in der Sekunde durch ab ausfließenden Wassers (§§ 77 und 81) wird ohne Rücksicht auf Nebenwiderstände gefunden zu

$$q_n = b \cdot a \sqrt{2gh}.$$

Wäre nicht das tiefste Teilchen a , sondern das nächste die Höhe einer entsprechenden Ausflußöffnung, so wäre die in Betracht kommende Druckhöhe $h - a$; die in der Sekunde ausfließende Wassermenge q_{n-1} betrüge:

$$q_{n-1} = b \cdot a \sqrt{2g(h-a)}.$$

Eine Ausflußöffnung, von der das nächstfolgende Teilchen a die Höhe vorstellte, würde entsprechend ergeben

$$q_{n-2} = b \cdot a \sqrt{2g(h-2a)}.$$

In dieser Weise denke man sich entsprechende Ausdrücke bis zum Wasserspiegel aufgestellt und dann alle einzeln betrachteten Öffnungen gleichzeitig vorhanden. Fließt durch die so entstehende Öffnung von der Breite b und der Höhe $h + \frac{1}{2}a$ die Wassermenge Q in der Sekunde, so ergibt die Rechnung:

$$\begin{aligned} Q &= q_n + q_{n-1} + q_{n-2} + q_{n-3} \dots \\ &= b \cdot [a \sqrt{2gh} + a \sqrt{2g(h-a)} + \dots]. \end{aligned}$$

Denkt man sich nun über der Mitte jeder der gedachten Ausflußöffnungen senkrecht zu AB die entsprechenden Werte

$$\sqrt{2gh}, \sqrt{2g(h-a)} \dots$$

errichtet und deren Enden durch eine stetige Linie verbunden, so ist leicht zu erkennen, daß der Inhalt der Fläche ABC dem Werte des oben eckig eingeklammerten Ausdruckes um so mehr gleichkommt, je kleiner a genommen wird. Möge nun a unendlich klein sein, dann ist BC gleich $\sqrt{2gh}$, AC ein Parabelbogen, mithin ABC gleich $\frac{2}{3}h \sqrt{2gh}$. Setzt man diesen Wert oben ein, so folgt

$$Q = \frac{2}{3}bh \sqrt{2gh}.$$

Eine, wie die betrachtete, bis zum Wasserspiegel reichende Ausflußöffnung heißt ein *Überfall*, und zwar ein *vollkommener*, wenn der ausfließende Strahl, wie bei der Entwicklung der Formel vorausgesetzt, frei in die Luft herabfällt, der Spiegel des Unterwassers also tiefer liegt als die Überfallkante.

Der vorstehenden theoretischen Formel ist für praktische Rechnungen noch ein aus Beobachtungen stammender Ausflußkoeffizient μ (§ 86) hinzuzufügen, so daß

$$Q = \frac{2}{3}\mu bh \sqrt{2gh}.$$

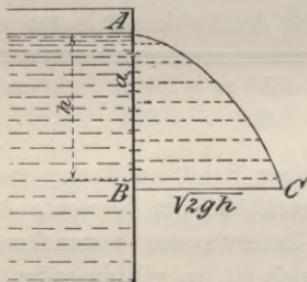


Fig. 191.

Da die Werte von μ für Überfälle in dünner Wand recht genau bekannt sind, bilden diese meist das beste Mittel, um fließende Wassermengen genau zu messen. So wird z. B. in Oberitalien alles aus dem Cavour-Kanal verkaufte Wasser durch Überfälle gemessen.

§ 86.

Ausflusskoeffizienten für Überfälle in dünner Wand nach Lesbros bei normaler Kontraktion (§ 79) für Druckhöhen von 0,01 bis 0,60 m, die in 1 m Entfernung von der Überfallkante gemessen werden, gibt die folgende Tabelle für zwei Überfallbreiten (Fig. 192).

Für eine Breite $b = 0,2$ m und				Für eine Breite $b = 0,6$ m und			
$h =$	$\frac{2}{3}\mu =$	$h =$	$\frac{2}{3}\mu =$	$h =$	$\frac{2}{3}\mu =$	$h =$	$\frac{2}{3}\mu =$
0,01	0,424	0,08	0,397	0,06	0,412	0,30	0,391
0,02	0,417	0,10	0,395	0,10	0,406	0,40	0,391
0,04	0,407	0,15	0,393	0,15	0,400	0,50	0,391
0,06	0,401	0,20	0,390	0,20	0,395	0,60	0,390

Mufs man den Überfall in einen Kanal legen, in dem ihm das Wasser mit einer gewissen Geschwindigkeit zufließt, wodurch die Kontraktion unvollkommen wird, so sind die Ausflusskoeffizienten nach Weisbach zu bestimmen, wie folgt. Ist n das Verhältnis von bh zum Querschnitt des Zufußkanals und μ_2 per Ausflusskoeffizient für den Fall, daß b kleiner ist als die Kanalbreite, während μ_3 den entsprechenden Wert für b gleich der Kanalbreite bedeutet, so gilt für:

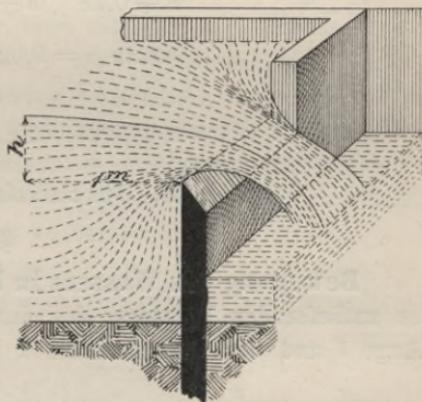


Fig. 192.

$n =$	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,40	0,50
$\mu_2 =$	1,000 μ	1,001 μ	1,003 μ	1,007 μ	1,014 μ	1,044 μ	1,107 μ
$\mu_3 =$	1,045 μ	1,049 μ	1,056 μ	1,064 μ	1,074 μ	1,100 μ	1,133 μ

Bei der praktischen Ausführung einer Wassermessung in kleineren Bächen benutzt man gewöhnlich zur Anbringung des Überfalleinschnittes eine mit Feder und Nut zusammengesetzte Bretterwand, die 60 bis 100 cm in Boden- und Seitenwände des Bettes eingreift und mit Lehm oder Ton

hinterstampft wird. Ein Meter oberhalb derselben schlägt man einen Pfahl mit lotrechter Seitenfläche ein und bestimmt an derselben den Punkt P , der mit der Überfallkante gleich hoch liegt, durch Nivellement oder einfacher, bei langsamem Zulassen des Wassers, wenn der Wasserspiegel gerade mit der Überfallkante gleich hoch steht. P nimmt man als Nullpunkt eines geteilten Stabes, an dem man h abliest.

§ 87.

Hansen hat in ein rechteckiges Gerinne von 1,082 m Breite eine Wand von gleicher Breite und 0,514 m Höhe eingebaut und als Überfall ohne Seitenkontraktion benutzt. Er fand zwischen $h = 0,08$ und 0,360 m Druckhöhe die Ausflusskoeffizienten $\frac{2}{3}\mu$ als lineare Funktion der letzteren und steigend von 0,415 bis 0,446. F. Frese findet für denselben Fall aus einer größeren Anzahl von Resultaten verschiedener Beobachter, wenn H die Wassertiefe im Kanal bedeutet und die Breite beliebig ist:

$$\mu = \left(0,615 + \frac{0,0021}{h}\right) \left[1 + 0,55 \left(\frac{h}{H}\right)^2\right].$$

Derselbe findet entsprechend für Überfälle mit Seitenkontraktion in Kanälen von der Breite B , wenn b die Überfallbreite ist:

$$\mu = \left(0,5755 + \frac{0,017}{h + 0,18} - \frac{0,075}{b + 1,2}\right) \left[1 + \left(0,25 \left(\frac{b}{B}\right)^2 + z\right) \left(\frac{h}{H}\right)^2\right],$$

worin $z = 0,025 + \frac{0,0375}{\left(\frac{h}{H}\right)^2 + 0,02}$.

B. Durchfluß durch Röhren.

§ 88.

Bewegung des Wassers in Röhren. AB (Fig. 193) sei der Spiegel des zufließenden Wassers, das durch eine kreisförmige Röhre von der Länge l und dem Durchmesser d mit der Geschwindigkeit v bei C aus-

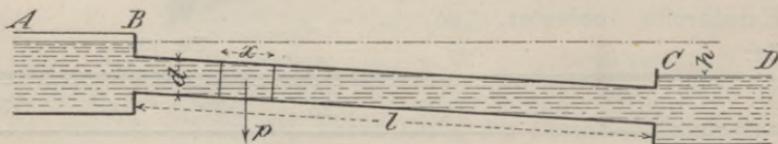


Fig. 193.

fließt. Ist h der lotrechte Abstand des Oberwasserspiegels von dem Spiegel des Unterwassers (die Druckhöhe), so verliert jede kleine Gewichtsmenge p , welche durch die Rohrleitung herabsinkt, an Energie der Lage ph . Dagegen gewinnt p an Energie der Bewegung (§ 16) in der Röhre, wenn

wir die ursprüngliche Zufußgeschwindigkeit als unbedeutend annehmen, um $\frac{1}{2} \frac{p}{g} v^2$. Dieser Wert ist aber um den Betrag der Arbeit der Nebenwiderstände kleiner als ph . Was insbesondere die Reibung in der Röhre betrifft, so wollen wir zu ihrer Bestimmung annehmen, daß p in der Röhre einen Zylinder von der Höhe x einnimmt. Dann lehrt die Erfahrung, daß die Reibung proportional ist der Fläche πdx , in welcher der Zylinder die Röhre berührt. Es ist nun leicht auszurechnen, daß die Größe dieser Berührungsfläche dem Durchmesser d der Röhre für dasselbe Gewicht p umgekehrt proportional ist. Mithin ist auch unter sonst gleichen Umständen die Reibung dem Durchmesser d der Röhre umgekehrt proportional. Außerdem werde den Beobachtungen entsprechend angenommen, die Reibung vergrößere sich im Verhältnis mit dem Quadrat der Geschwindigkeit v , oder was dasselbe sagt, sie wachse proportional der Geschwindigkeitshöhe (§ 11) $v^2 : 2g$. Ist also k der Wert der Reibung für die Einheit des Gewichts, des Durchmessers und der Geschwindigkeitshöhe, so ist für den Durchmesser d , das Gewicht p und die Geschwindigkeit v die Größe der Reibung: $k \frac{1}{d} \frac{v^2}{2g} p$ und ihre Arbeit für die Rohrlänge l gleich $k \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} p$. Jetzt ist noch die Arbeit des *Eintrittswiderstandes* zu berücksichtigen, der beim Eintritt des Wassers in die Rohrleitung entsteht, und der sowohl p als der Geschwindigkeitshöhe proportional gesetzt werden kann, also gleich $ep (v^2 : 2g)$, wenn e den Wert derselben für die Einheit des Gewichts und diejenige der Geschwindigkeitshöhe bezeichnet. Nun ist die beim Fallen von p verschwindende Energie der Lage den von den Nebenwiderständen geleisteten Arbeiten und der erlangten Energie der Bewegung gleich zu setzen, oder

$$ph = e \frac{v^2}{2g} p + k \frac{l}{d} \frac{v^2}{2g} p + \frac{v^2}{2g} p$$

oder, da p sich forthebt,

$$h = \left(1 + e + k \frac{l}{d} \right) \frac{v^2}{2g}. \quad (1)$$

Was den Zahlenwert von e betrifft, so ist er nach Weisbach gewöhnlich gleich 0,505, kann aber durch Abrundung der Eintrittsöffnung auf 0,08 herabgemindert werden. Der Wert von k ist nicht ganz unabhängig von v , sondern nach Weisbach folgender Tabelle entsprechend zu nehmen:

$v =$	0,10 m	0,20 m	0,30 m	0,5 m	1,0 m	2,0 m	5,0 m	10,0 m
$k =$	0,0444	0,0356	0,0317	0,0278	0,0239	0,0211	0,0187	0,0174

Die Formel (1) gestattet zu berechnen, wieviel Druckhöhe erfordert wird, um in einer Röhre von gegebenen Dimensionen eine bestimmte Geschwindigkeit hervorzubringen. Aus (1) sind andere Formeln, in denen v oder d als unbekannte Größen betrachtet werden, leicht abzuleiten, z. B.

$$v = \frac{\sqrt{2gh}}{\sqrt{1 + e + k \frac{l}{d}}}. \quad (2)$$

Da aber k von v abhängt, ist zuerst ein Näherungswert von k , z. B. 0,03 einzusetzen, damit v zu berechnen und nun event. mit einem verbesserten Werte die Rechnung zu wiederholen. — Nach v findet man die von der Rohrleitung in der Sekunde geführte Wassermenge Q gleich Querschnitt mal Geschwindigkeit:

$$Q = \frac{1}{4} \pi d^2 v. \quad \text{Daraus folgt auch } v = \frac{4Q}{\pi d^2} = 1,2732 \frac{Q}{d^2}. \quad (3)$$

Um für eine gegebene Wassermenge Q den Durchmesser der Rohrleitung zu finden, setze man diesen Wert von v in (1), dann entsteht

$$h = \left(1 + e + k \frac{l}{d}\right) \frac{16 Q^2}{2g \pi^2 d^4} = \left((1 + e) d + kl\right) \frac{16 Q^2}{2g \pi^2} \cdot \frac{1}{d^5},$$

woraus

$$d = \sqrt[5]{\left((1 + e) d + kl\right) \frac{16 Q^2}{2g \pi^2} \cdot \frac{Q^2}{h}} = 0,6075 \sqrt[5]{\left((1 + e) d + kl\right) \frac{Q^2}{h}}. \quad (4)$$

In der letzten Formel müssen rechts k und d versuchsweise angenommen und nach den erzielten Resultaten verbessert werden, wobei das zur Bestimmung von k nötige v aus (3) berechnet wird.

§ 89.

Beispiele. 1. In einer Rohrleitung von 100 m Länge und 0,1 m Durchmesser fließt das Wasser mit 1 m Geschwindigkeit. Es sollen die Druckhöhen bestimmt werden, die zur Erzielung der Geschwindigkeit von 1 m, zur Überwindung des Eintrittswiderstandes und der Röhrenreibung gehören. Man braucht zur Erlangung der Geschwindigkeit $v = 1$ m

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,051 \text{ m} = 5,1 \text{ cm Druckhöhe.}$$

Für den Eintrittswiderstand unter gewöhnlichen Verhältnissen ist $e = 0,505$, mithin die entsprechende Druckhöhe gleich e mal der vorigen $= 5,1 \times 0,505 = 2,6$ cm. Der Koeffizient der Röhrenreibung für 1 m Geschwindigkeit ist (§ 88) 0,0239, daher für $d = 0,1$ und $l = 100$ die entsprechende Druckhöhe $= 0,0239 \frac{100}{0,1} \cdot 0,051 = 1,219$ m oder 121,9 cm. Die Gesamtdruckhöhe h ist also

$$h = 5,1 + 2,6 + 121,9 = 129,6 \text{ cm.}$$

2. Eine Röhre von 40 m Länge soll in jeder Sekunde 0,02 cbm Wasser liefern bei einer Druckhöhe von 1,5 m. Wie groß ist ihr Durchmesser zu nehmen? — Setzt man für e den gewöhnlichen Wert, so folgt aus (4):

$$d = 0,608 \sqrt[5]{(1,505 d + 40 k) \frac{0,02^2}{1,5}} = 0,608 \sqrt[5]{0,0004 d + 0,0107 k}.$$

Setzt man versuchsweise $k = 0,02$ und vernachlässigt d unter der Wurzel, so kommt

$$d = 0,608 \sqrt[5]{0,000214} = 0,112 \text{ m; dann wird genauer}$$

$$d = 0,608 \sqrt[5]{0,0004 \cdot 0,112 + 0,000214} = 0,116 \text{ m.}$$

Diesem d entspricht ein Querschnitt $F = 0,0106$ qm, also eine Geschwindigkeit

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{0,02}{0,0106} = 1,89 \text{ m.}$$

Zu diesem v gehört $k = 0,0213$, mithin wird

$$d = 0,608 \sqrt[5]{0,0004 \cdot 0,116 + 0,0107 \cdot 0,0213} = 0,118 \text{ m.}$$

§ 90.

Neuere Versuchsergebnisse. Die oben angegebenen Werte des Koeffizienten k der Röhrenreibung sind folgender, einer großen Anzahl von Versuchen angepaßten Formel von Weisbach entnommen:

$$k = 0,01439 + \frac{0,0094711}{\sqrt{v}}.$$

Spätere Versuche von Darcy mit Röhren aus sehr verschiedenen Materialien von 0,012 bis 0,5 m Durchmesser und bei Geschwindigkeiten von 0,16 bis 5 m und 100 m Röhrenlänge ergaben eine größere Abhängigkeit des Reibungskoeffizienten von der Beschaffenheit der Röhrenwände, als man bis dahin vermutet hatte. Auch fand Darcy, daß nicht, wie in der Weisbachschen Formel, der Wert von k sich wesentlich mit der Geschwindigkeit ändere, sondern mit der Größe des Durchmessers d . Die Weisbachsche Formel gilt für Metallröhren. Der nach Darcys Angaben entsprechende Wert von k für neue Metallröhren bei Geschwindigkeiten über 0,2 m ist

$$k = 0,01989 + \frac{0,0005078}{d}.$$

Nach neueren Versuchen mit Wasserleitungen aus eisernen Röhren bis zu 1 m Durchmesser hat diese Darcysche Formel den Beobachtungen am besten entsprochen, so daß man ihr bei praktischen Rechnungen den Vorzug geben wird.

Darcy gibt auch praktische Regeln für die Berücksichtigung der gröfseren Widerstände durch die während des Gebrauches in den Röhren entstehenden Rauigkeiten.

a) Hat die Glätte der Innenfläche durch leichte Ablagerungen oder durch Rosten des Eisens gelitten, so bringe man, um eine gegebene Geschwindigkeit v zu erzielen, eine doppelt so hohe Druckhöhe in Anwendung, als die Rechnung für glatte Röhren ergibt; entsprechend setze man, um aus der gegebenen Druckhöhe die Geschwindigkeit zu ermitteln, in die für glatte Röhren geltende Formel nur den halben Wert der vorhandenen Druckhöhe ein.

b) Bringt das Leitungswasser im Laufe der Zeit die lichte Weite der Röhre verkleinernde Ablagerungen hervor, so ist deren schädlicher Einfluss um so gröfser, je kleiner der Röhrendurchmesser. Um den Röhren die nötige Leitungsfähigkeit zu erhalten, ist der berechnete Durchmesser um die doppelte Dicke der zu erwartenden Ablagerungen zu vergrößern.

Diese Regeln haben selbstverständlich nur den Wert, die Aufmerksamkeit des Technikers auf die darin berührten Verhältnisse zu richten. Den guten Zustand der eisernen Röhren sucht man durch Überziehen derselben mit Teer und Asphalt zu erhalten. Ist dann das Wasser reines Quellwasser, so mag man Resultate wie in Danzig und Wiesbaden erzielen, wo nach fünf Jahren die Widerstände in den Röhren nicht merklich zugenommen hatten; während in der Hamburger Elbwasserleitung Röhren beobachtet worden sind, bei denen die Druckhöhe nach 19 Jahren mehr als das Zwanzigfache von derjenigen ausmacht, die man für den ursprünglichen Zustand durch Rechnung erhält. Durch Inkrustierung ist dort der Reibungswiderstand gewachsen und der Durchmesser vermindert worden.

k wurde von Weisbach für HolZRöhren 1,75 mal gröfser gefunden, als oben für Metallröhren angegeben.

§ 91.

Lange Röhren. Bei der Berechnung von langen Rohrleitungen ist es meistens erlaubt, in den Formeln die rund das 1,5fache der Geschwindigkeitshöhe betragenden Druckhöhenverluste beim Eintritt in die Rohrleitung zu vernachlässigen oder $1 + e$ gleich Null anzunehmen. Die Formeln (1), (2), (4), § 88, erhalten dann folgende Gestaltung:

$$h = k \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}; \quad v = \sqrt{\frac{2g}{k} \cdot \frac{h}{l} \cdot d}; \quad d = 0,6075 \sqrt[5]{k \frac{l}{h} Q^2} = \sqrt[5]{\frac{16k}{2g\pi^2} \frac{l}{h} Q^2}.$$

Die letzte Formel ergibt bei Anwendung des Darcyschen Wertes für k , und wenn $\frac{h}{l}$, „das relative Gefälle der Rohrleitung“, mit J bezeichnet wird, oder $\frac{l}{h} = \frac{1}{J}$:

$$d^5 = \frac{16k}{2g\pi^2} \cdot \frac{Q^2}{J}$$

$$\text{oder } \frac{J}{Q^2} = \frac{16(0,01989 + [0,0005078 : d])}{2g\pi^2} \cdot \frac{1}{d^5}$$

In der folgenden Tabelle sind die zusammengehörigen Werte von d und $J : Q^2$ enthalten, um die Bestimmung von d zu erleichtern.

d cm	$\frac{J}{Q^2}$	d cm	$\frac{J}{Q^2}$	d cm	$\frac{J}{Q^2}$
1	58 393 600	7	1334	25	1,855
2	1 169 200	8	662	30	0,734
3	125 200	9	357	35	0,336
4	26 296	10	206	40	0,171
5	7 945	15	25,3	45	0,094
6	4 781	20	5,8	50	0,055

Beispiel: Eine Röhre von 1 0/0 Gefälle soll 2 Liter Wasser in der Sekunde führen, wie groß ist ihr Durchmesser zu nehmen? — Hier ist $J = 1 : 100$ und $Q = 0,002$, mithin $J : Q^2 = 10\,000 : 4 = 2500$. Die vorstehende Tabelle zeigt, daß d zwischen 6 und 7 cm liegt. Es ist $4781 - 2500 = 2281$ und $2500 - 1334 = 1166$. Da $2281 : 1166$ rund wie 2 : 1, wird der gesuchte Durchmesser rund 6,7 cm betragen müssen.

§ 92.

Einfluß der Krümmungen. Zeigt eine Rohrleitung im Längenprofil Senkungen und Hebungen, wie Fig. 194, so wird man auf Grund der Heberwirkung geneigt sein, bei der Rechnung das Gefälle der vom Einfluß bis zur Mündung gezogenen Linie AC als maßgebend zu betrachten. Die Versuche in Danzig haben indessen ergeben,

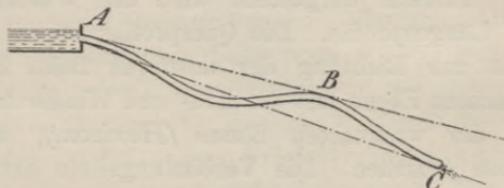


Fig. 194.

daß die Rechnung nur dann richtige Resultate liefert, wenn man bloß das Gefälle der Linie AB als maßgebend für die ganze Leitung annimmt. Dies widerspricht übrigens der Theorie nicht, wenn vorausgesetzt wird, das Rohr enthalte auf der Strecke BC so viel Luft, daß es nicht voll laufen kann.

Kurze Krümmungen oder Kniee vermehren stets den Widerstand in der Rohrleitung und beanspruchen deshalb zu ihrer Überwindung einen Teil der Druckhöhe, den man nach Weisbach findet, wenn man die Geschwindigkeitshöhe mit dem Widerstandskoeffizienten multipliziert.

Der Widerstandskoeffizient ζ für ein Knie, dessen Schenkel unter einem Winkel δ zusammenstoßen, ist für

$\delta =$	160°	140°	120°	100°	90°	80°
$\zeta =$	0,046	0,139	0,364	0,740	0,984	1,26

Sind die Schenkel durch ein nach einem Kreise vom Radius R gebogenes Rohr vom Querschnittsradius r verbunden und ist $r:R = n$, ferner β der Mittelpunktswinkel des gekrümmten Teiles in Graden, so ist nach Versuchsergebnissen der Druckhöhenverlust:

$$h = \zeta \frac{\beta}{90} \frac{v^2}{2g},$$

worin für

$n =$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	1,0
$\zeta =$	0,131	0,138	0,158	0,206	0,294	0,977	1,978

Kurven von 3,12 m Radius haben in der Danziger Leitung keine merklichen Druckverluste ergeben.

C. Bewegung des Wassers in Flüssen und Kanälen.

§ 93.

Allgemeine Erklärungen. Das Wasser fließt entweder in von der Natur gebildeten *Betten* und bildet *Ströme, Flüsse, Bäche*, oder in künstlichen *Kanälen, Gräben, Rinnen* oder *Gerinnen*.

Bildlich dargestellt wird der Wasserlauf durch Lageplan, Quer- und Längenprofile. Die Querprofile zeigen den Durchschnitt einer senkrecht zur Richtung der mittleren Bahn der Wasserteilchen gestellten lotrechten Ebene mit der Erd- und Wasseroberfläche und gewöhnlich auch mit der wagrechten Ebene (*Horizont*), worauf sich die angegebenen Höhen beziehen. Die Verbindungslinie der tiefsten Stellen aller Querprofile heißt *Sohle*. Denkt man sich durch jeden Punkt der Sohle eine lotrechte Linie, so bildet die Gesamtheit derselben eine abwickelbare Fläche, die man sich in eine Ebene ausgebreitet (abgewickelt) denken kann. Trägt man *Sohle, Wasserspiegel*, die beiden *Uferlinien* und den *Horizont* in die abgewickelte Fläche ein, so hat man ein vollständiges *Längenprofil* des Wasserlaufes. Bisweilen folgt man mit dem Längenprofil

auch den Mitten der *Wasserbreiten*, in denen das Querprofil die Wasseroberfläche schneidet.

§ 94.

Der Wasserspiegel im Längenprofil bildet eine geneigte Linie, deren Neigungswinkel gegen den Horizont sein *Abhang* genannt wird. Den lotrechten Abstand zweier Punkte des Wasserspiegel-Längenprofils (die Differenz ihrer Höhen gegen den Horizont) nennt man *absolute Fall* (oder Gefälle) für die betreffende Flusstrecke. Dividiert man es durch die Länge derselben, so hat man das *Fallen auf die Längeneinheit*, das *relative Gefälle* (auch Rösche genannt) oder kurz Gefälle.

§ 95.

Berechnung der Wassermenge. Die Berechnung der Wassermenge eines durch bildliche Darstellung gegebenen Wasserlaufes ist nur möglich unter Annahmen, die in der Natur niemals ganz erfüllt sind. Indessen



Fig. 195.



Fig. 196.

ist doch die Entwicklung von Formeln notwendig, um auf ihnen mit Hilfe von Beobachtungsergebnissen praktisch brauchbare Regeln aufzubauen.

Es möge also angenommen werden, daß das Wasser sich in einem Bette bewegt, dessen Sohle geradlinig und dessen Querprofil überall dasselbe ist. Die Bewegung aller Wasserteile erfolge mit der gleichförmigen, bei allen gleichen Geschwindigkeit v in parallelen Bahnen, so daß Reibung nur da stattfindet, wo Wasser und Bett sich berühren.

Man betrachte im Längenprofil (Fig. 195) einen Wasserkörper $ABCD$ mit der Länge $AB = l$, der von zwei Querprofilen vom Flächeninhalt F begrenzt wird und von seiner ursprünglichen Lage nach $BEFD$ gelangt ist. Dabei hat sich die Höhenlage jedes Wasserteilchens um den Betrag J des Fallens auf die Längeneinheit vermindert. Bezeichnet also P das Gewicht des ganzen Wasserkörpers, so hat dessen Arbeitsvermögen um PJ abgenommen. Da die Energie der Bewegung nicht zugenommen hat, ist diese Arbeit zur Überwindung der Reibung am Bett verbraucht, welche entsprechend der Röhrenreibung proportional ist dem Quadrate der Geschwindigkeit v des Wassers, und der Größe der Fläche, in welcher das Bett berührt wird. Bezeichnet U im Profil (Fig. 196) die Länge des vom Wasser benetzten Umfanges, so ist jene Fläche gleich $U \cdot l$. Ferner sei die

Größe der widerstehenden Kraft für $v = U = 1$ mit a bezeichnet, dann ist sie allgemein gleich aUv^2 zu setzen und die von ihr verbrauchte Arbeit $1 \cdot aUv^2$, mithin

$$PJ = aUv^2.$$

Bezeichnet w das Gewicht von 1 cbm Wasser (1000 kg), so ist $P = wF$. Dies in die vorige Gleichung eingeführt, liefert

$$wFJ = aUv^2 \text{ oder } v^2 = \frac{w}{a} \frac{F}{U} J.$$

Das Verhältnis $\frac{F}{U}$, welches *mittlerer Radius* heisst, sei mit R , und $\sqrt{\frac{w}{a}}$ mit k bezeichnet, dann wird

$$v = k\sqrt{JR}.$$

Diese Formel kann schon deshalb die wirkliche Bewegung des Wassers nicht genau darstellen, weil sie voraussetzt, dass die Geschwindigkeit an allen Stellen des Wasserquerschnitts dieselbe sei, während die Beobachtung lehrt, dass sie um so größer wird, je weiter man sich vom Bett entfernt. Da man indessen nichts Besseres hat, so benutzt man die Formel, um durch geeignete Wahl des Wertes von k die Beobachtungen möglichst genau darzustellen. Dabei muss man unter v die *mittlere* Wassergeschwindigkeit verstehen, d. h. diejenige Geschwindigkeit, die, wenn sie allen Wasserteilchen gemeinsam wäre, ebensoviel Wasser durch den Querschnitt bringen würde, als in Wirklichkeit durchfließt. Dies vorausgesetzt, wird man k aus möglichst vielen Beobachtungen ableiten. In unserer Wasserbautechnik hat lange Zeit der von Eytelwein ermittelte Wert $k = 50,9$ sich eines großen Ansehens zu erfreuen gehabt. Indessen wollten weder die späteren umfangreichen Versuche von Humphreys und Abbot am Mississippi, noch diejenigen, welche Darcy und Bazin mit einem Versuchskanal von rund 690 m Länge, 2 m Breite und 1 m Tiefe, der nach und nach verschiedenartige Wände erhielt, und Gefälle von 1:1000 bis 9:1000, sich in genügender Weise durch ein k von unveränderlichem Zahlenwert darstellen lassen. Die letztgenannten Versuche zeigten namentlich, dass k wesentlich von der Oberflächenbeschaffenheit des Bettes abhängt (von dem „*Rauhigkeitsgrade*“) und bei ganz glatten Wänden viel größer ist, als bei Wänden aus Erde oder rauhen Steinen. Ferner fand Bazin, dass man, um die Versuche genügend darzustellen, eine Abhängigkeit zwischen k und dem mittleren Radius R annehmen müsse, wie sie die umstehende Tabelle angibt. Die Werte derselben wird man gebrauchen, wenn das Gefälle und der Kanalquerschnitt sich nicht zu sehr von den oben angegebenen Versuchswerten entfernen.

§ 96.

Werte von k nach den Versuchen von Bazin für Kanalwände in Erde und solche mit Gerölle für verschiedene Werte von R .

$R =$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,60	0,80	1,0	2,0	3,0	4,0
für Erde $k =$	16,3	22,2	26,3	29,4	34,0	37,3	39,8	46,9	50,2	52,2
für Geröll $k =$	11,6	16,0	19,1	21,6	25,3	28,0	30,2	36,5	39,7	41,7

§ 97.

Durch das Suchen nach allgemein anwendbaren Ausdrücken, welche den gemachten Beobachtungen möglichst genau entsprechende Werte ergeben und deshalb auch für zwischenliegende Fälle Richtiges erhoffen lassen, sind eine große Anzahl von Formeln entstanden, die sich sämtlich gewissen Beobachtungen gut anschließen, in andern Fällen aber abweichende Resultate ergeben. Ein genaueres Eingehen dürfte in einer so kurzen Schrift nur verwirrend wirken, da der Praktiker im gegebenen Falle doch nicht weiß, welchen Resultaten er am meisten Wahrheit beimessen soll. Deshalb möge es genügen, die Formel von Ganguillet und Kutter, die sich den Versuchen von Darcy und Bazin ebenso gut anschließt, als denen am Mississippi, also den kleinsten und den größten Verhältnissen, hier ausführlich zu behandeln. Außer dem allgemeinen Vertrauen, das ihr schon seit Jahren entgegengebracht wird, hat sie noch den großen Vorzug, daß Ingenieur Kutter in Bern nach ihren Ergebnissen umfangreiche Tabellen berechnet hat, aus denen man ohne Mühe für Gräben und Kanäle die Wassermengen, Geschwindigkeiten und Gefälle entnehmen kann. Für die Berechnung der Wassermengen natürlicher Flüsse aus Messungen von Profilen und Gefällen gibt die Formel Resultate, die, wie diejenigen aller übrigen, von den Beobachtungen mehr oder weniger abweichen. Indessen kann das auch nicht anders sein, solange es nicht gelingt, ohne die jetzt üblichen, der Wirklichkeit nicht voll entsprechenden, Voraussetzungen die Gesetze der Bewegung des Wassers abzuleiten.

§ 98.

Die Formel von Ganguillet und Kutter¹⁾ benutzt als Grundlage den oben abgeleiteten Ausdruck

$$v = k \sqrt{JR},$$

indessen wird k , wie bei Bazin, als abhängig vom mittleren Radius und außerdem nach den Ergebnissen am Mississippi auch als abhängig vom Gefälle J angenommen; es wird nämlich gesetzt:

¹⁾ Vergl. die graphische Tafel von Kutter am Schlusse dieses Teiles. Statt k steht dort c .

$$k = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J}\right) \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Darin drückt der Koeffizient n den Einfluß der Beschaffenheit des Flußbettes, den sogenannten „*Rauhigkeitsgrad*“ aus. Sein Wert für jeden besonderen Fall ist der Schätzung, gemäß der Anleitung der folgenden Tabelle, überlassen.

Gat- tung	Beschaffenheit des Bettes	n	$\frac{1}{n}$
I	Gehobeltes Holz, glatter Zement	0,010	100
II	Rohe Bretter	0,012	83
III	Behauene Quadern, gute Ziegel	0,013	77
IV	Bruchsteine	0,017	59
V ₁	Erde, steiniger Boden, wenig Pflanzen (kleine Kanäle)	0,025	40
V ₂	Erde mit Pflanzen und Gras, auch felsig mit Steinwürfen (kleine Kanäle)	bis	bis
V ₃	Wie in natürlichen Bächen und Flüssen, Weser, Seine usw.	0,03	33
VI	Gewässer mit Geschieben, vielen Wasserpflanzen, ohne Unterhaltung	0,03—0,035	33—29

§ 99.

Vorteilhaftestes Querprofil. Bei Anlage eines Kanals, für den das Gefälle und die Wassermenge durch die örtlichen Verhältnisse gegeben sind, wird man sich stets fragen, mit welcher Form des Profils man den Zweck unter Aufwendung der geringsten Mittel erreicht. Da nun zuweilen die Kosten dem Inhalte F des Querprofils proportional sind, so gehört hierher die Untersuchung, welche Gestalt man dem Querprofil geben muß, damit es beim kleinsten Inhalt die gegebene Wassermenge Q mit dem vorhandenen Gefälle J befördert.

Hierbei wird wegen $Q = Fv$ offenbar F um so kleiner, je größer v ist, und da $v = k\sqrt{JR}$, wird v um so größer, je größer der mittlere Radius R ist.

Demnach erscheint diejenige Gestalt des Profils als die vorteilhafteste, bei der für einen bestimmten Wert der Größe F des Querschnitts der mittlere Radius den größten Wert erreicht.

Die diesbezüglichen mathematischen Untersuchungen ergeben, daß der Halbkreis, dessen wagrechter Durchmesser in die Wasseroberfläche

fällt, unter allen möglichen Figuren von gleichem Inhalt das grösste R ergibt. Will man aber eckige Formen anwenden, so sind am günstigsten die Hälften regulärer n -Ecke, bei denen der wagrecht liegende Durchmesser des eingeschriebenen Kreises in die Wasseroberfläche fällt. Für den *rechteckigen Kanal* ist mithin die Tiefe gleich der halben Sohlenbreite zu nehmen usf. Die genannten Formen eignen sich nicht zur Ausführung in Erde. Für diese ist die Trapezform (Fig. 197) üblich. Bezeichnet b die Sohlenbreite, a die Wassertiefe und δ den Neigungswinkel der Böschung gegen den Horizont, so ist für das vorteilhafteste Querprofil



Fig. 197.

$$a = \sqrt{\frac{F \sin \delta}{2 - \cos \delta}}; \quad b = \frac{F}{a} - a \cot \delta; \quad \frac{a}{b} = \frac{1}{2} \cot \frac{\delta}{2}.$$

Für $\delta =$	90°	60°	45°	36° 52'	33° 41'	30°	26° 34'
ist die Böschung	0,00	0,58	1,00	1,33	1,50	1,73	2,00 fach
und $\frac{a}{b} =$	0,50	0,87	1,21	1,50	1,65	1,87	2,12.

§ 100.

Beispiel. Es ist ein Kanal in Erde mit $1\frac{1}{2}$ facher Böschung anzulegen, der bei einem Gefälle von 1:1000 eine Wassermenge von 120 l in der Sekunde befördert. Die Sohlenbreite b und die Wassertiefe a sollen bestimmt werden. — Da die Aufgabe verschiedene Lösungen zulässt, wollen wir zuerst diejenige suchen, bei welcher das Querprofil nach § 99 die vorteilhafteste Gestalt hat, oder $a = 1,65 b$, dann ist

$$F = a(b + 1,5a) = 1,65b(b + 1,5 \cdot 1,65b) = 5,74 b^2,$$

$$U = b + 2\sqrt{a^2 + (1,5a)^2} = b + 2\sqrt{(1,65b)^2 + (1,5 \cdot 1,65b)^2}$$

$$= b(1 + 1,65\sqrt{13}) = 6,96b. \quad R = \frac{F}{U} = \frac{5,74}{6,96} b = 0,825b.$$

Bezeichnet nun v die mittlere Geschwindigkeit des Wassers, so ist

$$v = \frac{Q}{F} = \frac{0,120}{5,74 b^2} = k\sqrt{JR} = k\sqrt{0,001 \cdot 0,825b} = 0,0287 k\sqrt{b}$$

$$\text{oder } \frac{1}{b^2\sqrt{b}} = 1,37k.$$

Diese Gleichung ist nur durch Probieren zu lösen. Setzt man versuchsweise $b = 0,25$, so folgt $R = 0,825 \times 0,25 = 0,206$, demnach aus § 96 der Wert $k = 22,5$, mithin

$$\frac{1}{b^2\sqrt{b}} = 32 = 1,37 \cdot 22,5 = 30,8.$$

Demnach müsste b noch etwas gröfser genommen werden. Der nächste praktisch in Betracht kommende Wert ist 0,26. Dafür wird

$R = 0,825 \times 0,26 = 0,215$, mithin $k = 22,9$, also

$$v = 22,9 \sqrt{0,001 \cdot 0,215} = 0,0229 \sqrt{215} = 0,336 \text{ m.}$$

Ferner ist $F = 5,74 \cdot (0,26)^2 = 5,74 \cdot 0,0676 = 0,388$. Demnach die geführte Wassermenge

$$Q = F \cdot v = 0,388 \cdot 0,336 = 0,130.$$

Berechnet man auch für $b = 0,25$ die Wassermenge, so erhält man $Q = 0,110$. Eine praktisch kaum mit Sicherheit inne zu haltende Gröfse von 1 cm in der Sohlenbreite beeinflusst also die geführte Wassermenge um 20 l in der Sekunde, oder um 1:6 des Betrages von 120 l.

§ 101.

Die Geschwindigkeit des fließenden Wassers darf eine von der Beschaffenheit des Bettes abhängige Gröfse nicht überschreiten, weil sonst der Boden angegriffen und fortgeführt würde. Als höchstens zulässige Werte für die *mittlere* Geschwindigkeit in Betten werden angegeben für Wände aus schlammiger Erde und Töpferton 0,11, für fetten Ton 0,23, festen Flußsand 0,46, kiesigen Boden 0,96, grobsteinigen Boden 1,23, Konglomerat von Schieferstücken 1,86, lagerhafte Gebirgsarten 2,27, harte Felsarten 3,69. Vergl. damit *Sohलगeschwindigkeiten* Teil II, S. 102.

§ 102.

Ungleichförmige Bewegung des Wassers. Aus der Formel $v = k \sqrt{JR}$ läfst sich die Geschwindigkeit des fließenden Wassers berechnen, wenn Querschnitt und Gefälle des Wasserlaufes gegeben sind. Es entsteht aber die Frage, wie man zu rechnen hat, wenn auf der gegebenen Flußstrecke der Querschnitt nicht derselbe bleibt, sondern sich stetig von F_1 in F_2 verändert. Dann ermittle man den mittleren Radius für den ersten und für den letzten Querschnitt und nehme aus beiden das Mittel. Für diesen Wert von R und das gemessene Gefälle berechne man den zugehörigen Wert von v aus $v = k \sqrt{JR}$ entsprechend dem mittleren Profil ($F_1 + F_2$): 2, dessen Wert gleich F gesetzt werden möge. Die Geschwindigkeit im ersten Profile würde dann sein, da durch alle Profile dieselbe Wassermenge fließt, $v_1 = (F:F_1)v$ und im letzten $v_2 = (F:F_2)v$. Ist nun $v_1 > v_2$, so hat die Energie der Bewegung auf das Kilogramm abgenommen um $(v_1^2:2g) - (v_2^2:2g)$. Diese verschwundene Energie der Bewegung ist nun neben der durch das Fallen h auf der betrachteten Strecke, deren Länge l sein möge, ($J = h:l$), verlorenen Energie der Lage zur Überwindung der Widerstände verbraucht. Demnach war es nicht richtig, in der Formel $v = k \sqrt{JR}$ das Gefälle $J = h:l$ zu setzen, sondern es muß für h gesetzt werden $h + (v_1^2:2g) - (v_2^2:2g)$. Mit diesem verbesserten Werte des Gefalles ist nun die Rechnung zu wiederholen, und dann kann angenommen werden, dass v genau genug die im Mittelprofil F

herrschende Geschwindigkeit angibt und $Fv = Q$ die geführte Wassermenge. Zur Kontrolle kann man indessen noch einmal die Werte von v und Q unter der Voraussetzung berechnen, daß einmal der erste und dann der zweite Querschnitt auf der ganzen Strecke bestehen bliebe, wobei das verbesserte Gefälle in die Formel eingesetzt wird. Man wird dann die Wassermenge im ersten Falle zu klein, im zweiten zu groß finden, und das Mittel als wahrscheinlichsten Wert annehmen.

Für den Fall, daß $v_1 < v_2$, ist eine Zunahme der Energie der Bewegung erfolgt und das gemessene Fallen demnach größer, als dem Arbeitsverbrauch durch die Widerstände entspricht. Demnach muß man die Differenz der v_1 und v_2 entsprechenden Geschwindigkeitshöhen in Abzug bringen, um das verbesserte Fallen zu erhalten. Letzteres ist also ganz allgemein gleich

$$h + ([v_1^2 : 2g] - [v_2^2 : 2g]).$$

§ 103.

Der Einfluß von Gefällen über 0,3 bis 0,5 m für das Kilometer auf die Größe von k wird meist wenig in Betracht kommen. Deshalb pflegt man für gewöhnlich k aus folgender Tabelle nach Kutter und Grebenau zu entnehmen, in der nur seine Abhängigkeit von R berücksichtigt wird. Überhaupt darf man niemals vergessen, daß, schon wegen der Schätzung des Rauheitsgrades, allen diesen Rechnungen nur ein beschränkter Grad von Genauigkeit zukommt.

Tabelle der Werte von k in der Formel $v = k\sqrt{JR}$ nach Kutter und Grebenau.

Mittlerer Radius $R = \frac{F}{U}$ m	Werte von k für die Gattungen des § 98							
	I	II	III	IV	V ₁	V ₂	V ₃	VI
0,01	45,5	27,0	23,2	15,2	9,7	7,6	5,6	3,9
0,03	59,0	39,0	33,1	23,6	15,7	12,4	9,4	6,6
0,05	65,1	45,3	39,0	28,6	19,4	15,5	11,8	8,4
0,07	68,8	49,5	43,1	32,1	22,2	17,8	13,7	9,8
0,10	72,5	53,9	47,5	36,1	25,4	20,6	15,9	11,5
0,13	74,7	56,9	50,5	39,0	27,8	22,7	17,7	12,8
0,15	76,3	58,9	52,5	40,9	29,4	24,1	18,9	13,7
0,20	78,8	62,3	56,1	44,4	32,4	26,8	21,1	15,5
0,25	80,4	64,7	58,6	47,0	34,8	28,9	22,9	17,0
0,30	82,0	67,0	61,0	49,5	37,1	31,0	24,7	18,4
0,40	84,0	70,1	64,4	53,0	40,4	34,1	27,5	20,6

(Fortsetzung der Tabelle von S. 503.)

Mittlerer Radius $R = \frac{F}{U}$ m	Werte von k für die Gattungen des § 98							
	I	II	III	IV	V ₁	V ₂	V ₃	VI
0,50	85,5	72,4	66,9	55,8	43,2	36,7	29,7	22,5
0,60	86,6	74,2	68,9	58,1	45,5	38,9	31,7	24,1
0,80	88,2	76,8	71,9	61,5	49,0	42,3	34,9	26,8
1,00	89,3	78,7	74,0	64,1	51,8	45,0	37,5	29,1
1,50					56,1	49,4	41,7	32,9
2,00					60,3	53,7	45,9	36,7
3,00					65,0	58,7	50,9	41,5
4,00					68,3	62,1	54,5	45,0
6,00					72,5	66,8	59,5	50,1

§ 104.

Berechnung des Rückstaues. Will man natürliche Wasserläufe zum Betriebe von Mühlen, zur Wiesenbewässerung oder dergl. benutzen, so ist man meistens genötigt, durch eine Stauanlage (Wehr oder dergl.) den von Natur gegebenen Wasserspiegel zu heben. Diese Hebung würde sich auch bei ruhendem Wasser von der Stauanlage rückwärts fortpflanzen und der Rückstau (die sogen. *hydrostatische Stauweite*) würde bis dahin reichen, wo der wagrechte neue Wasserspiegel den früheren trifft. Dagegen wird die wirkliche (die *hydraulische*) *Stauweite* sich weiter erstrecken, nach Funk bis zur $1\frac{1}{2}$ fachen hydrostatischen, nach andern bis zur 2fachen. Indessen sind diese Angaben nicht als hinreichend begründet zu erachten. Ebenso wenig lassen sich Sasses Beobachtungen an Weser und Saale, daß der Rückstau oder die sogen. *Staukurve* (Längsschnitt der neuen Oberfläche des Wassers) da beginnt, wo im Längenschnitt die Horizontale durch die Wehrkrone die Sohle des Oberwassers trifft, auf andere Fälle übertragen.

Um zu besser begründeten Resultaten zu gelangen, wird man alle 50—100 m (event. auch in kleineren oder größeren Entfernungen) oberhalb der Stauanlage Querprofile des Wasserlaufes aufnehmen und die abzuführende Wassermenge Q , für welche die Staukurve ermittelt werden soll, bestimmen. Die Querprofile sind auf einen gemeinsamen Horizont zu beziehen, und in dem ersten, das an der Stauanlage liegt, ist die Höhe des gestauten Wasserspiegels anzugeben. Für dieses kann man dann den Flächeninhalt F_1 , den benetzten Umfang U_1 , und daraus den mittleren Radius R_1 bestimmen. Mit Hilfe der Tabelle des § 103 erhält man dann das zugehörige k . Nun nimmt man vorläufig an, für die erste Strecke

oberhalb der Stauanlage sei der Querschnitt bis zum zweiten Profil gleich F_1 , und berechne das Gefälle J_0 , welches unter diesen Umständen nötig wäre, um die Wassermenge Q zu fördern. Dazu hat man die Formel von § 95

$$v_1 = \frac{Q}{F_1} = k \sqrt{J_0 R_1}, \text{ worin } R_1 = \frac{F_1}{U_1},$$

oder

$$J_0 = \frac{v_1^2}{k^2 R_1} = \frac{Q^2 U_1}{k^2 F_1^3}.$$

Ist nun l_1 die Länge der Strecke zwischen den beiden ersten Profilen, so wäre die Wasserhöhe h für das zweite Profil

$$h_2 = h_1 + J_0 l_1.$$

Jetzt kann man ebenso, wie vorhin für das erste, für das zweite Profil F_2 , U_2 und R_2 ermitteln und daraus das Gefälle J_1 , welches ein Wasserlauf mit dem unveränderlichen Profil F_2 haben müßte, um die Wassermenge Q zu führen. Nun würde das wirklich zwischen dem ersten und zweiten Profil stattfindende Gefälle zwischen J_0 und J_1 liegen, wenn die beiden Profile F_1 und F_2 gleiche Größe hätten. In der Regel wird aber $F_1 > F_2$ sein, mithin auch die mittlere Geschwindigkeit $v_2 = Q : F_2$ des Wassers in F_2 größer sein als diejenige $v_1 = Q : F_1$ in F_1 . Man würde daher, streng genommen, das ganze Fallen für die erste Strecke um die Differenz der Geschwindigkeitshöhen $(v_2^2 : 2g) - (v_1^2 : 2g)$ zu vermindern haben. Ist letztere Differenz d , so wäre also ein besserer Wert für die Höhe des Wassers im zweiten Profil

$$h_2 = h_1 + (J_1 + J_2) l : 2 - d.$$

Durch Wiederholung der Rechnung für diesen neuen Wert liefse sich derselbe noch verbessern. Indessen ist im allgemeinen für praktische Zwecke eine zu subtile Genauigkeit nicht angezeigt, man wird nur immer so rechnen müssen, daß kein zu kleiner Wert des Rückstaues herauskommt, denn es ist immer zu berücksichtigen, ob die Gestalt des Flußbettes, die man bei Anlage des Wehres vorfand, sich auch wird erhalten lassen. In den meisten Fällen ist es wahrscheinlich, daß der Fluß an den tieferen Stellen vor dem Stau auch von oben kommendes Geschiebe oder Detritus ablagern wird, wegen der geringeren Wassergeschwindigkeit. Namentlich ist dies zu befürchten, wenn bei Hochwasser der Stau nicht zeitweise aufgehoben und eine gründliche Spülung des Bettes bewirkt werden kann.

Meistens wird man deswegen die Erniedrigung des Gefälles durch Berücksichtigung der abnehmenden Geschwindigkeit ganz vernachlässigen und von Profil zu Profil so weit rechnen, bis der erhaltene Wasserspiegel dem ursprünglichen auf zu vernachlässigende Größen nahe kommt. Übrigens läßt sich die Erniedrigung des Gefälles durch die abnehmende

Geschwindigkeit des Wassers von vornherein in ihrer ganzen Größe überschlagen, indem man die Geschwindigkeit im ungestauten Flussprofil mit derjenigen im Profil unmittelbar vor der Stauanlage vergleicht. Danach läßt sich beurteilen, ob es überhaupt nötig erscheint, diese Größe zu berücksichtigen.

Die meist sehr umständlichen Rechnungen lassen sich sehr abkürzen, wenn die Begrenzungen der Profile sich nur durch verschieden hohe Wasserstände unterscheiden. Es sind dann die Größen F , U , R und das zugehörige J nur von der Wassertiefe abhängig. Man wird sich also für runde Wassertiefen diese Größen ausrechnen und sie nach geeignetem Maßstab als Ordinaten, die zugehörigen Wassertiefen als Abscissen auftragen und die erhaltenen Punkte stetig verbinden. Die so entstehenden Kurven geben dann ohne weiteres für jede Wassertiefe die erforderlichen Größen.

§ 105.

Einfluss der Krümmungen. Natürliche Wasserläufe sind selten auf längere Strecken geradlinig, und die Krümmungen haben eine Tendenz, sich zu vergrößern. Beim Übergange von dem geraden zum krummen Lauf hat nämlich die Wassermasse ein Bestreben, vermöge ihres Beharrungsvermögens in gerader Linie weiter zu fließen. Dadurch entsteht am hohlen Ufer eine größere Wassergeschwindigkeit, welche dies Ufer angreift und durch Fortführung von Stoffen die Krümmung vergrößert. Dagegen wird die Geschwindigkeit am konvexen Ufer vermindert, und es lagern sich hier Sinkstoffe ab, welche das mit schnellerer Bewegung ankommende Wasser mitbrachte. So liegt das eine Ufer im *Abbruch*, während das andere *anlandet*. Auf diese Weise ist die Natur bemüht, dem Flusse eine immer größere Länge zu verschaffen. Dadurch werden Gefälle und Geschwindigkeit so weit vermindert, bis schließlich ein Gleichgewichtszustand eintritt, bei dem das Wasser so langsam fließt, daß es überhaupt sein Bett nicht mehr angreift. — Auch ist es von Interesse, die Erhebung des Wasserspiegels anzudeuten, die durch den Einfluss der Zentrifugalkraft am hohlen Ufer entstehen muß. Nehmen wir beispielsweise an, das Wasser hätte eine Geschwindigkeit $v = 1$ m und bewege sich in einer kreisbogenförmigen Krümmung vom Radius $r = 10$ m, dann wäre die wagrechte, senkrecht zur Bahn gerichtete Zentrifugalkraft für 1 kg Wasser (§ 12) gleich $v^2 : gr$, oder wenn man die gegebenen Zahlenwerte einsetzt, $1^2 : 9,81 \cdot 10$, wofür rund 0,01 gesetzt werden mag. Die Zentrifugalkraft eines Wasserteilchens wäre also gleich 0,01 seiner Schwerkraft. Setzt man nun diese beiden auf alle Wasserteilchen je horizontal und lotrecht wirkenden Kräfte zu einer Resultierenden zusammen, so bildet diese mit dem Lot einen Winkel, dessen Tangente gleich 0,01 ist. Wie wir schon früher gesehen haben (§ 66), steht der Wasserspiegel stets senkrecht zu den

Richtungen der Kräfte, die auf jedes Wasserteilchen einwirken. Demnach muß also die Oberfläche des Wassers um denselben Winkel gegen die wagrechte Richtung geneigt sein. Auf 1 m Länge, in radialer Richtung gemessen, muß also der Wasserspiegel um 0,01 m oder 1 cm ansteigen.

D. Wassermessungen in Flüssen und Kanälen.

§ 106.

Gefällmessungen. Aus vorstehendem ist zu ersehen, wie vorsichtig man bei Gefällmessungen verfahren muß, um nicht in grobe Fehler zu verfallen. Jedenfalls ist an allen Krümmungen der Wasserstand an beiden Ufern zu messen. Auch da, wo durch rasche Vergrößerung der Geschwindigkeit ein schnelles Fallen, oder durch die umgekehrten Verhältnisse ein schnelles Steigen des Wasserspiegels erfolgt, hat man die Messungen so auszuführen, daß diese Verhältnisse deutlich hervortreten. Gewöhnlich will man durch Messen des Gefälles die auf Überwindung der Bewegungshindernisse verwendete Arbeit bestimmen. Man darf dann aber niemals vergessen, daß dies nur für solche Strecken richtig ist, bei denen die Geschwindigkeit des Wassers am Ende ebenso groß ist, wie am Anfange. Sonst ist das für Vergrößerung der Energie verbrauchte Gefälle vom gemessenen abzuziehen, oder das durch Verkleinerung derselben gewonnene zuzusetzen, um das für Reibung verbrauchte Gefälle zu erhalten. Siehe auch § 102.

§ 107.

Schwimmer. Will man durch Beobachtung die Geschwindigkeit des fließenden Wassers bestimmen, so besteht die einfachste Methode darin, daß man durch einen schwimmenden Körper die Bewegung des Wassers sichtbar macht. Als Schwimmer benutzt man ein Stück weißes Holz, eine Glasflasche, die so weit mit Wasser gefüllt ist, daß der weiße Stopfen nur so viel aus dem Wasser hervorragt, als zur Sichtbarkeit nötig ist, eine in entsprechender Weise beschwerte hohle Messingkugel u. dergl. m. Je weniger der Schwimmer aus dem Wasser hervorsteht, desto weniger wird seine Bewegung durch den Widerstand oder Strömungen der Luft beeinflusst.

Zur Beobachtung wählt man einen windstillen Tag, damit Wasseroberfläche und Schwimmer in ihren Bewegungen durch den Wind nicht gestört werden, und womöglich eine gerade Flußstrecke, in der das Wasser sich mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegt. Am Ufer wird eine Länge von etwa 50 bis 100 m durch je zwei Fluchtstäbe mit einer Visierlinie senkrecht zur Flußrichtung bezeichnet. Man setzt nun den Schwimmer so weit oberhalb der durch die beiden ersten Fluchtstäbe

bestimmten Linie in das Wasser, dafs er beim Passieren derselben die Geschwindigkeit des Wassers angenommen hat. Mit einer Sekunden zeigenden Uhr stellt man nun die Zeiten fest, in denen die Linien der Fluchtstäbe passiert werden. Die Differenz ergibt die Zeit, welche der Schwimmer gebrauchte, um die abgesteckte Strecke zu durchlaufen. Die Strecke selbst, geteilt durch die beobachtete Zeit, liefert dann den Weg in der Zeiteinheit oder die gesuchte Geschwindigkeit des Wassers. War die Strecke z. B. 100 m lang und betrug die Zeit zum Durchlaufen derselben 250 Sekunden, so ist die gesuchte Geschwindigkeit gleich $100 : 250 = 0,4$ m. Gewöhnlich wird auf diese Weise nur die Geschwindigkeit im *Stromstrich* bestimmt, d. i. diejenige Stelle der Oberfläche, welche die grösste Geschwindigkeit zeigt. Macht man nämlich den Versuch an andern Stellen, so gelingt es selten, den Schwimmer während seiner ganzen Bewegung in gleicher Entfernung vom Ufer zu halten.



Fig. 198.

Verbindet man nach Fig. 198 mit einem Schwimmer einen andern von gleicher Grösse und Gestalt durch einen feinen Draht und beobachtet die Bewegung dieses Systems wie beim einfachen Schwimmer, so erhält man eine Geschwindigkeit v_1 , welche das Mittel ist aus der Geschwindigkeit v des Wassers an der Oberfläche und derjenigen x in der Tiefe des zweiten Schwimmers. Man hat also

$$v_1 = \frac{v + x}{2}, \text{ woraus } x = 2v_1 - v.$$

Durch Beobachtung von v und v_1 läfst sich also die Geschwindigkeit x in einer bestimmten Tiefe ermitteln. Cabeto gab dem Schwimmer die Gestalt eines Stabes, der dadurch, dafs er unten beschwert war, eine aufrechte Stellung behielt. Durch Beobachtung desselben wird die mittlere Geschwindigkeit in der vom Schwimmer durchlaufenen senkrechten Ebene erhalten.

Wie man mit Hilfe der an Schwimmern beobachteten Geschwindigkeit die *mittlere Geschwindigkeit* und daraus die *geführte Wassermenge* berechnet, ist in § 110 c angegeben.

§ 108.

Pitot'sche Röhre. Bringt man nach Pitot eine gebogene Glasröhre ABC (Fig. 199) so in fließendes Wasser, dafs BC genau gegen den Strom gerichtet ist und AB lotrecht steht, dann wird der Wasserspiegel in der Röhre um ein Stück h höher stehen, als derjenige, welcher die Röhre umgibt. h wird um so gröfser, je gröfser die Geschwindigkeit v des Wasserstromes ist. Mithin wird man aus der beobachteten Grösse von h auf die Grösse von v einen Schlufs ziehen können, wenn man weifs

wie diese beiden Gröfsen zusammenhängen. — Denkt man sich die Röhre in ruhendes Wasser getaucht und ihr von oben her so viel Wasser zugeführt, daß der Spiegel des Wassers in der Röhre um h über dem äußeren Spiegel steht und das Wasser durch eine sehr kleine Öffnung bei C abfließt, dann ist die Ausflufsgeschwindigkeit, wenn von Widerständen abgesehen wird, nach § 76 gleich $\sqrt{2gh}$. Denkt man sich nun das Wasser gegen die Röhre in der Richtung CB fließend, so wird es dadurch ein Bestreben erhalten, in die Röhre einzutreten. Das Gleichgewicht tritt nun ein, wenn das Bestreben einzutreten ebenso groß ist, als das Bestreben auszufließen. Daraus erhellt die Beziehung

$$v = \sqrt{2gh}.$$

Die Benutzung der Pitot'schen Röhre in strömendem Wasser, dessen Geschwindigkeit bekannt war, hat ergeben, daß bei zweckmäßiger Konstruktion der Unterschied zwischen Theorie und Wirklichkeit nur wenige Prozent beträgt. Für jede bestimmte Röhre wäre also durch Versuche, ähnlich denen im nächsten Paragraphen, ein Wert x , der nahe gleich 1 ist, zu ermitteln, so daß die wirkliche Geschwindigkeit

$$v = x\sqrt{2gh} \text{ oder einfacher, wenn } x\sqrt{2g} = k \text{ gesetzt wird, } v = k\sqrt{h}.$$

Für 1 m Geschwindigkeit ergibt sich, wenn $x = 1$ angenommen wird, $h = 51$ mm. Demnach würde man bei 0,1 m Geschwindigkeit den hundertsten Teil dieses Wertes erhalten oder 0,51 mm. Daraus ist ersichtlich, wie namentlich für kleine Geschwindigkeiten eine genaue Messung des Niveauunterschiedes nötig erscheint. Da man nun bei der beschriebenen ursprünglichen Einrichtung h wegen der Nähe des Wasserspiegels nicht genau messen kann, so verbesserte Reichenbach die Röhre dadurch, daß er, wie in der Figur punktiert, eine zweite Röhre mit einer *seitlichen* Öffnung anbrachte, in der sich der Wasserspiegel mit dem äußeren gleich einstellte. Während nun in dieser Weise die Röhre im Wasser stand, konnte man durch Drehung eines durch beide Röhren gehenden Hahnes das Wasser in den Röhren absperrn, die Röhren aus dem Wasser nehmen und bequem ablesen. Ein weiterer Vorteil der Anwendung von zwei Röhren wird dadurch erzielt, daß man beide Röhren von genau gleicher Weite nimmt. Denn in einer Röhre wird der Wasserspiegel immer durch die Haarröhrenkraft etwas gehoben. Wenn diese Hebung aber in den

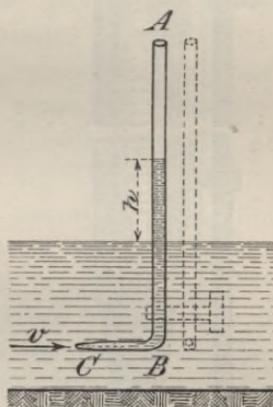


Fig. 199. Pitot'sche Röhre.

beiden Röhren in gleicher Weise stattfindet, so entsteht dadurch kein Fehler, weil es nur auf die Differenz der Wasserstände ankommt.

Eine Röhre mit den Verbesserungen Darcys, wie sie für die Landwirtschaftliche Akademie Bonn-Poppelsdorf aus Paris bezogen wurde, zeigt Fig. 200 in etwa 1:4,5 natürl. Gröfse. Die Röhre findet ihren Halt an einem hohlen Eisenstab (Gasrohr), der mit einer Spitze in den

Boden des Flußbettes so weit eindringt, als eine unten befestigte Eisenscheibe gestattet. Die obere sehr feine Mündung *m* nimmt das Wasser auf. Ein längeres, enges, dunkel gezeichnetes Röhrrchen bringt es dann bis an die Bohrung des Hahnes, die es weiter durch ein Gummistück dem Glasrohr *n* zuführt. Neben letzterem steht ein ebenso weites Glasrohr *o*, dem das Wasser in gleicher Weise von der nach unten gerichteten Öffnung *s* zugebracht wird. Die Zuführungsröhrrchen sind absichtlich so eng gewählt, damit die Schwankungen des Wasserspiegels sich nicht bis in die Glasröhren fortpflanzen.

Hält man das Rohr so im fließenden Wasser, dafs die Röhre *m* gegen den Strom gerichtet ist, so steigt das Wasser in kurzer Zeit in der Glasröhre *n* zu einem Niveau auf, das um eine von der Geschwindigkeit des Wassers abhängige Gröfse höher liegt als der äußere Wasserspiegel, bis zu dessen Höhe sich das Wasser in der Glasröhre *o* einstellt. Schließt man jetzt durch einen Zug an der entsprechenden Schnur den Hahn *h*, so kann man das Instrument aus dem Wasser nehmen, um darauf den

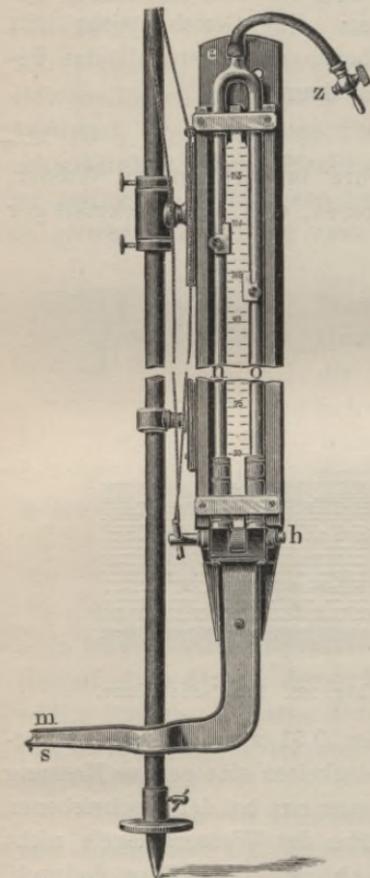


Fig. 200. Darcys Röhre.

Unterschied der beiden Wassersäulen festzustellen. Nun besteht Darcys Verbesserung darin, dafs er die beiden Röhren oben verband, bei *e*, und hier einen durch den Hahn *z* verschließbaren Gummischlauch ansetzte, durch den man Luft absaugen kann. Tut man dies, so steigen die Wasserspiegel in den Glasröhren in eine zum Ablesen bequeme Höhe. Jetzt kann man in aller Ruhe, während das Instrument im Wasser steht, mit Hilfe der zwischenliegenden Skala mit Nonien ablesen, und es ist

leicht ersichtlich, daß die Differenz der Höhen, auf die es ankommt, sich durch das Aufsaugen nicht ändert. — Die obere Verbindung der Röhren entspricht nicht mehr dem Pariser Modell, sondern ist nach des Verfassers eigener Idee so verändert, daß man den ganzen Luftraum über den Wasserspiegeln mit einer Flüssigkeit füllen (und oben durch einen Pfropfen abschließen) kann, die leichter ist als Wasser, z. B. Petroleum. Dadurch erreicht man für geringe Geschwindigkeiten des Wassers, daß die Höhenunterschiede der Wasserspiegel erheblich größer werden. Bei Anwendung von Petroleum werden sie etwa 10 mal so groß, wie sonst. Sie werden in demselben Maße größer, als das spezifische Gewicht der Hilfsflüssigkeit sich dem des Wassers nähert.

§ 109.

Der Woltmann'sche Flügel (Fig. 201, nach einer Ausführung von Amsler in Schaffhausen) gilt als besonders geeignetes Instrument zur Bestimmung der Geschwindigkeit des fließenden Wassers. Er besteht aus einer sehr leicht drehbar gelagerten Achse a , die zwei Flügel von schraubenförmiger Gestalt trägt, bei denen die Tangente an die äußere Windung c unter einem Winkel von 45° gegen die Achse geneigt ist.

Der die Achse a tragende Bügel ist mit einem Hohlzylinder verbunden, welcher durch zwei Druckschrauben $e e$ an einer hohlen eisernen Stange (Gasrohr) in beliebiger Höhe befestigt werden kann. Die eiserne Stange steckt man in die Sohle des Wasserlaufs so ein, daß die Achse gegen die Strömung des Wassers gerichtet ist. Durch den Druck des Wassers werden dann die Flügel in Drehung versetzt, und die Anzahl der Umdrehungen, die sie in einer Minute machen, wird mit der Geschwindigkeit des Wassers größer. Wenn man also eine Einrichtung anbringt, die es ermöglicht, die Umdrehungen zu zählen, so würde damit der Flügel brauchbar werden, um die Geschwindigkeit des Wassers zu messen.

Auf der Achse befindet sich bei s ein Schraubengewinde, das in ein darunter liegendes Rädchen mit 100 dreieckigen Zähnen eingreifen kann, wenn der gabelförmige Hebel, dessen Drehpunkt bei u liegt und der die Achse des Zahnrades trägt, etwas gehoben wird. Auf der Achse des Zahnrades mit 100 Zähnen befindet sich ein zweites mit nur 10 Zähnen, das ein anderes, in demselben Hebel gelagertes Rädchen mit 100 Zähnen dreht. Geht die Achse des Flügelrades einmal herum, so geht das erste Zahnrad, wenn es zum Eingriff gebracht ist, um 1 Zahn weiter, was man an einem am Hebel befestigten Zeiger beobachten kann. 100 Flügel-drehungen drehen das erste Zahnrad einmal und das zweite um 0,1 seines Umfangs. Hat man nun beispielsweise die Zeiger der beiden Zahnräder auf die Zähne 0 eingestellt und beobachtet nach 5 Minuten, daß der Zeiger

des letzten Rades zwischen 5 und 6 steht, der des ersten auf 24, so ist die Zahl der Umdrehungen 524, mithin in der Minute $524 : 5 = 104,8$.

Es wäre jetzt noch zu zeigen, wie das Ein- und Ausrücken der Zahnräder erfolgt. Bei *v* sitzt, durch einen Stift gehalten, eine Spiralfeder, die dem Hebel stets das Bestreben gibt, sich nach oben zu bewegen. Verhindert wird die Bewegung durch ein Röllchen *w* am Ende des Hebels, das sich an einen sternförmigen drehbaren Messingkörper legt. Über diesem liegt ein zweiter Hebel, der durch Ziehen an der Öse *n* oder einer in

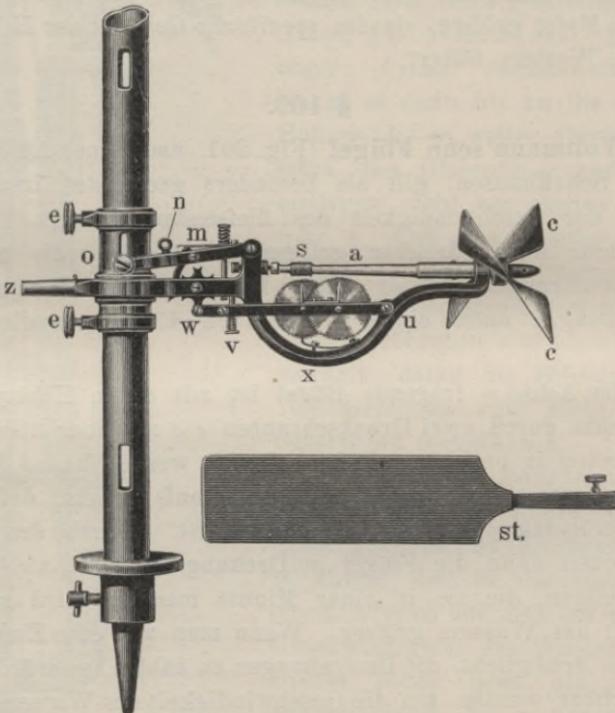


Fig. 201. Woltmann'scher Flügel.

derselben befestigten Schnur gehoben werden kann, worauf ihn der Druck einer in der Nähe seines Drehpunktes drückenden Spiralfeder zurückbringt. Wird der Hebel gehoben, so nimmt er bei *m* an ihm drehbar befestigte Sperrhaken mit, die den Stern um eine Teilung verstellen. Dann kann sich das Röllchen am Ende des die Zahnräder tragenden Hebels ein Stück aufwärts bewegen, bis das Eingreifen der Zahnräder in die Schraube erfolgt. Zieht man nun noch einmal an der Öse *n*, so ziehen die Sperrkegel den Stern wieder weiter in eine seiner ersten entsprechende Lage, das Röllchen *w* wird wieder heruntergedrückt, das Zahnrad kommt aufser Berührung mit der Schraube *s* und eine Hakenfeder *x* faßt zwischen die Zähne

und verhindert die weitere Drehung. Die Schnur, durch welche der Ausrückhebel gezogen wird, ist in der Figur nicht an der Öse n gedacht, sondern, um seine Berührung mit dem strömenden Wasser zu vermeiden, durch den hohlen Eisenstab geführt und um einen Stift geschlungen, der sich im gegabelten Ende des Ausrückhebels befindet und durch schlitzförmige Öffnungen durch das Innere des Rohres geht.

Der Gang der Beobachtungen ist folgender. Man rückt den Eingriff aus und stellt die Zahnräder so, daß die Zeiger auf Null weisen. Nun bringt man den Flügel in gehöriger Richtung (§ 110 b) gegen das strömende Wasser, dessen Geschwindigkeit man bestimmen will. Nachdem der Flügel einige Minuten leer gelaufen ist und seine größte Geschwindigkeit erreicht hat, sieht man nach einer Sekunden zeigenden Uhr und rückt durch einen Zug an der Schnur ein, wenn der Sekundenzeiger über 60 geht; dann läßt man etwa 5 Minuten eingerrückt, rückt durch einen zweiten Zug an der Schnur aus, nimmt den Flügel aus dem Wasser, liest die Zahl der Umdrehungen ab und berechnet deren Anzahl auf die Minute oder Sekunde.

Der Zusammenhang zwischen der Zahl der Flügeldrehungen und der Geschwindigkeit ist durch Beobachtung zu bestimmen. Dazu gibt es zwei Wege. Erstens kann man den Flügel in fließendes Wasser bringen, dessen Geschwindigkeit man auf andere Weise, z. B. durch Schwimmer, bestimmt hat. Zweitens kann man ruhendes Wasser benutzen, indem man den Flügel gegen das Wasser bewegt. Man verbindet dabei zwei Kähne durch eine Brücke aus Brettern. Vorn an dieser Brücke, zwischen den beiden Nachen, wird die Stange des Flügels so befestigt, daß die Achse wagrecht im Wasser liegt, und dann der ganze Apparat durch ein Seil vom Ufer aus in der geraden Richtung der Achse mit gleichmäßiger Geschwindigkeit vorwärts gezogen. Am Ufer werden in einiger Entfernung vom Ausgangspunkte zwei Fluchtstäbe aufgestellt, deren Verbindungslinie senkrecht zur Fahrriichtung steht. Etwa 50 bis 100 m weiter wird eine zu der ersten parallele Linie durch Stäbe in gleicher Weise bezeichnet. Läßt man nun die Nachen vom Ausgangspunkte ziehen, so setzt sich der Flügel gerade so in Bewegung, als ob das Wasser gegen ihn strömte. Sobald der Beobachter die Linie der ersten Fluchtstäbe passiert, rückt er das Zählwerk ein und sieht nach der Uhr. Beim Passieren der Linie der zweiten Fluchtstäbe wird das Zählwerk ausgerückt und wieder die Zeit notiert. Ist nun n die Anzahl der Flügeldrehungen, t die zwischen dem Passieren der beiden Marken verflossene Zeit und l ihre Entfernung, so war die Geschwindigkeit v der Bewegung $v = l : t$, und die Zahl n der Flügeldrehungen in der Zeiteinheit (Minute oder Sekunde) ist $n = u : t$. Nach der ersten und zweiten Methode sucht man möglichst viele zusammen-

gehörige Werte der Wassergeschwindigkeit v und der Anzahl der Flügel-drehungen auf die Zeiteinheit zu ermitteln. Die zusammengehörigen Werte von n und v trägt man sich (z. B. auf Millimeterpapier) als Abscissen und Ordinaten auf und legt durch deren Endpunkte eine stetige Linie. In der Regel wird diese als eine Gerade anzusprechen sein von der Gleichung

$$v = a + bn,$$

in der a und b zwei konstante Größen sind, deren Werte man mit Hilfe der Methode der kleinsten Quadrate möglichst genau aus den Beobachtungen ableiten kann, wenn man sich nicht mit der graphischen Darstellung, als einfacher und hinreichend genau, begnügen will. Die vorstehende Formel ist die einfachste und meistens ausreichend, doch haben verschiedene Beobachter für ihre Flügel besondere Formeln aufgestellt, die sich den Beobachtungen besser anschließen sollen. Amsler gibt für den Flügel der Fig. 201 die Formel, in der n sich auf die Sekunde bezieht:

$$v = 0,011 + 0,2239 n;$$

hierin wird für $n = 0$ die Geschwindigkeit $v = 0,011$, d. h. derjenigen gleich, bei welcher Reibungswiderstände die Flügeldrehung verhindern.¹⁾

Anstatt den Flügel fest mit der Stange zu verbinden, kann man ihn auch auf einem unterhalb des Flügels an der Stange befestigten Ringe ruhen lassen. Es wird dann bei z das Steuerruder st (Fig. 201) am Flügel befestigt und die Schnur an der Öse n , auch der durch die Stange gehende Stift entfernt, so daß der Flügel sich nach Art einer Windfahne in die Stromesrichtung einstellen kann. Bei tiefen Gewässern wird der Flügel durch ein Drahtseil getragen, das unten durch ein schweres Gewicht belastet wird. Dabei ist es zweckmäßig, damit man den Flügel nicht immer aus dem Wasser zu nehmen braucht, ihn mit einer elektrischen Einrichtung zu versehen, die jedesmal ein Glockenzeichen gibt, wenn der Flügel 100 Umdrehungen gemacht hat. Es gibt noch eine ganze Reihe von Instrumenten für Geschwindigkeitsmessungen, die aber wenig gebraucht werden. Näheres darüber findet man in Rühlmanns Hydromechanik.

§ 110.

Bestimmung der Wassermenge aus Profilaufnahmen und Geschwindigkeitsmessungen.

a) *Profilmessungen* sind hinsichtlich ihrer Ausführung wesentlich von Breite, Tiefe und Strömungsgeschwindigkeit des Wassers abhängig.

¹⁾ Die Technischen Hochschulen zu München und Hannover haben Einrichtungen getroffen, Woltmann'sche Flügel gegen mäßige Gebühr sehr sorgfältig zu untersuchen.

Bei Bächen ist man leicht in der Lage, eine vorhandene Brücke zu benutzen oder eine solche aus Balken und Brettern herzustellen. Die Brücke wird dann nach Fig. 202 *a* durch Kreidestriche mit einer Einteilung (z. B. in ganze Meter) versehen und am Ufer ein Nivellierinstrument so aufgestellt, daß sein Fernrohr das ganze Profil überblickt. An den bezeichneten Punkten läßt man die Nivellierlatten aufhalten und notiert jedesmal die Ablesung. Danach kann man das Profil so auftragen, wie es die Figur zeigt, und aus den eingemessenen Punkten, deren gerade Verbindungslinien sich hinreichend genau an die wirkliche Gestaltung des Bettes anschließen müssen, und der Lage des Wasserspiegels ist der Inhalt F des Wasserprofils zu ermitteln. Die Messungen lassen sich auch ohne Nivellierinstrument mit einer geteilten Stange, die unten gewöhnlich mit einem Brettchen versehen ist, damit sie nicht in den Schlamm dringt, der *Peil-* oder *Sondierstange*, ausführen, indem man die Tiefen bis zum Wasserspiegel mißt.

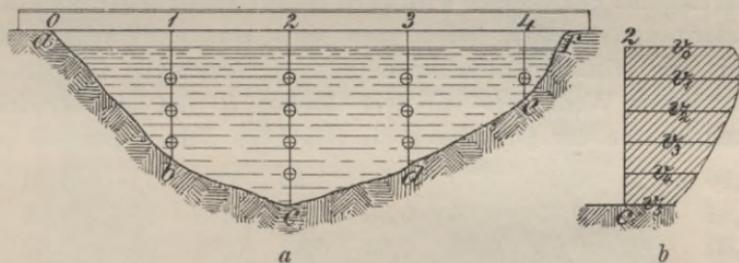


Fig. 202.

b) Die *Geschwindigkeitsmessungen* werden sodann in den einzelnen Vertikalen (Fig. 202 *a*) *1b*, *2c* u. s. w. in möglichst vielen Punkten ausgeführt, indem man jede in eine Anzahl, gewöhnlich gleicher, Teile geteilt denkt (z. B. dm). Macht man die Messungen etwa mit dem Woltmannschen Flügel (§ 109), so hat man die Achse des Instruments genau horizontal und senkrecht zur Richtung des Profils an die bestimmten Punkte zu bringen. Es würde ein Fehler sein, den Flügel mit Steuerruder zu gebrauchen, denn dann würde an Stellen, wo die Strömung nicht genau senkrecht zum Profil ist, der Flügel sich dem entsprechend einstellen, und man statt der Geschwindigkeitskomponente senkrecht zum Profil, die man haben will, die Strömungsgeschwindigkeit an sich erhalten. Die beobachteten Geschwindigkeiten müssen stets durch doppelte Messung geprüft werden, weil sich leicht ein nicht sichtbares Fädchen oder dergl. im Wasser Schwimmendes an die Flügel hängt und die Resultate unbrauchbar macht. Auch eine sichere Marke zur Bezeichnung des veränderlichen Wasserspiegels darf man nicht vergessen und muß danach den Stand bei jeder Messung notieren. Die in den einzelnen Vertikalen erhaltenen Resultate

trägt man auf, wie Fig. 202 *b* für die Vertikale *zc* zeigt, und verbindet die Endpunkte der Geschwindigkeiten durch eine stetige Linie. So erhält man in der schraffierten Figur einen Querschnitt desjenigen Wasserkörpers, der in einer Sekunde durch das gemessene Profil fließt. Aus den einzelnen Profilen berechnet man den Inhalt dieses Wasserkörpers nach bekannten Methoden und hat damit die in einer Sekunde durch das Profil fließende Wassermenge. — Steht bei breiteren Gewässern zu den Messungen keine Brücke zur Verfügung, so ist ein Seil über den Fluß zu spannen, an dem durch rote Bändchen eine Einteilung für die einzelnen aufzunehmenden Profilpunkte gemacht ist. Die Messungen geschehen von zwei durch eine Brücke verbundenen Kähnen aus, die durch einen Anker gehalten werden. Bei noch größeren Verhältnissen fällt auch die Bezeichnung des Profils durch ein Seil fort, und die Stellen der Messungen werden vom Ufer aus durch Meßtisch oder Theodolit bestimmt.

c) Die Messung der Geschwindigkeit des Wassers allein im Stromstrich durch einen Schwimmer wird auch oft zur schätzungsweisen Messung der Wassermenge benutzt, indem man nach Bazin annimmt, daß das Verhältnis der mittleren Geschwindigkeit zu derjenigen im Stromstrich für verschiedene Werte des mittleren Radius R und die verschiedenen Rauigkeitsklassen des § 98 durch die folgenden Zahlen gegeben ist

$R = 0,10$	0,20	0,40	0,70	1,00	1,50	2,00	3,00	4,00	6,00
I	0,84	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
II	0,80	0,82	0,83	0,83	0,83	0,84	0,84	0,84	0,84
IV	0,71	0,76	0,78	0,80	0,81	0,81	0,81	0,82	0,82
V_1	0,54	0,61	0,68	0,72	0,74	0,76	0,77	0,78	0,79
VI	0,45	0,53	0,61	0,66	0,68	0,71	0,72	0,74	0,76

Ist also z. B. in einem Kanal aus Erde die Geschwindigkeit im Stromstrich zu 0,4 m gefunden, der Profillininhalt 2 qm und $R = 1,25$, so ergibt die Tabelle die mittlere Geschwindigkeit für Klasse V_1 zu $0,75 \cdot 0,4 = 0,3$. Die geführte Wassermenge ist also $2 \cdot 0,3 = 0,6$ cbm.

d) Einen vorzüglichen Überblick über die Resultate von Geschwindigkeitsmessungen gibt die Fig. 203, welche der „Bewegung des Wassers in natürlichen Wasserläufen“ von W. Plenker entnommen ist. Die obere Figur stellt das Flußprofil in seiner wirklichen Gestalt dar, darunter steht dasselbe verzerrt durch den größeren Höhenmaßstab. In letzterem Profil sind alle Punkte verbunden, deren Geschwindigkeiten je 1,35, 1,30, 1,25 usw. bis 0,05 m betragen, wodurch Kurven gleicher Geschwindigkeit entstehen. Ferner sind die Stellen der größten Geschwindigkeiten in allen Vertikalen verbunden, woraus man sieht, daß überall die größte Geschwindigkeit etwas unter dem Wasserspiegel liegt. Außerdem geben die Verbindungslinien aller Punkte, die je der mittleren Ge-

schwindigkeit in jeder Vertikalen und im ganzen Profil entsprechen, zu interessanten Vergleichen Veranlassung. Auch sind noch vom Wasserspiegel aus als Ordinaten aufgetragen und durch die entsprechend be-

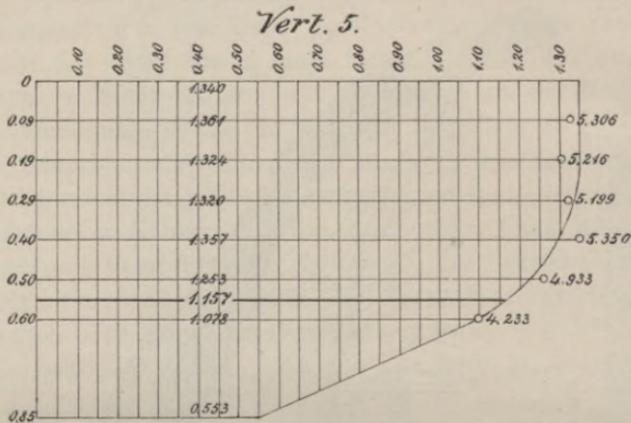


Fig. 204.

zeichneten Kurven verbunden: die Größen der Oberflächengeschwindigkeit an den betreffenden Stellen, sowie die der mittleren Geschwindigkeit in jeder Vertikalen. Sehr interessant sind auch die nach den Vertikalen 5

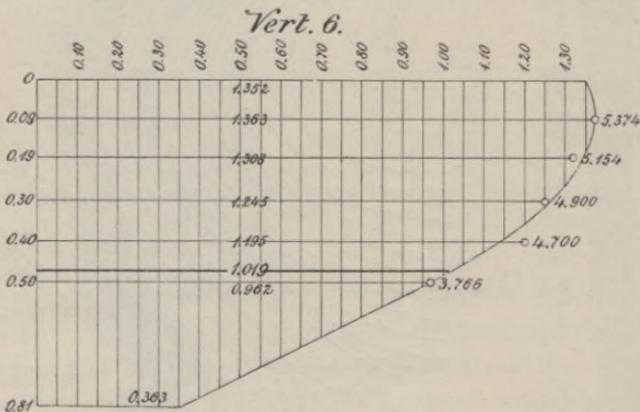


Fig. 205.

(Fig. 204) und 6 (Fig. 205) genommenen Querschnitte des sich in einer Sekunde durch das Profil bewegenden Wasserkörpers.

§ 111.

Schätzungen der Wassermengen aus der Größe des Gebietes, von dem das Wasser zufießt, sind sehr unsicher. In Deutschland rechnet

man auf das Quadratkilometer Niederschlagsgebiet eines Wasserlaufes bei größtem Hochwasser in Gebirgen 400 bis 800, in bergiger Gegend 200 bis 500, im Hügelland 120 bis 250, in flacher Gegend 60 bis 140 l; doch wurden in Gebieten von 200 qkm (Pliesnitz) bei Wolkenbrüchen Abflussmengen bis 6,7 cbm auf das Quadratkilometer beobachtet. Das niedrigste Wasser ist im Gebirge nur etwa 1:300 bis 1:150 des Hochwassers, und das Verhältnis steigt, bis es im Flachlande etwa 1:30 erreicht. Michaelis fand für die Emscher in der Zeit von November bis April eine mittlere Abflussmenge von 13,8 l und für April bis November 4,7 l auf das Quadratkilometer. Im Durchschnitt wird die jährliche Abflussmenge gleich 0,30 bis 0,35 der Niederschlagsmenge angenommen.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Literatur zum III. Abschnitt.

- Bazin, H., Experiences nouvelles sur l'écoulement en déversoir. Paris, Vve Dunod.
- Breme, H., 182 Tafeln zur graphischen Berechnung der Wassermengen und zur Bestimmung der Profilabmessungen der Wasserläufe nach der Formel von Ganguillet und Kutter. Freiburg i. d. Schweiz 1889.
- Duhamel, Lehrbuch der analytischen Mechanik. 2. Aufl. Leipzig 1861.
- Grashof, F., Theoretische Maschinenlehre. I. Band: Hydraulik. Leipzig 1873.
- Patt, G., Wiesenbaumeister, Tabellen zur Ermittlung der Wassergeschwindigkeiten und der Wassermengen usw. für regelmässige und unregelmässige Grabenprofile. Kassel 1902, Selbstverlag des Herausgebers.
- Plenkner, W., Bewegung des Wassers in natürlichen Wasserläufen. Leipzig 1879.
- Ritter, August, Lehrbuch der technischen Mechanik. 5. Aufl. Leipzig 1884.
- Rühlmann, Dr. Moritz, Hydromechanik. 2. Aufl. Hannover 1880.
- Schüngel, A., Tafeln zur graphischen Ermittlung der Wassergeschwindigkeit für trapezförmige Flufs- und Grabenprofile. Hannover 1900.
- Stötzel, Kgl. Wiesenbaumeister a. D., 314 Tafeln zur graphischen Berechnung des Gefälles und der Durchflufsweiten für Drainröhren usw. Thorn, ohne Jahreszahl. Im Selbstverlage.
- Weisbach, Ingenieur- und Maschinenmechanik. Braunschweig 1880.
- Zillich, Karl, Statik für Baugewerkschulen. Berlin 1908.
- Siehe auch Literatur zum IV. Abschnitt, Teil II, S. 311.

Sachregister.

- Abhang 497.
 Abkürzungen 216.
 Abraumsalz 84.
 Absolute Festigkeit 451.
 Absolutes Fallen 497.
 Absorption 163.
 Achat 26, 28.
 Achillea 276.
 Achse, neutrale 453.
 Achyrophorus 280.
 Ackerboden 3.
 Ackerfuchsschwanz 327.
 Ackerklee 384.
 Ackerkrume 3.
 Ackerschachtelhalm 211, 214.
 Ackerwinde 261.
 Acorus 106.
 — Calamus 224.
 Adhäsion 136, 139.
 Adsorption 136, 165.
 Aegopodium 254, 257.
 Aethusa Cynapium 254, 257.
 Agrostaceae 326.
 Agrostemma Githago 240.
 Agrostis alba 329, 410.
 — canina 331.
 — spica venti 331.
 — stolonifera 329, 406, 408.
 — vulgaris 331.
 Ährchen 306, 313, 316, 317.
 Ähre 307, 318, 319.
 Ährengräser 359.
 Aira 336.
 — caespitosa 192, 337.
 — canescens 337.
 — flexuosa 334, 337.
 Ajuga 265.
 alae 369.
 Alant 275.
 Albersia 239.
 Albit 29, 30, 33, 34, 36.
 Alchemilla 247, 248.
 Alectorolophus 268.
 Aleuron 296.
 Algae, Wasserfäden, Algen 87, 203, 204, 205.
 Algerphosphat 42.
 Alios 57.
 Alismaceae 218, 221, 222.
 Allium 228.
 Alluvialboden 117.
 Alluvialsand 174.
 Alluvium 8, 69.
 Alm 60.
 Alnus 102.
 Alopecurus agrestis 327.
 — arundinaceus 327.
 — fulvus 327.
 — geniculatus 327.
 — pratensis 326, 328, 406, 408, 410.
 — var. nigricans 327.
 Alsike-Klee 386.
 Alsinoideae 239, 240.
 Altalluvium 8.
 Amarantaceae 232, 239.
 Ameisen 94.
 Amethyst 26.
 Ammoniten 6.
 Ammoniumkarbonat 39.
 Ammophila arenaria 332, 412.
 — arundinacea 332.
 Amöbenartige Bewegung 204.
 Ampfer 234, 235, 236.
 Amphibol 31, 33, 34.
 Anabaena flos aquae, Wasserblüte 204, 225.
 Anacamptis 230.
 Analcim 32, 33, 35, 36, 77.
 Andel (und Queller) bezeichnen nach C. F. Webers briefl. Mitt. ursprünglich wohl nur allgemein die halophile Weiden- und Wiesenvegetation an der Nordseeküste. Andel in Schleswig-Holstein = Festuca thalassica, in andern Gegenden auch Glyceria distans, Salicornia herbacea, Plantago maritima, Triglochin maritima (angeblich selbst Luzula campestris). L. W.
 Andröceum 217.
 Andromeda polifolia 109.
 Andropogon 297, 322.
 Andropogoneae 322.
 Anfangsgeschwindigkeit 425.
 Angelica 254, 258.
 Angiospermae, bedecktsamige Pflanzen 203, 215.
 Angriffspunkt 440.
 Anhydride 22.
 Anhydrit 44.
 Anmooriger Boden 174, 179.
 Annuell 298.
 Anorthit 33, 34, 36.
 Anthemis 275.
 Antheridien 206, 207, 209.
 Anthoxanthum aristatum 325.
 — odoratum 324, 325, 406, 408, 410.
 — Puelii 325.
 Anthrazit 98.
 Anthriscus 254, 256.
 Anthyllis 377, 387.
 — Vulneraria 388.
 Antipoden 310.
 Antirrhinum 266.
 Äolische Bildungen 8, 50.
 Apera spica venti 331.
 Apatit 42.
 Apetalae 231.
 Äpfelsäure 161.
 Aphanizomenon flos aquae 204, 225.
 Apocarp 232.
 Apokrensäure 94.

- Arabis 244.
 Araceae 218, 224.
 Arachis hypogaea 391.
 Arbeit, mechanische 432.
 — zum Heben von Wasser 437.
 Arboretum 102.
 Archaische Periode 6.
 Archangelica 254, 258.
 Archegoniatae 205.
 Archegonien 206, 209, 215, 310.
 Archichlamydeae 231, 234.
 Archimedisches Princip 476.
 Armeria 260.
 Armleuchtergewächse 60.
 Arnica 277.
 Aron, gefleckter 225.
 Arongewächse 218.
 Arrhenatherum elatius 298, 335, 406.
 Artemisia 276.
 Arum maculatum 225.
 Arundo Phragmites 340.
 Asbest 37.
 Ascherson und Graebner (s. Literatur) 263.
 Asclepiadaceae 233, 261.
 Asperifoliaceae 262.
 Asperula 270.
 Assimilation 304, 305.
 Aster 274.
 Astmoose 102.
 Astragalus 389.
 — glycyphyllos 389.
 Astrantia 253.
 Atmung 304, 305.
 Atom 12.
 Atomgewichte 11, 12.
 Atriplex 238.
 Atropa belladonna 266.
 Aueboden 69, 117.
 Auffrieren 134, 180.
 Auftrieb 477.
 Augentrost 268.
 Augit 31, 33, 34, 36, 37, 75, 76.
 Ausfluß 482, 483, 485.
 Ausflußkoeffizienten 484, 489.
 Ausläufer 300, 339, 343.
 Ausläufertreibende Gräser 299, 300.
 Aussaatmenge, Berechnung derselben 403.
 Aussäen der Grassamen 415.
 — der Kleesamen 415.
- Ausstreuvorrichtung des Pollens 374.
 Avena brevis 333.
 — elatior 335, 408.
 — fatua 333, 338.
 — flavescens 333, 334, 406.
 — nuda 333.
 — orientalis 333.
 — pratensis 334.
 — pubescens 333, 334, 406.
 — sativa 333.
 — strigosa 333.
 Avéneae 332, 340.
 Azotobacter Chroococcum 91.
- Bachbunge** 266.
 Bacillus radicolica 91, 371.
 Bacterium radicolica 86.
 Bahn 423.
 Bakerguano 42.
 Bakterien 49, 87, 88, 89, 204.
 Baldgreis 277.
 Baldingera arundinacea 323.
 Baldrian 271.
 Baldriangewächse 234.
 Balken auf zwei Stützen 453, 457.
 — einseitig befestigt 456.
 Bambusrohr 297.
 Bänderton 58.
 Bandgras 323.
 Barbaraea 244.
 Bärenklau 254.
 Bärlappgewächse 209.
 Bärenschote 389.
 — süßholzblättrige 389.
 Barren 69.
 Bärwurz 254, 255.
 Basalt 52, 78, 79.
 Basaltboden 85, 117.
 Basen 20.
 Basische Gesteine 51, 79.
 Basisches Wasser 30.
 Bastardklee 386, 407, 409, 416.
 Bau der Blätter der Leguminosen 372.
 Bau des Stengels der Leguminosen 372.
 Bauxit 137.
 Bazins Versuche 499, 516.
 Becherblume 402, 404.
 Bedecktsamige Pflanzen 215.
- Befestigen der Dünen 332.
 Befruchtung 308.
 Behaarung der Blattscheiden 303.
 Beharrungsvermögen 427.
 Beifuss 276.
 Beinbruchsteine 56.
 Beinwell 262.
 Belastungslinie 461.
 Belemniten 6.
 Bellis 274.
 Benetzung 136, 141.
 Benetzungswärme 153.
 Benthalm 189, 293.
 Bergboden 121.
 Bergklee 385.
 Bergkrystall 26.
 Berieselung 153, 336.
 Berle 254, 257.
 Bertram-Garbe 276.
 Berula 254, 257, 400.
 Beschleunigung 425.
 Besenpfriemen 378.
 Besenried 345.
 Bestäubung 308.
 Bestimmen der Gräser, Schlüssel 322.
 Bestockung 298.
 Beta 238.
 Betonica 264.
 Bettelerde 82.
 Bewässerung 148.
 Bewegung 423.
 — aufsteigende 430.
 — beschleunigte 425, 426.
 — des fließenden Wassers 502.
 — gleichförmige 423.
 — verzögerte 426.
 — von Flüssigkeiten 482.
 Bibernelle 256.
 Bidens 275.
 Biegungsfestigkeit 302, 452.
 Bienensaug 264.
 Bierbereitung 339.
 Bilsenkraut 266.
 Bindiger Boden 175.
 Bindigkeit 133.
 Binse 102, 226, 227, 228.
 — Rasen- 363.
 Binsengewächse 218.
 Biotit 31, 33, 35, 36.
 Bisilikat 28.
 Bitterkalk 40.
 Bitterklee 105, 260.
 Bitumen 93.
 Blätter, Querschnitte 304.

- Blattgrün, Chlorophyll 204, 205.
 Blatthäutchen 303.
 Blattnährstoffe 157.
 Blattscheiden 297.
 Blaueisenerde 42.
 Blaugras 192.
 Blocklehm 58.
 Blumenbinsen 218, 223.
 Blumenkrone 394.
 Blutauge 248.
 Blüte 305.
 Blütenformel 217, 231.
 Blütenhülle 217.
 Blütenpflanzen 215.
 Blütenstaub 215.
 Blütentraube 397.
 Blutwurz 249.
 Bocksbart 280, 337.
 Boden 310.
 Bodenabsorption 163.
 Bodenanalyse 161.
 Bodenbakterien 86, 88.
 Bodenbakteriologie 49.
 Bodenbefestigung 72.
 Bodenchemie 9.
 Bodendruck 478.
 Bodenelemente 133.
 Bodenfeuchtigkeit 285, 286.
 Bodenfruchtbarkeit 160.
 Bodengare 134, 135.
 Bodenhold 398.
 Bodenimpfung 91.
 Bodenkartierung 117.
 Bodenklassen 120.
 Bodenklassifikation 117.
 Bodenkonstituenten 131.
 Bodenluft 150.
 Bodenphysik 130.
 Bodenstet 398.
 Bodenvag 398.
 Bodenvolum 138, 154.
 Bodenwärme 153, 156.
 Bodenwasser 140, 155, 169.
 Boehmers Lieschgras 329.
 Bohne 377.
 — Buff- 394.
 — grofse 394.
 — Pferde- 394.
 — Puff- 394.
 — Sau- 394.
 — Tauben- 394.
 Bohrkarten 124.
 Bohrregister 124.
 Bokharakle 382, 416.
 Bonitierung des Bodens 400.
 Bonitierungspflanzen 253, 398.
 Boraginaceae 233, 262.
 Boretsch-Gewächse 262.
 Borstengras, steifes 362.
 Böschung 464.
 Böschungswinkel 464.
 Böschungsmischungen 412, 413.
 Boussetsche Messungen 483.
 Bouteloua 339.
 Brache 135.
 Brachypodium pinnatum 354.
 — silvaticum 354.
 Brandpilze 205.
 Brassica 246.
 Braunelle 265.
 Braunkohlengebirge 7.
 Braunkohlenlager 85.
 Braunwurz-Wasser 266.
 Breccien 55.
 Breccienboden 173.
 Breitblättrige Platterbse 397.
 Brennessel 191, 234.
 Brennkultur 181.
 Briza media 341, 406.
 Bromus 322.
 — arvensis 354.
 — erectus 353.
 — inermis 353, 354, 421.
 — — Halmquerschnitt 302.
 — mollis 352, 353.
 — racemosus 352.
 — secalinus 352.
 Broomcorn 322.
 Bruch 102.
 Bruch-Eicheln 222.
 Bruchkraut 241.
 Bruchmoment 455.
 Bruchmoor 102.
 Bruchquerschnitt 455.
 Bruchwaldtorf 105.
 Brucit 37.
 Brunella 265.
 Brunnenkresse 244.
 Brustwurz 254, 258.
 Bryophyta, Moospflanzen 203, 205, 206.
 Buchloe 339.
 Buchweizen 234, 237, 414.
 Buffbohne 394.
 Bullenkle 409.
 Bültlagen 113.
 Buntsandstein 56.
 Buntsandsteinboden 117.
 Buntsandsteininformation 6.
 Bupleurum 253, 256.
 Bürstenvorrichtung bei der Bestäubung 375.
 Butomaceae 218, 222, 223.
 Butterblume 281.
 Caesalpinioideae 369.
 Caespes 299.
 Calamagrostis 102.
 — epigeios 331, 411.
 — lanceolata 331.
 — neglecta 332.
 — stricta 332.
 Calamintha 263.
 Calciumchlorid 47.
 Calciumkarbonat 39.
 Calciumnitrat 48.
 Calciumphosphat 42.
 Caliche 48.
 Calla 225.
 Callitrichaceae 232, 251.
 Callitriche 400.
 Calluna 101, 258.
 — vulgaris 109.
 Caltha palustris 242.
 Campanula 273.
 Campanulaceae 234, 273.
 Campanulatae 234, 272.
 Cannabis sativa 234.
 Cañon 67.
 Cardamine 245.
 — amara 400.
 Carduus 278.
 Carex 102.
 — acuta 367.
 — acutiformis 368.
 — ampullacea 368.
 — arenaria 365, 412.
 — dioica 365.
 — flava 368.
 — gracilis 367, 368.
 — hirta 368.
 — ligerica 366.
 — muricata 366.
 — Oederi 368.
 — paludosa 368.
 — panicea 367.
 — paniculata 367.
 — paradoxa 367.
 — Pseudo-Cyperus 368.
 — riparia 368.
 — rostrata 368.
 — stricta 366.
 — teretiuscula 367.
 — vesicaria 368.
 — vulpina 366.

- carina 369.
 Carlina acaulis 278.
 Carnallit 47.
 Carum Carvi 255, 407, 409.
 Caryophyllaceae 232, 239.
 Caryopse 294, 314.
 Catabrosa aquatica 322, 349.
 Cellulose 95.
 Centaurea 279.
 Centrospermae 232, 237.
 Cephalanthera 230.
 Cerastium 241.
 Ceratophyllaceae 232, 242.
 Ceratophyllum 400.
 Chaerophyllum 254.
 Chalcedon 26, 28, 37.
 Chara, Armleuchtergewächs 205.
 Characeen 60.
 Chemische Analyse 10.
 — Bestandteile 9.
 — Gleichung 15.
 — Symbole 11.
 — Verbindungen 9.
 — Zeichensprache 15.
 Chenopodiaceae 232, 237, 238.
 Chilisalpeter 48.
 Chloride 26, 47.
 Chlorideae 339.
 Chlorit 32, 33, 35, 36, 37, 75, 77.
 Chlornatrium 47.
 Chlorophyll, Blattgrün.
 Chlorophyllkörner 305.
 Chlorverbindungen 26, 47.
 Chlorwasserstoffsäure 47.
 Chrysanthemum 276.
 Chiorium 279.
 Cicuta virosa 254, 257.
 Cirsium 278, 282.
 — oleraceum 191.
 Cistaceae 251.
 Citronensäure 87.
 Clostridium pasteurianum 91.
 Colchicum autumnale 191, 228.
 Colloidale Kieselsäure 28.
 Comarum 247, 248, 249.
 Compositae 234, 273.
 Coniferae, Nadelhölzer 215.
 Conium maculatum 254, 257.
 Contortae 233, 260.
 Convolvulaceae 233, 261.
 Convolvulus arvensis 261.
 — sepium 261.
 Cordierit 29, 31, 33, 35, 36, 37.
 Coronaria flos cuculi 240.
 Coronilla 390.
 — varia 390.
 Coronillinae 390.
 Corynephorus canescens 337.
 Coulée 67.
 Crepis 282, 283.
 Cruciferae 232, 244, 245, 246, 369.
 Cujavischer Boden 178.
 Cumarin 325.
 Curaçaphosphat 42.
 Cuscuta 261, 262.
 Cyanophyceae, Spaltalgen 204.
 Cycadaceae 215.
 Cycas revoluta 215.
 Cynodon Dactylon 339.
 Cynosurus cristatus 348, 406, 409, 410.
 Cyperaceae 218, 224, 294, 297, 362.
 Cyperaceen 102.
 Cyripedilum 229, 230.
Dachrohr 102, 340.
 Dactylis 321.
 — Ascheroniana 347.
 — glomerata 346, 406, 408.
 Darcys Röhre 510.
 — Versuche 493.
 Darf 105.
 Darg 105.
 Darf 322.
 Darrgras 326.
 Datura Stramonium 266.
 Daucus Carota 255.
 Dauer der Gräser 310.
 Dauerweiden 301, 311.
 Daun 264.
 Deckblatt 217, 305.
 Decksand 183.
 Deckspelze 217, 305, 307, 313.
 Dehnungskoeffizient 451.
 Delme-Phosphat 42.
 Denitrifikation 91.
 Derivatboden 118.
 Deschampsia caespitosa 337.
 Devonische Formation 6.
 Devonkalk 60.
 Diabas 52, 79.
 Diallag 31.
 Dianthus 240.
 Diatomeen 27.
 — kieselschalige Algen 204, 205.
 Dichogam 226.
 Dichroit 31, 33, 35.
 Dicotyledones, Zweikeimblättrige Pflanzen 203, 215, 231, 400.
 Didynamisch 263.
 Diffusion 87, 152, 295.
 Digitaria sanguinalis 322.
 Digraphis arundinacea 323.
 Diluvialboden 117.
 Diluviale Ablagerungen 224, 250.
 Diluvialgrande 56.
 Diluvialmergel 61, 62.
 Diluvialsand 174.
 Diluvialzeit 70.
 Diluvium 7.
 Dimorphismus 259, 268.
 Dinkel 356.
 Dinoflagellatae 204.
 Diorit 52, 79.
 Diosmotische Vorgänge 87.
 Dipsaceae 234, 272.
 Distel 278.
 Doldenblütler 233.
 Doldengewächse 233, 253.
 Dolerit 52, 79.
 Doleritbasalt 137.
 Dolomit 40, 41, 59, 74, 83.
 Dolomitboden 177.
 Dolomitischer Kalk 40, 59.
 — Mergel 177.
 Doppelsilikate 29, 164.
 Doppelrit 100.
 Dorsiventral 229.
 Dotterblume 242.
 Drahtschmele 337, 401, 413.
 Drahtschmiele 337, 401, 413.
 Drainwasser 170, 172.
 Drehungsfestigkeit 459.
 Drehungspaar 442.
 Dreiborste 334.
 Dreizackbinde 221.
 Drifttheorie 71.
 Drosera rotundifolia, Heidepflanze 109.
 Druck des Wassers 477, 479, 480.
 Drückdahl, niedersächsisch = Festuca thalassica.
 Druckfestigkeit 451.
 Druckhöhe 482.
 Dünen 71.
 Dünenboden 174.
 Dünen sand 56.
 Dünger 310, 311.
 Durchfluß in Röhren 490.

- Durchlässigkeit 140.
 Durchlüftbarkeit 150.
 Durrha 322.
 Dürrwurz 274.
 Duwock 191, 210, 213, 214.
 Dyas- oder Permische For-
 mation 6.
 Dynamit 27.

 Eberwurz 278.
 Echium 262.
 Efflorescenz 39.
 Ehrenpreis 266, 267.
 Eiche 102.
 Einfache Körper 10.
 Einkeimblättrige Pflanzen
 217.
 Einkorn 356.
 Einteilung der Gräser nach
 Güteklassen 312.
 — — — systematische nach
 Hackel 314, 315.
 Eintrittswiderstand 491.
 Einzelkornstruktur 133, 175.
 Eis 67.
 Eisenbakterien 90.
 Eisenbisulfid 45.
 Eisenkies 45.
 Eisenocker 41, 46.
 Eisenquellen 41.
 Eisenreiche Moore 190.
 Eisenrost 9.
 Eisenschüssiger Boden 174.
 Eisenspat 43.
 Eisenstreifiger Boden 174.
 Eisenvitriol 45, 81, 246.
 Eiszeit 7, 70.
 Elastizität 451.
 Elastizitätsgrenze 451.
 Elastizitätsmodul 451.
 Elemente 10.
 Eleusine Coracana 313, 339.
 Elodea 106, 223, 400.
 Elymus arenarius 72, 357,
 411.
 — europaeus 357.
 Embryo 203, 215, 217, 231,
 296, 309.
 Embryosack 309.
 Emmer 356.
 Empetrum nigrum 109.
 Endblättchen 388.
 Endgeschwindigkeit 425.
 Endivie 279.
 Endmoränen 68.
 Endosmose 136.
 Endosperm 294, 295, 309.

 Energie 434, 435.
 — des fallenden Wassers
 436.
 — Erhaltung derselben 434.
 — kinetische 435.
 — potentielle 435.
 Engelwurz 254, 258.
 Engerlinge 94.
 Engler, Prof. 203, 231.
 Enkrinitenkalk 60.
 Enstatit 28, 29, 31.
 Entwicklung 296.
 Enziangewächse 233, 260.
 Enzym 89.
 Eocän 7.
 Epidot 32, 33, 35, 36, 37, 77.
 Epigynisch 232.
 Epikotyl 297.
 Epilobium 252.
 Epipactis microphylla 230.
 Equisetin 214.
 Equisetum 209, 210.
 — arvense 211, 213, 214.
 — heleocharis 214.
 — hiemale 211, 214.
 — limosum 214, 252.
 — palustre 212, 213.
 Erbse 395.
 — gebaute 395.
 — gelbe 395.
 — graue 395.
 — grüne 395.
 — Platt- 395.
 Erbsen 371.
 Erdbeerklee 385.
 Erddruck 464, 468.
 Erdharz 93.
 Erdmandel 396.
 Erdnufs 391.
 Erdnufskuchen 392.
 Erdwachs 93.
 Ericaceae 233, 258.
 Ericales 233, 258.
 Erica tetralix 109.
 Erigeron 274.
 Erika 101.
 Eriophorum 101, 363.
 — latifolium 363, 364.
 — polystachyum 363.
 — vaginatum 109, 363.
 Erle 102.
 Erlenbruch 105.
 Erodium 249, 250.
 Erosion 66.
 Erratische Blöcke 7.
 Erträge der einzelnen Fut-
 terpflanzen 415 bis 418.

 Erträge der Wiesen 415 bis
 418.
 Eruptivgesteine 6, 50.
 Erve 395.
 — einblütige 395.
 — rauhfürchtige 395.
 Ervoldinae 392.
 Ervum 395.
 — hirsutum 395.
 — monanthos 395.
 — tetraspermum 395.
 Eryngium 253.
 Erysimum 245.
 Erythraea 261.
 Esche 102.
 Esparsette 391, 402, 404,
 411, 416.
 Euhedysarinae 391.
 Eupatoriumcannabinum 274.
 Euphorbiaceae 232, 250.
 Euphrasia 268.
 Explosionsvorrichtung bei
 der Bestäubung 375.
 Extravaginale Seitentriebe
 299, 300.
 Eytelwein 498.

 Fagopyrum 234.
 Fahne 369.
 Fallgesetze 428.
 Färber-Ginster 378.
 Färberschaft 279.
 Farnpflanzen 203, 209.
 Fasern 452, 453.
 Faserschicht, neutrale 453.
 Fäulnis 49.
 Fäulnisbewohner, Sapro-
 phyten 205.
 Fayencemergel 56.
 Feinerde 132, 173.
 Feld-Hainbinse 227.
 Feldminze 263.
 Feld-Quendel 263.
 Feldspat 30.
 Felsarten 50.
 Felsitporphyr 51.
 Ferkelkraut 241, 279.
 Ferrobakterien 90.
 Ferrosulfat 81.
 Festigkeit 451.
 — absolute oder Zug- 451.
 — Biegungs- 452.
 — Druck- 451.
 — Knick- 458, 459.
 — Schub- 452.
 — Torsions- 459.
 Festuceae 340, 346.

- Festuca* 322.
 — *arundinacea* 350, 406.
 — *distans* 349.
 — *elatior* 350.
 — *heterophylla* 349.
 — *maritima* 409.
 — *ovina* 352.
 — *pratensis* 350, 360, 406, 408, 410.
 — *rubra* 351, 407, 409.
 — *thalassica* 349.
 Fettkraut 269.
 Feuerstein 26.
 Fichte 102.
 Fieberklee 260.
 Filago 275.
Filipendula 247, 248.
 Filz 102.
 Fingerkraut 248.
 Fioringras 402, 404, 405, 406, 408, 411, 412, 413, 414.
 Firneis 67.
 Firnschnee 67.
 Fischzucht in Moorge-
 wässern 184.
 Flachblättrige Platterbse
 396.
 Flachmoor 103.
 Flachsseide 262.
 Flächenanziehung 136.
 Flächenprozent 403.
 Flagellatae, Geißelträger
 204.
 Flechtenformation 286.
 Fliehkraft 431.
 Flockenblume 279.
 Floridaphosphat 42.
 Flözbildungen 50.
 Flügel 369.
 Flugsand 56.
 Flugsandboden 174.
 Flunkerbart 346.
 Flufsampfer 236.
 Flufsdelta 69.
 Flufslehm 58.
 Flufsmarschboden 69.
 Flufston 58.
 Foraminiferen 60.
 Formationszeichen 123.
Fragaria 247.
 Französisches Raigras 335.
 Frauenspiegel 273.
 Friedlos 260.
 Froschbifs 106.
 Froschbifsgewächse 218,
 224.
 Froschlöffelgewächse 218,
 221.
 Frostwirkung 65.
 Fruchtblätter 215, 217.
 Fruchtknoten 215, 308, 309.
 Fuchserde 57.
Fuchsia 252.
 Fuchsschwanz 326, 328, 404,
 405, 414.
 — Acker- 327.
 — geknieter 327.
 — rohrartiger 327.
 — rotgelber 327.
 — Wiesen- 326, 402, 404,
 406, 408, 415, 416.
 Fungi, Pilze 203, 205.
 Futterbau 418.
 Futtermauer 464.
 Futterwicke 416.
 Gabbro 52.
 Gagelstrauch 109.
Galega officinalis 389.
 Galegeae 377, 389.
Galeopsis 264.
Galinsoga 275.
Galium 271.
 Gamander 265.
 Gangmoore 185.
 Ganguillet und Kutters
 Formel 499.
 Gänseblümchen 274.
 Gänsedistel 282.
 Gänsefingerkraut 248.
 Gänsefuß-Gewächse 232,
 237, 238.
 Gänsekresse 244.
 Gänsesterbe 245.
 Garbe 276.
 Gartenschierling 254, 257.
 Gebirgsarten 50.
 Gebirgsmoor 107, 114, 185.
 Gebrauchswert 401.
 Gefälle 497, 503.
 Gefällmessungen 507.
 Gefäßbündel 217.
 Gefäßkryptogamen 209.
 Geinsäure 94.
 Geisraute 389.
 — gebräuchliche 389.
 Geißelträger, *Flagellatae*
 204.
 Gelbklee 381, 412, 413.
 Gelbsucht 379.
 Generationswechsel 205, 206.
Genista anglica 375.
 — *tinctoria* 375, 378.
 Genisteae 377.
Gentiana 260.
Gentianaceae 233, 260.
 Geologische Formationen 5.
 — Grenzen 123.
 — Perioden 5.
Geraniaceae 232.
Geraniales 232, 249, 250.
Geranium 249, 250.
 Gerbsäure 110.
 Geröll 55, 66.
 Geröllboden 173.
 Gerste 414.
 — Mäuse- 358.
 — roggenartige 358.
 — sechszeitige 358.
 — Sommer- 358.
 — vierzeitige 358.
 — Winter- 358.
 — zweizeitige 358.
 Gerstenboden 121.
 Gesättigte Verbindungen 16.
 Geschiebelehm 58, 61.
 Geschiebemergel 61, 62, 71.
 Geschiebesand 61.
 Geschwindigkeit 423, 424.
 — des Wassers 502.
 Geschwindigkeitshöhe 430.
 Geschwindigkeitskoeffizient
 482, 484.
 Geschwindigkeitskurve 424.
 Geum 247, 248.
 Giflerde 81.
 Gilzgras 340.
 Ginster 373.
 — Färber- 378.
 — Stachel- 377.
 — Stech- 377.
 Gipsmergel 44.
 Glanzgras, Rohr- 407, 409.
 — rohrartiges 323.
 Glasschmalz 238.
 Glattthafer 335.
 Glauberit 44.
 Glaukonit 32, 33, 35, 36.
Glaux maritima 260.
 Glaziale Bildungen 50.
 Glazialtheorie 71.
Glechoma 264.
 Gleichgewicht 438, 445, 446.
 Gleitungsfestigkeit 452.
 Gletscher 55, 67.
 Gletschereis 67.
 Gletschermühlen 67.
 Gletscherschliffe 70.
 Gletschertöpfe 67.
 Glieder 297.

- Gliederhülsige 390.
 Glimmer 31, 37.
 Glimmerschiefer 51.
 Glockenblumen-Gewächse
 234, 272, 273.
 Glockenheide 109, 258.
 Glumae 306.
 Glumiflorae 218, 224, 294,
 313.
 Glyceria 321, 344, 400.
 — aquatica 344, 346.
 — distans 349.
 — fluitans 344, 345, 409.
 — plicata 345.
 — spectabilis 344.
 Glycyrrhiza glabra 389.
 Gnadenkraut 266.
 Gnaphalium 275.
 Gneis 51.
 Gneisboden 85.
 Goldhafer 334, 337, 402,
 406, 414, 415, 416.
 Goldklee 387.
 Goldregen 373, 374.
 Gräbner, Paul (s. Literatur)
 287.
 Gramineae 218, 224, 294,
 297, 313.
 Gramineen 102.
 Granat 31, 35, 36.
 Grand 55, 174.
 Grandboden 123.
 Granit 51, 78.
 Granitboden 85, 117.
 Granne 302, 383.
 Graphische Zusammen-
 setzung von Kräften 459.
 Grasnarbe 300.
 Grasnelke 260.
 Graphephorum arundina-
 ceum 346.
 Gräser 218, 224, 294, 297,
 313.
 — Ober- 403, 405.
 — Unter- 403, 405.
 Grassamenmischungen für
 Moorwiesen und Weiden
 408, 409.
 Grassteppen 286.
 Grastorf 102.
 Gastriften 286.
 Gratiola 266.
 Grebenau 503.
 Grenztorf 112.
 Griffelsäule 229.
 Grubengas 98.
 Grundfeste 282, 283.
 Grundmoräne 68, 71.
 Grundsätze der Statik 438.
 Grundsteuer-Veranlagung
 119.
 Grundstoffe 10.
 Grundwasser 144.
 Grünerde 37.
 Grünlandsmoore 342.
 Grünlandstorf 102.
 Grus 79.
 Guano 42.
 Gundelrebe 264.
 Gundermann 264.
 Günsel 265.
 Güte der Wiesen 417.
 Guttiferae 251.
 Gymnospermae, nackt-
 samige Pflanzen 203, 215.
 Gymnostemium 229.
 Gynodiözisch 264.
 Gynomonözisch 264.
Haargras, europäisches 357.
 Haarröhrchen 139.
 Haarröhrchenkraft 475.
 Haarstrang 254.
 Habichtskraut 283, 284.
 Hackel (siehe Literatur) 314.
 Hachelkopf 280.
 Hafer, Flug- 332, 414.
 — gemeiner 333.
 — Glatt- 335.
 — Gold- 334, 403, 404.
 — kurzer 333.
 — nackter 333.
 — Rauh- 333.
 — Sand- 333.
 — Strand- 332.
 — türkischer 333.
 — weichhaariger 333, 406.
 — Wiesen- 334, 335.
 — Wind- 333.
 Haferboden 121.
 Haferhalm mit Blattscheide
 303.
 Haferwurzel 280.
 Hahnenfuß 242, 243.
 Hahnenfußgewächse 232.
 Hahnenkamm 268.
 Halbgräser 102, 362.
 Halm 297.
 Halogene 25.
 Haloidsalze 25.
 Haloidsäuren 25.
 Halorrhagidaceae 233, 252.
 Hanf 234.
 Hanfnessel 264.
 Hängewerk 472.
 Hartes Wasser 170.
 Hartheu 251.
 Hartsalz 47.
 Hasenbrot 227.
 Hasenohr 253, 256.
 Hauhechel, dornige 379.
 Havelmelitz 323, 345.
 Hebelarm 442.
 Heben von Wasser 437.
 Hederich 246.
 Hedysareae 377, 390.
 Heideerde 111.
 Heidekraut 258.
 Heidekrautgewächse 233,
 258.
 Heidemoor 208, 286.
 Heidesand 8.
 Helecharis palustris 363.
 — uniglumis 363, 364.
 Helianthemum 251.
 Helichrysum 275.
 Helm 332.
 — blauer 357.
 Helmkraut 265.
 Helobiae 218, 219.
 Heracleum 254, 257.
 Herbstzeitlose 191, 228.
 Hermus 191.
 Herniaria glabra 241.
 Herzblatt 247.
 Heterostylie 237, 252, 259.
 Heublumen 338.
 Heuerträge der Weiden 417.
 — der Wiesen 417.
 Hieracium 283, 284.
 Hierochloa 325.
 — australis 326.
 — odorata 326.
 Himmelsschlüssel 259.
 Hippocrepis 391.
 — comosa 391.
 Hippuris 106, 252, 400.
 Hirsegräser 322.
 Hirse, Rispen- 322.
 Hochblätter 302.
 Hochgrasfluren 285.
 Hochmoor 102, 208, 286.
 Hochmoorboden 180.
 Hochmoortorf 110.
 Holcus lanatus 328, 337,
 407, 409.
 — mollis 339.
 Honckenya 241.
 Honiggras 337, 412, 413.
 — weiches 339.

- Honiggras, wolliges 402,
 404, 407, 409.
 Hopfen 234.
 Hopfenklee 381, 407.
 Hopfenluzerne 381, 409, 416.
 Hordeaceae 355, 359.
 Hordeum 357.
 — distichum 358.
 — hexastichum 358.
 — murinum 358.
 — secalinum 358.
 — tetrastichum 358.
 — vulgare 358.
 Horizont 496.
 Hornblattgewächse 232.
 Hornblende 31, 33, 34, 36,
 37, 75, 76, 77.
 Hornklee, gemeiner 388, 407.
 — Sumpf- 389, 407, 408.
 — Wiesen- 409.
 Hornkraut 241, 242.
 Hornsteinporphyr 79.
 Horstbildende Gräser 299,
 300.
 Hottonia 259.
 Howlandguano 42.
 Hufeisenklee 391.
 — schopfiger 391.
 Huflattich 277.
 Hügelrohr 331.
 Hüllspelzen 306, 307.
 Hülsenfrüchte 232.
 1. Bau derselben 369
 bis 372.
 2. Bau des Samens
 370, 371.
 3. Bau der Wurzel 371.
 Wurzelknöllchen
 derselben 371.
 4. Entwicklung 371,
 373 bis 377.
 5. Impfung 371.
 6. Keimung derselben
 370, 371.
 7. Systematik 377 bis
 397.
 Humate 96.
 Humin 94.
 Huminsäure 94.
 Humulus lupulus 234.
 Humus 94.
 Humusboden 122, 158, 178.
 Humus-Sandstein 57.
 Humusstoff 137.
 Humusstoffe 94.
 Humussubstanz 94.
 Hundskamille 275.
 Hundspetersilie 254, 257.
 Huronische Formation 6.
 hvitmossar 111.
 Hydraulischer Wert 132.
 Hydrocharis 106, 224, 400.
 Hydrocharitaceae 218, 223.
 Hydrocotyle 253.
 Hydrodynamik 482.
 Hydrostatik 475.
 Hydroxyde 20, 26, 46.
 Hygrophil 310.
 Hygroskopizität 143.
 Hyoscyamus niger 266.
 Hypericum 251.
 Hypersthen 31.
 Hypneen 102.
 Hypneto-Cariceto-Gramine-
 tum 102.
 Hypochoeris 279.
 Hypogyn 232.
 Igelkolbengewächse 218,
 219.
 Imbibition 136.
 Immerschön 275.
 Impfung der Hülsenfrüchte
 372.
 Indigo 389.
 Indigofera tinctoria 389.
 Indirekte Düngemittel 169,
 176.
 Infraaquatisches Moor 102.
 Infusorienerde 27, 205.
 Inkarnatklee 384.
 Interglazialzeit 7, 71.
 Internodium 212, 297.
 Intravaginale Seitentriebe
 299, 300.
 Inula 275.
 Iridaceae 218, 229.
 Jahresringe 58.
 Jarvisguano 42.
 Jasion 273.
 Johanniskraut 251.
 Juncaceae 218, 226.
 Juncaginaceae 218, 221.
 Juncus 102, 226, 227.
 Jura 7.
 Jura-Formation 6.
 Jurakalk 60.
 Kainit 43, 44, 415.
 Kälberkropf 256.
 Kalifeldspat 30, 34, 76.
 Kaliglimmer 33, 35, 37.
 Kali-Phosphatdüngung 417.
 Kaliumchlorid 47.
 Kaliumdioxalat 235.
 Kaliumkarbonat 39.
 Kaliumsilikat 36.
 Kaliwasserglas 36.
 Kalkboden 120, 122, 177
 Kalkböden 411.
 Kalkfeldspat 30.
 Kalkhold 398.
 Kalkmergel 61.
 Kalkmoor 60.
 Kalkpflanzen 398, 400.
 Kalkspat 39.
 Kalkstein 39, 59.
 Kalkstet 398.
 Kalktuff 39, 60.
 Kalmus 106, 224.
 Kalter Boden 155.
 Kambium 217.
 Kames 70.
 Kamille 275, 276.
 Kammgras 402, 404, 405,
 406, 409, 413, 414, 415,
 416.
 — gemeines 348.
 Känozoische Periode 7.
 Kanäle 496, 501.
 Kanariengras 324.
 Kannenkraut 211.
 Kaolin 32, 33, 35, 36, 75.
 Kapillarität 139.
 Kapillarkraft 475.
 Kapillarräume 207.
 Karbonatboden 122.
 Karbonate 26, 38, 80.
 Kardengewächse 234, 272.
 Karolina-Phosphat 42.
 Kartenlesen 125.
 Karthäusernelke 240.
 Kartoffel 266.
 Kartoffelpilz 205.
 Katzensteert 191.
 Katzenpfötchen 275.
 Katzensteert 213.
 Keimblätter 377.
 Keim des Kornes 294, 295.
 Keimfähigkeit 401.
 — verschiedener Samen 402.
 Keimmund 309.
 Keimung 296.
 Kelch 217.
 Kerbel 254.
 Keuperboden 117.
 Keuper-Formation 6.
 Keupermergel 61.
 Keupersandboden 174.
 Keupersandstein 56.

- Kiel 369.
 Kies 55, 66, 174.
 Kiesel-erde-Mineralien 26.
 Kieselgur 27, 104, 204.
 Kieselsäure 210, 214.
 Kieselsaure Salze 26.
 Kiesel-sinter 27.
 Kieserit 43, 47.
 Kilogramm-meter 433.
 Kiloprozente 401.
 Kinetische Energie 435.
 Kirchner (s. Literatur) 277.
 Klamm 67.
 Klappertopf 268.
 Klappvorrichtung bei der Bestäubung 374.
 Klassifikations-distrikt 119.
 Klatschrose 244.
 Klauenstecher 228.
 Klauenschote 391.
 Kleber 296.
 Klebkraut 271.
 Klee, Acker- 384.
 — Alsike- 386.
 — Bastard- 386, 404, 416.
 — Berg- 385.
 — Erdbeer- 385.
 — Gelb- 381.
 — Gold- 387.
 — Hopfen- 381, 404.
 — Hufeisen- 391.
 — Inkarnat- 384, 416.
 — Katzen- 384.
 — kleiner 387.
 — kriechender 385.
 — Mäuse- 384.
 — mittlerer 385.
 — niederliegender 387.
 — pannonischer 384.
 — rötlicher 385.
 — Rot- 383, 401, 402, 404, 416.
 — Rot-, immerwährender 407, 409.
 — Schnecken-, kleinster 379.
 — Schoten- 381.
 — schwedischer 386.
 — Sichel- 380.
 — Sumpfschoten- 402, 404.
 — Wald- 384.
 — Weiß- 385, 404, 407, 409, 412, 416.
 — Wiesen- 383, 387.
 — Wund- 387, 404, 416.
 — des Kalkes 391.
 Klee-gewächse 379, 407.
 Klee-gras 328.
 Klee-gras-gemenge 415.
 Klee-grasschläge 401.
 Klee-seide 262.
 Klee 294.
 Kleinsamige 218, 229.
 Knabenkraut-gewächse 218, Knäuel 241.
 Knaul-gras 321, 346, 347, 404, 405, 406, 408, 411, 415, 416.
 Knautia 272.
 Knick 64.
 Knickfestigkeit 451, 458.
 Knopf-kraut 275.
 Knorpel-kraut 239.
 Knoten 297.
 Knöterich-gewächse 231, 234, 236, 237.
 Koagulation 38.
 Kochsalz 47.
 Koeleria cristata 340.
 — glauca 340.
 — graugrüne 340.
 — kammförmige 340.
 Kohäsion 139.
 Kohl 246.
 Kohlehydrat 305.
 Kohlendioxyd 9, 38.
 Kohlensäure 9, 38, 304.
 Kohlensäure Salze 26.
 Kohlrübe 246.
 Kokken 88.
 Kolloidale Adsorption 167.
 Kolloide 136.
 Kompf-pflanze 282.
 Komplizierte Verwitterung 164.
 Komponente 439.
 Kondensation 143.
 Konferven 205.
 Konglomerat 55.
 Königskerze 266.
 Konstante Proportionen 14.
 Konstitutionswasser 30.
 Kontaktmetamorphose 6.
 Kontinentalklima 155.
 Kontraktion 483, 486, 487.
 Kontraktionskoeffizient 483.
 Koproliithe 42.
 Korallen 6.
 Korallenkalk 42, 60.
 Korblütler 234, 273.
 Korn, Bau des 294.
 Kornblume 279.
 Kornrade 240.
 Kraft, Angriffspunkt 427, 440, 444.
 — Größe 427.
 — Richtung 427.
 Kräftepaar 442, 444.
 Kräfteparallelogramm 440.
 Kräftepolygon 439.
 Kräftezusammensetzung 440, 459.
 Krähenbeere 109.
 Krappgewächse 234, 270.
 Kratzdistel 278.
 Krebschere 106, 224.
 Kreide 39, 60.
 Kreide-Formation 7.
 Krensäure 94.
 Kreuzblume 250.
 Kreuzblütler 232, 244, 245, 246, 369.
 Kreuzkraut 277.
 Kristallinische Schiefer-formation 6.
 Kristalloide 137.
 Kristallwasser 30.
 Kronenblätter 217.
 Kronenwicke 390.
 — bunte 390.
 Krugit 43.
 Krümelstruktur 133, 175.
 Krümmungen in Flüssen 506.
 — in Röhren 495, 496.
 Kryptogamen 203, 204, 400.
 Küchenschelle 334.
 Kuckucksblume 240.
 Kuhlblume 242, 281.
 Kuhlerde 63, 80.
 Kuhmaschinen 80.
 Kulturboden 3.
 Kümmel 253, 254, 255, 402, 404, 405, 407, 409.
 Kurzhafer 333.
 Labellum 229.
 Labiatae 233, 263, 264, 265.
 Labkraut 271.
 Labrador 30, 33, 34, 36.
 Lachenknoblauch 265.
 Lactuca 281.
 Laichkraut 104.
 Laichkraut-gewächse 218, 220.
 Lamium 264.
 Lammerschwanz 274.
 Landrohr 331, 411.
 — lanzettliches 331.
 — vernachlässigtes 332.

- Längenprofil 496, 497.
 Langsame Verbrennung 20.
 Lapilli 55.
 Laterit 137.
 Lateritböden 72.
 Lathyroidinae 395.
 Lathyrus 377, 395.
 — heterophyllos 397.
 — latifolius 397.
 — paluster 397.
 — platyphyllos 396, 397.
 — pratensis 376, 396.
 — silvester 396.
 — tuberosus 396.
 Lattich 281.
 Laubmoose 206.
 Lauch 228.
 Laurentinische Formation 6.
 Läusekraut 268.
 Lava 55.
 Lebermoose 206.
 Lebertorf 104.
 Ledum palustre 109.
 Leersia oryzoides 322.
 Leguminosae 232, 249, 369
 bis 397.
 Lehm 58.
 Lehmboden 120, 122, 175,
 176.
 Lehmmergel 61.
 Lehmplanzen 399, 400.
 Leinkraut 266.
 Leitfossilien 5, 189.
 Leitplanzen 185, 188.
 Lemna 400.
 Lemnaceae 218, 225.
 Lens 395.
 — esculenta 395.
 Lentibulariaceae 233, 269.
 Leontodon 280.
 Leptothrix 88.
 Letten 58.
 Leucit 28, 29, 31, 33, 34,
 36, 77.
 Lias 7.
 Liassandstein 56.
 Lichenes 286.
 Lichtnelke 240.
 Lichtstrahlen 154.
 Lieschgras, Boehmers 329.
 — Wiesen- 328.
 Lieschkolben 218.
 Ligula 303.
 Liguliflorae 274, 279.
 Lilienblütige 218, 228.
 Liliiflorae 218, 226, 228.
 Limonit 46.
 Limonitbildung 104.
 Linaria 266.
 Linde 104.
 Linse 395.
 — efsbare 395.
 — Wick- 395.
 Lippe 229.
 Lippenblütler 233, 263, 264,
 265.
 Literatur zum I. Abschnitt
 198—201.
 — — II. Abschnitt 419 bis
 422.
 — — III. Abschnitt 520.
 Lithospermum offic. 262.
 Lodiculae 307, 308.
 Lohblüte 204.
 Lohden 102.
 Lohmann, Julius 214.
 Lolch, ausdauernder 359.
 — Lein- 361.
 — Taumel- 361.
 Lolium italicum 360, 407,
 408, 410.
 — multiflorum 360.
 — remotum 361.
 — perenne 360, 407, 408,
 410.
 — temulentum 361.
 Löfs 63, 71.
 Löfskindl 63.
 Löfslehm 58, 63.
 Löfsmännchen 63.
 Loteae 377, 387.
 Lot-Phosphat 42.
 Lotus 379.
 — corniculatus 388, 407,
 409.
 — uliginosus 388, 407, 408,
 410.
 Löwenmaul 266.
 Löwenzahn 280.
 Luch 102.
 Lupinaster 379.
 Lupine, blaue 378.
 — doppelteifse 378.
 — gelbe 374, 378.
 — perennierende 379.
 — sibirische 378.
 — weifse 378.
 Lupinen 373.
 Lupinose 379.
 Lupinus 375.
 — angustifolius 378.
 — — var. diploleucus 378.
 — hirsutus 379.
 — luteus 374, 378.
 Lupinus luteus var. leuco-
 spermus 378.
 — var. melanospermus 378.
 — mutabilis 379.
 — polyphyllus 379.
 Lupinin 379.
 Luzerne 375, 379, 411, 413.
 — blaue 375, 381, 409, 416.
 — Hopfen- 416.
 — Sand- 380, 416.
 — sichelfrüchtige 380.
 Luzula 226, 227, 228.
 Lycopersicum esculentum
 266.
 Lycopus 263.
 Lysimachia 260.
 Lythraceae 233, 251.
 Magnesiaglimmer 33, 35,
 37, 76.
 Magnesit 39.
 Magnesiumchlorid 47.
 Magnesiumnitrat 48.
 Magneteisen 46.
 Maibolt 82.
 Mais 322.
 Maisgräser 322.
 Maldenguano 42.
 Mannagräs 345.
 — flutendes 409.
 Mannagrütze 345.
 Männertreue 267.
 Marbel 227.
 Mariengras 325.
 — wohlriechendes 326.
 Markasit 45.
 Marmor 39, 59.
 Marschboden 117.
 Marschmoor 80.
 Masse 427.
 Mafsliechen 274.
 Materieller Punkt 427.
 Matricaria Chamomilla 275,
 276.
 Maulwürfe 94.
 Mäuseklee 384.
 Maydeae 322.
 Mechanik 423.
 Mechanische Arbeit 432.
 — Bodenanalyse 131.
 Mechanisches Prinzip 301.
 Medicago falcata 375, 380.
 — lupulina 381, 407, 409.
 — media 380.
 — minima 380.
 — sativa 375, 379.
 — varia 380.

- Meergeil 104.
 Mehlkörper 294, 309.
 Melampyrum 269.
 Melandryum 240.
 Melaphyr 52, 79.
 Melde 232, 238.
 Melica ciliata 340.
 — nutans 340.
 — uniflora 340.
 Melilotus 381, 385.
 — albus 382.
 — altissimus 382.
 — macrorrhizus 382.
 — officinalis 373, 374, 381.
 Meltau 205.
 Memeldelta 179.
 Mentha 263.
 Menyanthes trifoliata 260.
 Mergel 42, 61.
 Mergelboden 177.
 Mergelnieren 63.
 Mergelsand 56, 174.
 Mergelschiefer 61.
 Merk 254.
 Mesophyten 311.
 Mesotyp 32, 35.
 Mesozoische Periode 6.
 Mefstischblätter 122.
 Messung von Kräften 426.
 — von Wassermengen 514
 Metachlamydeae 223.
 Metadikieselsäure 28.
 Metakieselsäure 27.
 Metall 12.
 Metalloide 12.
 Methan 98.
 Meum 254, 255.
 Michaelis 519.
 Microspermae 218, 229.
 Mielitzgras, echtes 344.
 Mielitz, Havel- 323.
 Mikroklin 30, 33, 34.
 Mikroorganismen 49.
 Mikropyle 309.
 Milchkraut, Seestrands- 260.
 Milchsaft 221, 251, 273,
 274, 279.
 Milchsekretion 255.
 Milder Humus 96.
 Mimosoideae 369.
 Mineralboden 158.
 Minze 263.
 Miocän 7.
 Mischmoor 114.
 Mischungen von Samen 398
 bis 415.
 Mittelkraft 439, 441.
 Mittelmoor 103.
 Mittelmoränen 68.
 Mittelpunkt des Druckes
 477.
 Mittlerer Radius 498.
 Moder 97.
 Mohngewächse 232, 243, 244.
 Mohrenhirse 297, 322.
 Mohrenhirsegräser 322.
 Mohrrübe 255.
 Molasse 7.
 Molassesandstein 56.
 Molekul 12.
 Molekulargewicht 12.
 Molinia 321.
 — coerulea 192, 297, 345.
 Moment einer Kraft 442.
 Monocotyledones, einkeim-
 blättrige Pflanzen 203,
 215, 217, 294, 400.
 Monoxyde 28.
 Montia 239, 400.
 Moor 99.
 Moorbildung 99.
 Moorboden 122, 158, 180.
 — Entwässerung 185.
 — forstliche Nutzung 193.
 — gärtnerische Nutzung
 193.
 Moorbrennen 166.
 Moordammkultur 134, 141,
 147.
 Moore 285.
 — in Süddeutschland, Öster-
 reich, Schweiz 185.
 Moormergel 60.
 Moorsenkung 187.
 Mooruntersuchung 190, 195.
 Moor-Versuchs-Station 190.
 Moorwehen 180.
 Moorzeitungen 188.
 Moos 102.
 Moosbeere 109.
 Moosformation 286.
 Mooskapsel 206.
 Moosmoore 286.
 Moospflanzen 203, 205, 206.
 Moostorf 110, 111.
 Mooswiesen 286.
 Moräne 55.
 Moränenmergel 61.
 Mösse 102.
 Mudde 104.
 Mullwehen 180.
 Multiple Proportionen 14.
 Muschelkalk 60.
 Muschelkalkformation 6.
 Muscovit 31, 33, 35, 36, 76.
 Mutterkorn 205.
 Myosotis palustris 262.
 Myrica Gale 109.
 Myriophyllum 106, 252, 400.
 Myrtiflorae 232, 251, 252.
 Myxomycetes, Schleimpilze
 204.
 Myxothallophyta, Schleim-
 Lagerpflanzen 203, 204.
 Nachsaat 415.
 Nachtkerzengewächse 233,
 252.
 Nachtschattengewächse 233,
 266.
 Nadelhölzer 215.
 Nährgewebe 295.
 Nährstoffe 156.
 Najas 104.
 Narbe, fadenförmig, feder-
 förmig, sprengwedel-
 förmig 308, 309.
 Nardus stricta 362.
 Nasturtium 244.
 — officinale 400.
 Natriumchlorid 47.
 Natriumkarbonat 39.
 Natriumnitrat 48.
 Natriumsilikat 36.
 Natrolith 32, 33, 35, 36.
 Natronfeldspat 30.
 Natronsalpeter 48.
 Natronseen 39.
 Natronwasserglas 36.
 Natterkopf 262.
 Naturboden 3.
 Natürlicher Böschungswinkel
 464.
 Navassaphosphat 42.
 Negehirse 322.
 Nektarium 236.
 Nelkengewächse 232, 239,
 240.
 Nelkenwurz 249.
 Nepeta Glechoma 264.
 Nephelin 31, 33, 34, 36, 37.
 Neptunische Bildungen 50.
 Nesselgewächse 231, 234.
 Neumayer, v. (s. Liter.) 285.
 Neutrale Gesteine 51.
 Nichtmetall 12.
 Nicotiana Tabacum 266.
 Niederblätter 298, 302.
 Niedermoore 103.
 Niederrungsboden 121.
 Niederrungsmoor 102, 103.

- Nitella 205.
 Nitragin 91, 372.
 Nitrate 26, 48.
 Nitrifikation 90.
 Nitritbakterien 90.
 Nitrobacter 90.
 Nitrosococcus 90.
 Nitrosomonas 90.
 Nixkraut 104.
 Nodi 297.
 Nummulitenkalk 60.
 Nuphar 104.
 — luteum 242.
 Nymphaea 104, 400.
 Nymphaeaceae 232, 242.
- O**bergräser 311, 312, 336, 343.
 Oberkrume 3.
 Ochrea, Tute 234.
 Ocker 46.
 Oenanthe 254, 257.
 Oenotheraceae 233, 252.
 Ökonomisches Bodeneinteilungssystem 119.
 Öldistel 191.
 Oligocän 7.
 Oligoklas 30, 33, 34, 36.
 Olivin 28, 29, 31, 33, 35, 36, 37, 75.
 Onobrychis 391.
 — sativa 391.
 — viciaefolia 391.
 Ononis 377, 379.
 — spinosa 375, 379.
 Oolithengebirge 6.
 Opal 26, 28.
 Ophrys 230.
 Orchidaceae 218, 229.
 Orchis 229, 230.
 Ornithopus 391.
 — perpusillus 391.
 — sativus 391.
 Orobus 395.
 Orthodikieselsäure 28.
 Orthokieselsäure 27.
 Orthoklas 29, 30, 33, 34, 36, 37, 75, 77.
 Ortstein 73, 140.
 Oryza clandestina 322.
 — sativa 322.
 Oryzae 322.
 Ovula 215, 309.
 Oxalsäure 87, 161.
 Oxydation 20.
 Oxyde 20, 26, 46.
 Oxyhydrate 26.
- Oxydul 20.
 Ozon 73.
- P**aläozoische Periode 6.
 Palea inferior, superior 305, 307, 313.
 Palmwedel 215.
 Pandanales 218.
 Pandanus 218.
 Paniceae 322.
 Panicum crus galli 322.
 — glaucum 322.
 — italicum 322.
 — lineare 322.
 — miliaceum 322.
 — sanguinale 322.
 — viride 322.
 Papaveraceae 232, 243, 244.
 Papilionaceae 86, 369.
 Papilionatae 369.
 — Beschreibung der wichtigsten Arten 377—397.
 Pappus 273.
 Parasiten 205.
 Parietales 232, 251.
 Parnassia 247.
 Paronychioideae 239, 241.
 Paspalum dilatatum 322.
 Passiver Erddruck 468.
 Pastinaca 253, 256.
 Pede 356.
 Pedicularis 268.
 Peilstange 515.
 Peluschke 395.
 Pennisetum typhoideum 322.
 Perennierend 298.
 Perianth 217.
 Peridineen 204.
 Peridot 31, 33, 35.
 Perigon 217.
 Perigynisch 232.
 Perisperm 238.
 Perlgras, einblütiges 340.
 — gewimpertes 340.
 — nickendes 340.
 Perlsand 174.
 Permeabilität 150.
 Peruguano 42.
 Pestwurz 277.
 Petasites 277.
 Petroleum 85.
 Peucedanum 254, 255, 256, 258.
 Pfahlwurzel 146, 296.
 Pfeifengras 297, 321.
 — blaues 345.
 Pfeifenräumer 345.
- Pfeilkraut 221, 222.
 Pfennigkraut 260.
 Pferdebohne 394.
 Pferdehaar 209.
 Pferde Kohl 191.
 Pferdekraft 433.
 Pflanzen, Kalk- 399.
 — Lehm- 399.
 — Rieselwasser- 400.
 — Salz- 399.
 — sandigen Lehm liebende 399.
 Pflanzenformationen 285, 287.
 Pflanzengeographie 285.
 Phalarideae 323.
 Phalaris arundinacea 323, 328, 400, 407, 409.
 — — var. picta 323.
 — canariensis 323, 324.
 Phanerogamiae 203, 215.
 Phaseoleae 377.
 Phaseolus vulgaris 377.
 Phleum Boehmeri 329.
 — pratense 323, 328, 407, 408, 410.
 Phonolith 52.
 Phosphate 26, 41.
 Phosphatkreide 42.
 Phosphorit 42.
 Phosphorsaure Salze 26, 41.
 Phragmites 102.
 Phragmites communis 340.
 Phragmitestorf 105.
 Phyteuma 273.
 Pilztiere 204.
 Pimpernelle 248.
 Pimpinella, 254, 256.
 Pinguicula 269.
 Pippau 282.
 Pirus 247.
 Pistazit 32, 33, 36.
 Pisum 377, 395.
 — sativum 395.
 — var. arvense 395.
 Pitot'sche Röhre 508, 509.
 Placenta 233, 237.
 Plagioklase 30, 37, 76.
 Plänermergel 61.
 Plankton 204.
 Plantaginaceae 233, 269.
 Plantaginales 233, 269.
 Plantago 269, 270.
 Plasmodium 204.
 Platterbse 395.
 — breitblättrige 397.
 — flachblättrige 396.

- Platterbse, knollige 396.
 — Sumpf- 397.
 — verschiedenbl. 397.
 — Wald- 396.
 — weichhaarige 396.
 — Wiesen- 396.
 Plenkner 516.
 Pliocän 7.
 Plumbaginaceae 233, 260.
 Plumula 295, 297, 370.
 Plutonische Bildungen 50.
 — Eruptivgesteine 50.
 Poa 321, 341.
 — annua 342.
 — aquatica 102, 344.
 — bulbosa 344.
 — compressa 343, 412, 413.
 — nemoralis 342.
 — palustris 342.
 — pratensis 343, 407, 408.
 — serotina 342.
 — trivialis 343, 407, 409.
 Podalyriaceae 377.
 Polierkraut 214.
 Polierschiefer 27.
 Pollen, Ausstreu-
 tungen desselben 374.
 Pollenkörner 215, 308.
 Pollenschläuche 309.
 Polycarpicae 241.
 Polycnemum 239.
 Polygalaceae 232, 250.
 Polygonaceae 234.
 Polygonales 231, 234.
 Polygonum 234, 236, 237.
 Polyhalit 43.
 Polykieselsäure 28, 29.
 Polypetalae 231.
 Polythalamien 60.
 Polytrichum 209, 210, 286.
 Poncelet und Lesbros 486.
 Porphyr 78.
 Porphyrboden 85.
 Porst 109.
 Portulacaceae 232, 239.
 Porzellanerde 32.
 Posidonienschiefer 7, 42.
 Potamogeton 104, 220, 400.
 Potamogetonaceae 218, 220.
 Potentielle Energie 435.
 Potentilla 247, 248, 249.
 Poterium sanguisorba 248,
 402, 404.
 Prärien 285.
 Präriengräser 339.
 Primelgewächse 233, 259,
 260.
 Primitivboden 118.
 Primulaceae 233, 259, 260.
 Primulales 233, 259, 260.
 Prinzip des Archimedes 476.
 Profilmessungen 515.
 Protein 296.
 Proterandrisch 308.
 Prothallium 209.
 Protogynisch 308.
 Protonema, Vorkeim 205,
 206.
 Protoplasma 204.
 Prunus 247.
 Psamma arenaria 332.
 Pseudacacia 389.
 Pseudokoprolith 42.
 Pteridophyta, Farnpflanzen
 203, 209.
 Puffbohne 394.
 Pulsatilla pratensis 334.
 Pulvererde 82.
 Pumpenvorrichtung bei der
 Bestäubung 374.
 Pyrit 45.
 Pyroxen 31, 33, 34.
 Quadersandstein 57.
 Quadersandsteingebirge 7.
 Quartär-Formation 7.
 Quarz 26, 37.
 Quarzdiorit 52.
 Quebben 106.
 Quecke 356, 360, 411.
 Queller 238, s. auch Andel.
 Quellgras 322.
 Quellsalz 94.
 Quellsäure 94.
 Quellung 136.
 Quellungsvermögen 136.
 Querprofil, vorteilhaftestes
 500.
 Rachenblütler 233, 266.
 Radicula 295, 297, 370.
 Radikale 16.
 Raigras 401.
 — engl. 359, 402, 404, 405,
 407, 408, 412, 413, 415,
 416.
 — franz. 298, 335, 404,
 406, 408, 416.
 — italienisches 294, 360,
 404, 407, 408, 413, 415,
 416.
 Raigräser 359.
 Ranales 232, 241.
 Ranunculaceae 232, 241, 242,
 243, 324.
 Ranunculus acer 243.
 — aquatilis 106, 400.
 Rapontica 252.
 Raphanus Raphanistrum
 246.
 Raps 246.
 Rapünzchen 271.
 Rasen 299.
 Rasenbrennen 167.
 Raseneisenstein 43, 46, 140.
 Rasenschmiele 192, 337,
 402, 412, 413.
 Rasensimse 109.
 Rasentorf 102.
 Rauhblättrige Gewächse
 233.
 Rauhigkeitsgrad 500.
 Raukensenf 245.
 Raupenfackeln 279.
 Rebendolde 254, 257.
 Reduktion 44, 98.
 Reet 102.
 Regenwürmer 93, 134.
 Reichenbach 510.
 Reiherschnabel 250.
 Reinfarn 276.
 Reinheit 401.
 — verschiedener Samen 402.
 Reis 322.
 Reisgräser 322.
 Reservenahrung 305.
 Resultante 439.
 Resultierende 440.
 Resultierender Erddruck
 465.
 Retortenförmige Zellen 207.
 Rettich, Acker- 246.
 Rhabarber 234, 235.
 Rheum 234, 235.
 Rhizobium leguminosarum
 371.
 — radiculicola 91.
 Rhizom, Wurzelstock 210,
 218, 299.
 Rhoadales 232, 243.
 Ried 102.
 — einbälziges 363.
 — Sumpf- 363.
 Riedgras 102.
 Riedgräser 218, 362.
 Rieselwasser, gutes 400.
 Riesentöpfe 67.
 Rispengras 321, 341, 416.
 — einjähriges 342.

- Rispengras, gemeines 343, 402, 404, 405, 407, 409, 413, 414, 416.
 — Hain- 342, 404, 413.
 — spätes 342, 416.
 — Sumpf- 342.
 — Wiesen- 343, 404, 408, 414, 416.
 — zusammengedrücktes, (Platthalm) 404, 405.
 Rispe 306.
 Rispenhirse 322.
 Robinia 389.
 Roggen 414.
 — gemeiner 357.
 — Sommer- 414.
 Roggenhalm, Querschnitt des 301.
 Rohhumus 147.
 Röhren 490, 494.
 — aus Holz 494.
 — Krümmungswiderstand 495, 496.
 — Reibung in denselben 491.
 — Versuche (Darcy) 493.
 — Widerstand beim Eintritt 491.
 Röhrenblütige 261.
 Rohrglanzgras 402, 404, 415.
 Rohrkolben 102, 106, 218.
 Rohrkolbengewächse 218.
 Rohrtorf 105.
 Rohrzucker 238.
 Rohton 131.
 Rosaceae 232, 247, 248, 249.
 Rosales 232, 247, 248, 249.
 Rösche 497.
 Rosmarinheide 109.
 Rostpilze 205.
 Röt 61.
 Rotliegendes 6.
 Rubiaceae 234, 270, 271.
 Rubiales 233, 270, 271.
 Rüben 246.
 Ruchgras 401, 402, 404, 405, 406, 408.
 — begranntes 325.
 — echtes 324, 414.
 — gemeines 324.
 — Puels 325.
 Rückstau, Berechnung 504.
 Rumex 234, 235, 236.
 Runkelrübe 238.
 Saat, Einzel- 403.
 — Gemenge- 403.
 — Menge 404.
 — Rein- 403.
 — Zuschlag zu derselben 403.
 Saftmal an der Fahne 374.
 Sagittaria 221, 222, 400.
 Salat, wilder 282.
 Salbei 264.
 Salicornia 238.
 Salpeterplantagen 49.
 Salpetersäure 99.
 Salpetersaure Salze 26, 48.
 Salpetrige Säure 99.
 Salsola Kali 238, 239.
 Salvia 264.
 Salzablagerung 82.
 Salzbildner 25.
 Salze 20.
 Salzgebirge 6.
 Salzkraut 238.
 Salzlager 82.
 Salzpflanzen 399.
 Salzsäure 47.
 Salzsole 84.
 Samen 203.
 Samenanlage 215, 309.
 Samenfäden 206.
 Samenmischungen 400 bis 415.
 — für Böschungen 411.
 — für Dauerwiesen 406, 407.
 — für Gartenrasen 411.
 Samenpflanzen 215.
 Sand 55, 66.
 Sandboden 120, 122, 173.
 Sanddeckkultur 181.
 Sandgebläse 67.
 Sandheideboden 179.
 Sandhelm 332, 411.
 Sandmergel 61.
 Sandmischkultur 181.
 Sandpflanzen 400.
 Sandstein 55, 56.
 Sandwehen 72.
 Sanguisorba 247, 248.
 Sanidin 33, 34.
 Saprophyten, Fäulnisbewohner 205.
 Serothamnus scoparius 378.
 Sattelmoores 185.
 Saubohne 394.
 Sauerampfer 235.
 Sauergräser 102, 218, 224, 294, 297, 362.
 Sauerstoff 305.
 Saugezellen 295.
 Saure Gesteine 51.
 Säuren 20.
 Saurer Humus 96.
 Savannen 285.
 Saxifragaceae 232, 247.
 Scabiosa 272.
 Schachtelhalm 209.
 Schafgarbe 276.
 — gemeine 402, 404.
 Schaumkalk 60.
 Schaumkraut 245.
 Scheide 302.
 Scheidenblütige 218.
 Scheidiges Wollgras 109.
 Scheinähre 306.
 Scheingräser 102.
 Schellblume 229.
 Scheuchzeria 221.
 Scheuchzeria palustris 108.
 Scheuchzeriatorf 109.
 Scheuerkraut 214.
 Schiefe Ebene 472, 473.
 Schiefertone 58.
 Schierling, gefleckter 254, 257.
 Schiffchen 369.
 Schiffeln 167.
 Schilf 102.
 Schilfrohr, gemeines 340.
 Schilftorf 105.
 Schimmelkraut 275.
 Schindermann 337.
 Schizomycetes, Spaltpilze oder Bakterien 88, 204.
 Schizophyceae, Spaltalgen 204.
 Schizophyta, Spaltpflanzen 203, 204.
 Schlämmanalyse 132.
 Schlämmflasche 132.
 Schlamm-schachtelhalm 214.
 Schlamm-torf 104, 105.
 Schlämmylinder 132.
 Schleimpilze 204.
 Schlenken 108.
 Schleppsand 56.
 Schlick 58, 104.
 Schlickmoor 179.
 Schluffsand 56.
 Schlüssel, künstlicher zum Bestimmen der Gräser 315.
 Schwarotzer 261, 268.
 Schmele 336, 337.

- Schmetterlingsblütler 86, 369.
 Schmetterlingsgewächse, Bau der Blätter 372.
 — Bestäubung 373.
 Schmiele 336, 337, 404.
 Schmitz 43.
 Schörl 32.
 Schoten der Kreuzblütler 369.
 Schotendotter 245.
 Schotenklee, gehörnter 416.
 — gemeiner 380.
 Schotter 55.
 Schotterboden 173.
 Schraubenbaum 218.
 Schubfestigkeit 452.
 Schuppenblätter 298, 302.
 Schutt 55, 66.
 Schuttboden 173.
 Schütze, Ausflusskoeffizient. 487.
 — Kraft zum Aufziehen 480.
 Schwaden 344, 414.
 — Frankfurter 345.
 Schwadengras 345.
 Schwadengrütze 345.
 Schwaden, Wasser- 344.
 Schwalbenwurz 261.
 Schwanenblume 223.
 Schwarzerde 178.
 Schwarzwurz 262.
 Schwefelbestoffe 68.
 Schwefelbakterien 90.
 Schwefeleisen 45.
 — Prüfung auf 184.
 Schwefelkies 45.
 Schwefelsaure Salze 43.
 Schwefelverbindungen 45.
 Schwefelwasserstoff 45, 145.
 Schweineuhr 225.
 Schwemm Boden 118.
 Schwemmer 302.
 Schwerer Boden 133, 176.
 Schwerpunkt 447.
 — Dreieck 448.
 — dreiseitige Pyramide 449.
 — Erdkörper 450.
 — gerade Strecke 448.
 — Prismen 449.
 — Vielecke 449.
 — Viereck 449.
 — Zylinder 449.
 Schwertliliengewächse 218, 229.
 Schwimmende Körper 477.
 Schwimmendes Moor 106.
 Schwimmer, Beobachtungen 507.
 Schwingel 322.
 — härlicher 416.
 — Meerstrands- 349.
 — Rohr- 404, 406.
 — rohrartiger 350, 416.
 — Rot- 404, 407, 409, 413, 414.
 — roter 351, 404, 416.
 — Schaf- 352, 404, 412, 413, 416.
 — verschiedenblättriger 350, 404, 405, 409.
 — Wiesen- 316, 350, 406, 408, 414, 415, 448.
 Schwingelschilf 322, 346.
 — nordisches 346.
 Scirpus 102, 362.
 — caespitosus 109, 363.
 — lacustris 363.
 — palustris 363.
 — radicans 363.
 — silvaticus 363.
 Scleranthoideae 239, 241.
 Scleranthus annuus 241.
 Scolochloa festucacea 322, 346.
 Scrophularia 266.
 Scrophulariaceae 233, 266, 267, 268, 269.
 Scutellaria 265.
 Scutellum 295.
 Secale cereale 357.
 Sedimentärbildungen 50.
 Seegrass 220.
 Seeklei 63.
 Seeklima 155.
 Seemarschboden 69, 176.
 Seerose 104.
 Seerosen 106, 400.
 Seerosengewächse 232, 242.
 Seeschlick 63, 64, 69, 138.
 Segge 102, 363.
 — abweichende 367.
 — Blasen- 368.
 — cypergrasähnliche 368.
 — einährige 365.
 — Flaschen- 368.
 — fuchsbraune 366.
 — gelbe 368.
 — geschnäbelte 368.
 — gleichährige 365.
 — hirseartige 367.
 — kurzhaarige 368.
 — Loire- 366.
 Segge, rispige 367.
 — rundliche 366.
 — Sand- 365, 412.
 — scharfkantige 367.
 — sperrfrüchtige 366.
 — steife 367.
 — Sumpf- 368.
 — Ufer- 368.
 — verschiedenährige 367.
 — zweihäusige 365.
 Seggentorf 105.
 Seide 261.
 Seidenpflanzengewächse 261.
 Seilpolygon 460, 461.
 Seitenkraft 439.
 Seitenmoränen 68.
 Seitenzweige 298.
 Sekundenkilogramm 433.
 Selbstreinigung des Wassers 149.
 Selinum 254.
 Senecio 277.
 Senf 246.
 Septarienmergel 61.
 Serpentin 32, 33, 35, 37, 75.
 Serradella 377, 416.
 Serratula tinctoria 279.
 Sesleria coerulea 340.
 Seslerie, blaue 340.
 Sesquioxide 29.
 Setaria glauca 322.
 — viridis 322.
 Sherardie 270.
 Sickerwasser 170.
 Silaus 253.
 Silbergras 337.
 Sieglingia decumbens 339.
 Sieglingie, liegende 339.
 Silenoideae 239, 240.
 Siliciumdioxid 27.
 Silje 254.
 Silikatboden 121.
 Silikate 26.
 Silurische Formation 6.
 Silurkalk 60.
 Simse 102.
 Sinapis 246.
 Singulo-Silikat 28.
 Sinkstoffe 149.
 Siphonogamae 203.
 Sisymbrium 245.
 Sium 254, 257.
 Skelett, Boden- 132.
 Sklerenchymring 302.
 Skolezit 32, 33, 35, 36.

- Sodolith 31, 33, 34, 36.
 Sohlband 104.
 Sohle 496.
 Sohlengeschwindigkeit 502.
 Solanaceae 233, 266.
 Solanum 266.
 Sombbrero-Phosphat 42.
 Somme-Phosphate 42.
 Sonchus 282.
 Sondierstange 515.
 Sonnenröschen 251.
 Sonnentau 109.
 Sophora japonica 377.
 Sphoreae 377.
 Sorghum vulgare 322.
 Spaltalgen 204.
 Spaltöffnungen 304, 311.
 Spaltpilze 49, 88, 89, 204.
 Spannung 452.
 — zulässige 452, 458.
 Sparganiaceae 218, 219.
 Sparganium 219, 400.
 Spark 241.
 Spateisenstein 40.
 Spätfrost 180.
 Spatha, Hüllblatt 224.
 Spathiflorae 218, 224.
 Spatsand 56.
 Speckstein 32, 33, 35.
 Specularia Speculum 273.
 Speicherorgane 305.
 Spelz 356.
 Spelzblütige 218, 224, 294, 313.
 Spelze 302, 307.
 Spergula 241.
 Spermatozoiden, Samen-
 fäden 206, 207, 215.
 Spezifische Wärme 154.
 Sphagnaceen 100, 102, 207.
 Sphagneto-Eriphoreto-
 Callunetum 102.
 Sphagnum 205, 286.
 — acutifolium 205, 206, 209.
 — cymbifolium 207, 208, 209.
 — molluscum 208 (Fig. 8).
 — squarrosum 210.
 Sphärosiderit 40, 43.
 Spierstaude 248.
 Spinacia oleracea 238.
 Spinat 238.
 Spiraea 247, 248.
 Spirochaete 88.
 Spitzsamen 324.
 Splittlagen 108.
 Sporangien 204.
 Sporangienstand 210.
 Spore 203, 204, 205.
 Spörgel 241.
 Sporogon 206.
 Spreite 302.
 Stachys 264.
 Staminodien 223.
 Stärke 305.
 Staub 131.
 Staubbeutel 215.
 Staubfädenröhre 395.
 Staudenmatten 286.
 Stauende Nässe 187.
 Stauendes Wasser 145.
 Stauweite 504.
 Stebler u. Schröter (s. Liter.)
 290, 311.
 Stechapfel 266.
 Steifer Boden 175.
 Steifhalm, blauer 345.
 Steinboden 122, 173.
 Steinbrechgewächse 232,
 247.
 Steinklee, gebräuchlicher
 381.
 — weißer 382.
 Steinkohle 98.
 Steinkohlenformation 6.
 Steinkohlenlager 85.
 Steinkohlensandstein 56.
 Steinpackungen 70.
 Steinsalz 47, 84.
 Steinsame 262.
 Stein-Thymian 263.
 Stellaria 240.
 Stengel 297.
 Stenophragma Thalianum
 245.
 Steppenboden 178.
 Stereomring 302.
 Sterile Blattbüschel 298.
 Sternadolde 253.
 Sternmiere 240.
 Stickstoffsammler 372.
 Stilbit 32, 33, 35, 36.
 Stirnmoränen 68.
 Stolonen 300.
 Storchschnabel 249, 250.
 Storchschnabelgewächse
 232, 249.
 Strahlkies 45.
 Stranddistel 253.
 Strandhafer 72, 332.
 Strandroggen 332, 357, 412.
 Stratiotes 106.
 — aloides 224.
 Stratiotoideae 224.
 Straußgras 329.
 — gemeines 331, 416.
 — Hunde- 331.
 — Typus 331.
 — weißliches 329.
 Strenger Boden 175, 176.
 Strenze 253.
 Streuwiesen auf Moor 184.
 Strohblume 275.
 Struktur 51, 78.
 Succisa pratensis 272.
 Sulfatboden 122.
 Sulfate 26, 43.
 Sulfide 26, 45, 145.
 Sumpfbeise 108.
 Sumpf-Dreiblatt 260.
 Sumpferz 46.
 Sumpfgas 98, 145.
 Sumpfkrauzdistel 191.
 Sumpffrühl 259.
 Sumpfschachtelhalm 213.
 Sumpfschweinekraut 225.
 Sumpftorf 105.
 Sumpfiest 264.
 Supraaquatisches Moor 102.
 Süßgras 321.
 — gefaltetes 345.
 — flutendes 345.
 Süßgräser 218, 224, 294,
 313.
 Süßholz 389.
 Süßwasserkalk 60.
 Süßwasserquarz 27.
 Syenit 52.
 Sylvin 47.
 Sylvinit 47.
 Symbiose 91, 157, 372.
 Symptetae 231, 233.
 Symphytum officinale 262.
 Syncarp 232.
 Systematik der Gräser 313.
 — der Papilionaten 377.
 Tabak 266.
 Taldiluvium 7.
 Talk 32, 33, 35, 36, 75.
 Talsand 8, 127.
 Talwiesen 418.
 Tanacetum 276.
 Tännelgewächse 232.
 Tannenwedel 252.
 Tannwedel 106.
 Taraxacum 281.
 Tätiger Boden 174.
 Taubenbohne 394.
 Taubildung 143.
 Taubnessel 264.

- Taumantel 248.
 Tausendblatt 252.
 Tausendblattgewächse 233.
 Tausendgüldenkraut 261.
 Taxus 215.
 Terebratelkalk 60.
 Tertiärformation 7.
 Teucrium 265.
 Teufelsabbifs 272.
 Teufelskralle 273.
 Thallophyta, Lagerpflanzen 88, 203, 204.
 Thallus 204, 209.
 Thalluspflanzen 88.
 Thiel (s. Literatur) 290.
 Thiobakterien 90.
 Thomasschlacke 415.
 Thymian 263.
 Thymianseide 261.
 Thymus 263.
 Tiefkultur 135.
 Tiergartenmischung 411, 413.
 Timothee 402, 404, 405, 407, 408, 415.
 Timotheegras 323, 328, 412, 413, 416.
 Tollkirsche 266.
 Tomate 266.
 Ton 57, 58.
 Tonboden 120, 175.
 Tongestein 57, 58.
 Tonmergel 61.
 Tonminerale 38.
 Tonnengewölbe, Berechnung 461.
 — graphische Berechnung 462.
 Tonpflanzen 399.
 Tonschiefer 58.
 Tonschieferboden 117.
 Torf 99.
 Torfearnallit 47.
 Torfkainit 47.
 Torfleber 104.
 Torfmoos 100, 102, 110, 206, 207, 208.
 Torfmoos-Wollgras-Heidetorf 102.
 Torfstreu 112.
 Torsionsfestigkeit 459.
 Trachyt 52.
 Träger, Berechnung 469.
 Trägheit 427.
 Trägheitskräfte 427, 431.
 Trägheitsmoment 455.
 Tragmodul 451.
 Tragopogon 280.
 Transport 66, 68.
 Traube 306.
 Travertin 60.
 Trespse 322.
 — Acker- 354.
 — aufrechte 353, 404.
 — grannenlose 353, 354.
 — Roggen- 352.
 — traubenförmige 352.
 — weiche 352, 402, 412.
 — wehrlose 404.
 Trias-Formation 6.
 Trifolieae 377, 379, 382.
 Trifolium 379, 382.
 — agrarium 377.
 — alpestre 384.
 — arvense 384.
 — aureospadiceum 387.
 — elegans 387.
 — filiforme 387.
 — fragiferum 385.
 — hybridum 386, 407, 408, 410.
 — incarnatum 384.
 — medium 385.
 — minus 387.
 — montanum 385.
 — pannonicum 384.
 — pratense 383.
 — var. perenne 383, 407, 408, 410.
 — var. pratense 383.
 — var. sativum 383.
 — procumbens 387.
 — repens 385, 407, 408, 410.
 — rubens 385.
 Triglochin 221.
 Trimorphismus 252.
 Tripel 27.
 Trisilikat 28.
 Trisetum 334.
 — flavescens 334.
 Triticum amyleum 356.
 — caninum 356.
 — compactum 355.
 — dicoccum 356.
 — durum 297, 355.
 — repens 356, 360, 411.
 — Spelta 356.
 — turgidum 297, 355.
 — vulgare 355.
 Trona 39.
 Tropfstein 39.
 Tschernosem 178.
 Tubiflorae 233, 261, 274.
 Tuff 55.
 Tuffboden 173.
 Tundren 286.
 Türkischer Weizen 322.
 Turmalin 32, 33, 35, 36, 37.
 Turmkraut 244.
 Turritis glabra 244.
 Tussilago Farfara 277.
 Typha 102.
 — angustifolia 219.
 — latifolia 218.
 Typhaceae 248.
 Überfälle in dünner Wand 487, 489.
 Überfrucht 414.
 Übergangsmoor 103, 107, 108, 113.
 Überkleien 80.
 Übersicht, systematische der Papilionaten 377.
 — — der Gräser 314.
 — — des Pflanzenreichs 203.
 Überwassermoor 102.
 Uferlinie 496.
 Ulex 377.
 — europaeus 377.
 Ulmaria 247, 248.
 Ulmin 94.
 Ulminsäure 94.
 Ultramikroskop 137.
 Umbelliflorae 233, 253.
 Ungesättigte Verbindungen 16.
 Untergras 311, 312, 331, 342, 344, 406, 407.
 Untergrund 3.
 Untergrunddüngpflug 115.
 Unterwassermoor 102.
 Urgestein 50, 51.
 Urgneisgebirge 6.
 Urkalk 60.
 Urphosphat 42.
 Urticaceae 231, 234.
 Urtica dioica 234.
 — urens 234.
 Urticales 231, 234.
 Ustilago longissima 345.
 Utriculariaceae 269.
 Vaccinium Oxycoccus 109.
 Vakuolen 204.
 Valenz 16.
 Valerianaceae 234, 271.
 Valerianella olitoria 271.
 Vallisnerioideae 223.

- Vegetationskegel 295.
 Veilchengewächse 232, 251.
 Venn 102.
 Ventil, Hebungskraft 478.
 Verbascum 266.
 Verdunstung 142.
 Verfälschung der echten
 Luzerne 381.
 Vergiftsmeynicht 262, 263.
 Verkohlung 97.
 Verkürzungskoeffizient 451.
 Verlegung von Angriffs-
 punkten 440.
 — von Kräftepaaren 442,
 443.
 Vermoderung 97.
 Veronica 266, 267, 400.
 Verschlussener Boden 175.
 Verschwemmung 63, 66, 68.
 Versetzung einer Kraft 444.
 Versuche von Darcy und
 Bazin 499.
 Vertorfung 99.
 Verwandtschaftseinheiten
 17.
 Verwesung 49, 92.
 Verwitterung 72, 74, 76,
 77, 82.
 Verwitterungsboden 118.
 Verzögerung 426.
 vexillum 369.
 Vibrio 88.
 Vicia amphicarpos 394.
 — angustifolia 394.
 — Cracca 377, 392, 393, 407.
 — Faba 376, 377, 394.
 — sativa 394.
 — sepium 377, 393.
 — tenuifolia 393.
 — varia 393.
 — villosa 393.
 Viciae 377, 392.
 Vincetoxicum officinale 261.
 Violaceae 232, 251.
 Vivianit 42, 105, 190.
 Vogelfuß, gebauter 391.
 — kleinster 391.
 Vogelknöterich 237.
 Vogelwicke 392.
 Vollsaa 415.
 Volumgewicht 159, 192.
 Vorkeim, Prothallium 209.
 — Protonema 205, 206.
 Vorspelze 217, 305, 307, 313.
 Vulkanische Aschen 55.
 — Eruptivgesteine 50.
 — Sande 55.
- Wachtelweizen 269.
 Waldboden 3.
 Waldtorf 102.
 Walzen 142, 148.
 Wandständige 232, 251.
 Wärmeausstrahlung 155.
 Warme Böden 173.
 Wärmekapazität 154.
 Wärmeleitung 154.
 Warming, Eugen (s. Lite-
 ratur) 288.
 Wasser 310, 311.
 Wasserampfer 235.
 Wasserblüte 204, 225, 400.
 Wasserbreite 497.
 Wasserdost 274, 275.
 Wasserdruck, am Boden 478.
 — Fortpflanzung 476.
 — gegen geneigte Wände
 480.
 — gegen lotrechte Wände
 479.
 Wasserfenchel 258.
 Wassergarbe 106.
 Wassergeschwindigkeit 502.
 — Berechnungsformeln 498,
 499.
 — Messungen 507, 511, 518.
 Wassergräser 400.
 Wasserhahnenfuß 106.
 Wasserhelme 269.
 Wasserkapazität 136.
 Wasserliesch 223.
 Wasserlilien 106.
 Wasserlinsen 218, 225.
 Wassermengen, Berechnung
 497.
 — in Flüssen und Kanälen
 507.
 — Schätzung für Flufsg-
 biet 518.
 Wasserminze 263.
 Wassernabel 253.
 Wasserpest 106, 223.
 Wasserschieferling 254.
 Wasserschlauch-Gewächse
 269.
 Wasserspeicher 208.
 Wasserspiegel 496, 497.
 Wassersterne 60.
 Wasserstoffsulfid 45.
 Watten 69.
 Wawellit 42.
 Wealden-Formation 7.
 Weber, C. A. 210, 280, 281,
 290, 291, 301, 311.
 Wechselweiden 401.
- Wechselwiesen 401.
 Wechselersetzung 40.
 Wegebreit 269.
 Wegerich 269.
 Wegerichgewächse 233.
 Wegwarte 279.
 Wehr 102.
 Weiches Wasser 170.
 Weide 102.
 Weiden, Ertrag derselben
 417, 418.
 — ewige 401.
 Weidenröschen 252.
 Weiderich 251.
 Weidetageinheit 418.
 Weingaertneria canescens
 337.
 Weinsäure 161.
 Weisbachsche Tabelle 491.
 Weizen, bauchiger 355.
 — Binkel- 355.
 — englischer 355.
 — gemeiner 355.
 — Hart- 355.
 — Hunds- 357.
 — Igel- 355.
 — kriechender 356.
 — polnischer 356.
 — Rau- 355.
 — türkischer 322.
 — Zwerg- 355.
 Weizenboden 121.
 Weizenpflanze, junge 295,
 296.
 Wellen, Berechnung 459.
 Wellenkalk 60.
 Wermut 276.
 Wertigkeit 16.
 Wetterdistel 278.
 Wettstein, v. 268.
 Wickelranken 392.
 Wicke, bunte 393.
 — feinblättrige 393.
 — gebaute 394.
 — grünsamige Hopetown-
 394.
 — Kronen- 390.
 — Sand- 416.
 — schmalblättrige 394.
 — Vogel- 392.
 — weißsamige 394.
 — Zau- 393.
 — zottige 393.
 Wicken 371.
 Widerstand, geringster 468.
 Widerstandshöhe 484.
 Widerstandskoeffizient 484.

- Widerstandsmoment 455, 469.
 — eines Doppel-T und \square -Querschnittes 456.
 — eines Rechteckes 455.
 Wiesen 285, 287, 289, 290, 291, 292, 293.
 — Berg- 417.
 — Bonität derselben 417.
 — dreischürige 417.
 — einschürige 417.
 — Ertrag derselben 415, 416, 417, 418.
 — Flufs- 401.
 — Pflege derselben 415.
 — Riesel- 401.
 — Tal- 418.
 — Verbesserung derselben 418.
 — Wald- 417.
 — zweischürige 417.
 Wiesenboden 3.
 Wiesenetz 46.
 Wiesenflockenblume 402, 404.
 Wiesenhafer, hoher 335.
 Wiesenhaferwurz 280.
 Wiesenalk 60, 137.
 Wiesenkohl 191.
 Wiesenkopf 248.
 Wiesenmangel 60, 104.
 Wiesenschaumkraut 245.
 Wiesenton 58.
 Wiesentorf 102.
 Windblüher 309.
 Windengewächse 233, 261.
 Winterkresse 244.
 Winterschachtelalm 214.
 Wirkungsgrad 436.
 Wirtschaft, Dreesch- 401.
 — Egarten- 401.
 — Feldgras- 401.
 Wirtschaft, Koppel- 401.
 — Schlag- 401.
 Wirtspflanze 91.
 Wohlverleih 277.
 Wolffia arrhiza 225.
 Wolfsfufs 263.
 Wolfsmilch 250.
 Wolfsmilchgewächse 232, 250.
 Wolfstrapp 263.
 Wollgras 101.
 — breitblättriges 363.
 — scheidiges 363.
 — vielähriges 363.
 Woltmannscher Flügel 511.
 Wucherblume 276.
 Wuchsverhältnisse der Gräser 300.
 Wühlerde 80.
 Wundklee 387.
 — gemeiner 388.
 Wurfbewegung 429.
 Wurflinie 430.
 Wurzelanlage 295.
 Wurzelhaare 146.
 Wurzelhärchen 296.
 Wurzelhaube 296.
 Wurzelhöschen 295, 297.
 Wurzelknöllchen 371.
 Wurzelnährstoffe 157.
 Wurzelscheide 295, 296.
 Wurzelstock 210, 299.
 Wüsten 286.
 Xerophil 311.
 Yucca 287.
 Zäher Boden 175, 176.
 Zanichellia 221, 400.
 Zapfenträger, Coniferae 215.
 Zauwinde 261.
 Zea Mays 322.
 Zechsteininformation 6.
 Zeichen, Erklärung der 216.
 Zentral-Moor-Kommission 190.
 Zentralsamige 232.
 Zentrifugalkraft 430.
 — bei Eisenbahnen 473.
 — bei Flüssen 474.
 Zentripetalkraft 431.
 Zeolith 30, 32, 35, 37, 77, 164.
 Zichorie 279.
 Ziegenfufs 254, 257.
 Zinnkraut 211, 214.
 Zirillum 88.
 Zittergras 341, 406.
 Zizaniopsis 313.
 Zostera marina 220.
 Zucker 305.
 Zuckerrohr 297.
 Zugfestigkeit 302, 451.
 Zugkraft 432.
 Zulässige Spannung 458.
 Zungenblütige 279.
 Zusammendrückbarkeit des Wassers 476.
 Zusammensetzen v. Kräftepaaren 444.
 Zusammenziehung eines Wasserstrahles 483.
 Zweifachschwefeleisen 45, 81.
 Zweikeimblättrige 203, 215, 231.
 Zweikorn 356.
 Zweizahn 275.
 Zwenke, gefiederte 354.
 — Wald- 354.
 Zwiebelgewächse 228, 287.
 Zwischenmoor 103, 108, 114.
 Zwitter 308.
 Zygomorph 229, 253.

Druck von Fr. Stollberg, Merseburg.

BEWEGUNG DES WASSERS IN CANÄLEN UND FLÜSSEN.

Allgemeine Formel von Ganguillet und Kutter.

$$v = c \sqrt{RJ}$$

$$c = \frac{x}{1 + \frac{x}{\sqrt{R}}}$$

$$x = a + \frac{l}{n} + \frac{m}{J} \quad \text{---} \quad x = n \left(a + \frac{m}{J} \right)$$

a = 23, l = 1,00, m = 0,00155.
für das Metermaass.

(Österreichischer Fuss
a=41, l=1,73, m=0,00276.
Englischer und russ. Fuss
a=46, l=1,81, m=0,00287.)

Gleichseitige Hyperbel, deren Abscissen = J und deren Ordinaten = $\frac{1}{J}$

$$C = \frac{23 + \frac{1,00 + 0,00155}{n} + \frac{0,00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0,00155}{J} \right) \cdot \frac{n}{\sqrt{R}}}$$

Die n Linien der Figur bezeichnen die Variation des Coëfficienten c mit der Variation der Rauheit des benetzten Umfanges.
Die J Curven bezeichnen die Variation des Coëfficienten c mit der Variation des Gefälles.

c zu finden, wenn R, J, n gegeben sind.

Der Punkt \sqrt{R} auf der Abscissenachse, mit dem Durchschnittspunct der n Linie und der J Curve verbunden, giebt eine gerade Linie, welche auf der Ordinatenachse den gesuchten Werth c abschneidet.

R zu finden, wenn c, J, n gegeben sind.

Der Durchschnittspunct der n Linie und der J Curve auf der Ordinatenachse bilden eine gerade Linie, welche, bis zur Abscissenachse verlängert, hier den Werth \sqrt{R} angiebt.

J zu finden, wenn c, R, n gegeben sind.

Der Punkt \sqrt{R} auf der Abscissenachse und der Punkt c auf der Ordinatenachse geben eine gerade Linie, welche, bis auf die gegebene n Linie verlängert, hier das Gefälle J angiebt.

n zu finden, wenn c, R, J gegeben sind.

Der Punkt \sqrt{R} auf der Abscissenachse und der Punkt c auf der Ordinatenachse bilden eine gerade Linie, welche, bis an die gegebene J Curve verlängert, hier n anzeigt.

$\frac{v}{\sqrt{c}}$ zu finden, wenn c gegeben ist.

Der Punkt $\sqrt{R} = 1,00$ (c = 1) mit dem Punkt c auf der Ordinatenachse verbunden, giebt eine gerade Linie, welche auf der Abscissenachse $\frac{v}{\sqrt{c}}$ abschneidet.

Statt die geraden Linien mittelst eines Lineals aufzusuchen, kann noch besser ein feiner schwarzer Faden mit metallenen Ringlein an den Enden gebraucht werden; auch ist es nöthig, die Figur auf Carton aufziehen zu lassen.

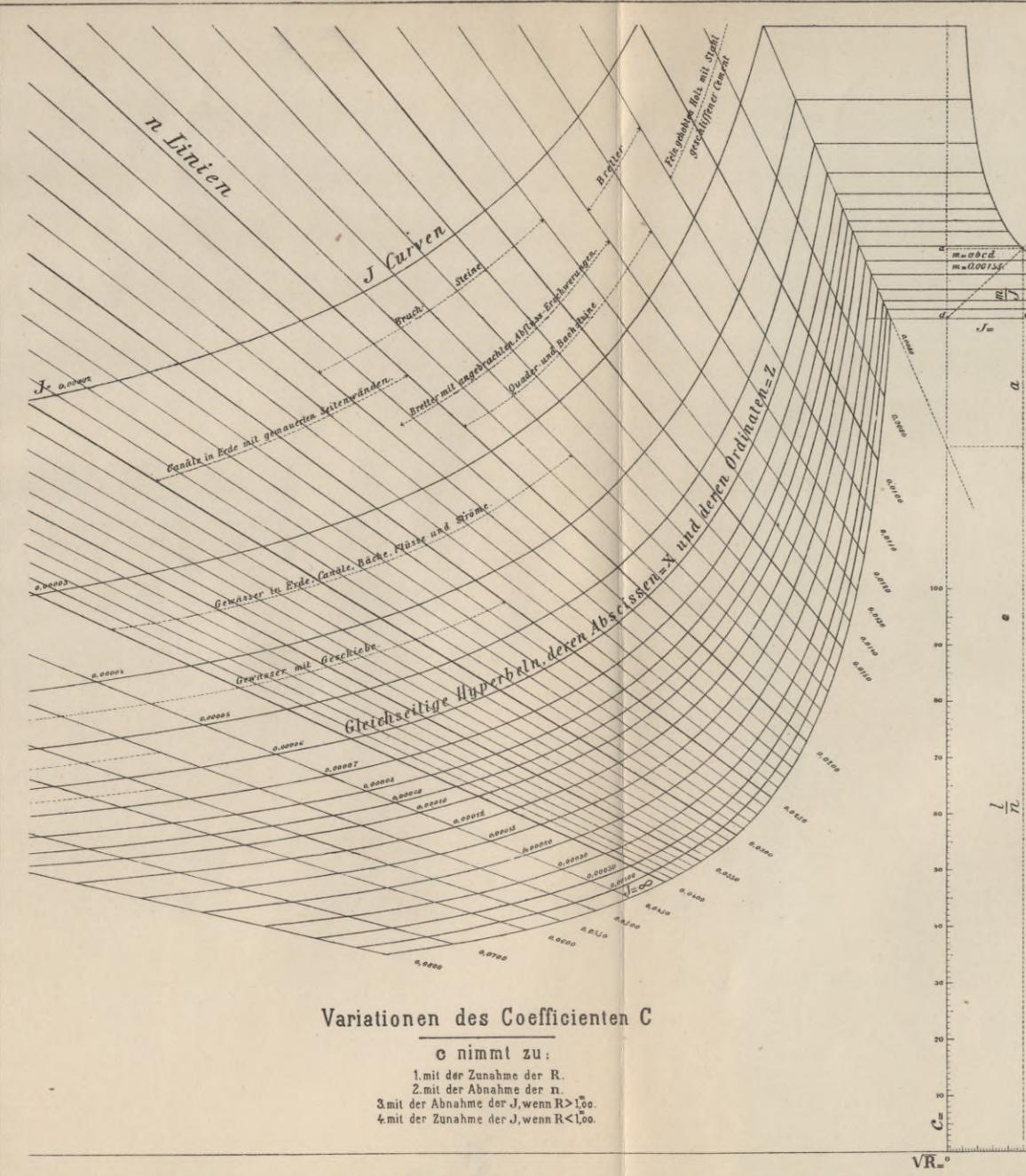
Wurzeltafel.

R	\sqrt{R}																						
0,01	0,100	0,21	0,459	0,41	0,649	0,62	0,79	1,02	1,01	1,42	1,19	1,82	1,35	2,22	1,49	2,62	1,62	3,10	1,76	5,10	2,26	7,10	2,66
0,02	0,141	0,22	0,470	0,42	0,649	0,64	0,80	1,04	1,02	1,44	1,20	1,84	1,36	2,24	1,50	2,84	1,62	3,20	1,79	5,20	2,28	7,20	2,68
0,03	0,173	0,23	0,480	0,43	0,654	0,66	0,81	1,06	1,03	1,46	1,21	1,86	1,36	2,26	1,50	2,86	1,63	3,30	1,82	5,30	2,30	7,30	2,70
0,04	0,200	0,24	0,490	0,44	0,663	0,68	0,82	1,08	1,04	1,48	1,22	1,88	1,37	2,28	1,51	2,88	1,64	3,40	1,84	5,40	2,32	7,40	2,72
0,05	0,224	0,25	0,500	0,45	0,671	0,70	0,84	1,10	1,05	1,50	1,22	1,90	1,38	2,30	1,52	2,70	1,64	3,50	1,87	5,50	2,35	7,50	2,74
0,06	0,245	0,26	0,510	0,46	0,678	0,72	0,85	1,12	1,06	1,52	1,23	1,92	1,39	2,32	1,52	2,72	1,65	3,60	1,90	5,60	2,37	7,60	2,76
0,07	0,265	0,27	0,520	0,47	0,686	0,74	0,86	1,14	1,07	1,54	1,24	1,94	1,39	2,34	1,53	2,74	1,66	3,70	1,92	5,70	2,39	7,70	2,77
0,08	0,283	0,28	0,529	0,48	0,693	0,76	0,87	1,16	1,08	1,56	1,25	1,96	1,40	2,36	1,54	2,76	1,66	3,80	1,95	5,80	2,41	7,80	2,79
0,09	0,300	0,29	0,539	0,49	0,700	0,78	0,88	1,18	1,09	1,58	1,26	1,98	1,41	2,38	1,54	2,78	1,67	3,90	1,97	5,90	2,43	7,90	2,81
0,10	0,316	0,30	0,548	0,50	0,707	0,80	0,89	1,20	1,10	1,60	1,26	2,00	1,41	2,40	1,55	2,80	1,67	4,00	2,00	6,00	2,45	8,00	2,83
0,11	0,332	0,31	0,557	0,51	0,714	0,82	0,91	1,22	1,10	1,62	1,27	2,02	1,42	2,42	1,56	2,82	1,68	4,10	2,02	6,10	2,47	8,10	2,85
0,12	0,346	0,32	0,566	0,52	0,721	0,84	0,92	1,24	1,11	1,64	1,28	2,04	1,43	2,44	1,56	2,84	1,69	4,20	2,05	6,20	2,49	8,20	2,88
0,13	0,361	0,33	0,575	0,53	0,728	0,86	0,93	1,26	1,12	1,66	1,29	2,06	1,44	2,46	1,57	2,86	1,69	4,30	2,07	6,30	2,51	8,30	2,90
0,14	0,374	0,34	0,583	0,54	0,735	0,88	0,94	1,28	1,13	1,68	1,30	2,08	1,44	2,48	1,57	2,88	1,70	4,40	2,10	6,40	2,53	8,40	2,92
0,15	0,387	0,35	0,592	0,55	0,742	0,90	0,95	1,30	1,14	1,70	1,30	2,10	1,45	2,50	1,58	2,90	1,70	4,50	2,13	6,50	2,55	8,50	2,94
0,16	0,400	0,36	0,600	0,56	0,748	0,92	0,96	1,32	1,15	1,72	1,31	2,12	1,46	2,52	1,59	2,92	1,71	4,60	2,14	6,60	2,57	8,60	2,95
0,17	0,412	0,37	0,608	0,57	0,755	0,94	0,97	1,34	1,16	1,74	1,32	2,14	1,46	2,54	1,59	2,94	1,71	4,70	2,17	6,70	2,59	8,70	2,98
0,18	0,424	0,38	0,616	0,58	0,762	0,96	0,98	1,36	1,17	1,76	1,33	2,16	1,47	2,56	1,60	2,96	1,72	4,80	2,19	6,80	2,61	8,80	2,99
0,19	0,436	0,39	0,624	0,59	0,768	0,98	0,99	1,38	1,18	1,78	1,33	2,18	1,48	2,58	1,61	2,98	1,73	4,90	2,21	6,90	2,63	8,90	2,99
0,20	0,447	0,40	0,632	0,60	0,775	1,00	1,00	1,40	1,18	1,80	1,34	2,20	1,48	2,60	1,61	3,00	1,73	5,00	2,24	7,00	2,65	9,00	3,00

Variationen des Coëfficienten C

c nimmt zu:

1. mit der Zunahme der R.
2. mit der Abnahme der n.
3. mit der Abnahme der J, wenn $R > 1,00$.
4. mit der Zunahme der J, wenn $R < 1,00$.



5.98

S. 61



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-351313

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294412