

POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

2759

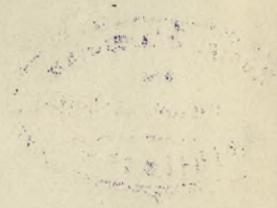
Der Wiesenbau

in seinen

Landwirthschaftlichen und technischen Grundzügen



Abbildungen
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig



Der Wiesenbau

in feinen

landwirthschaftlichen und technischen Grundzügen

Für Landwirthe, Techniker und Verwaltungs-Beamte sowie für Vorlesungen

bearbeitet von

Prof. Dr. Friedrich Wilhelm Dunkelberg

Geheimer Regierungsrath, Director a. D. der königlichen landwirthschaftlichen
Akademie Poppelsdorf-Bonn

Mit zwei Anhängen

über

Entwässerung (Drainage) und das angewandte Rivelliren

Vierte durchgesehene und vermehrte Auflage



Mit 165 Abbildungen und vier farbigen Tafeln

Jun. Nr. 27347.

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1907

G-44156

Alle Rechte, namentlich dasjenige der Uebersetzung in fremde Sprachen,
vorbehalten

**BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW**

112759

Akc. Nr. 2133/49

Vorrede zur ersten Auflage.

„Die Wiese ist die Mutter des Ackers!“ Diese im Munde des Volkes lebende Sentenz bezeichnet am richtigsten den Ausgangspunkt dieser und aller Schriften, welche die Verbesserung der Wiesencultur anzuregen und zu erweitern bestrebt sind.

Vor Einführung der besömmerten Brache, des Kartoffel- und Kleebaues, waren es allein Wiesen und Weiden, welche dem Ackerlande einen Ersatz für die fortdauernd entzogenen und verkauften Erntebestandtheile zurückgaben. Die nachhaltige und gesteigerte Ausnutzung des Ackerlandes war nur und unmittelbar an das Vorhandensein und eine sachgemäße Cultur des Wiesenlandes geknüpft.

Mit der Einführung des Futterbaues auf Ackerland, der Wechselwirtschaft, des Fruchtwechsels, der hierdurch erzielten günstigen Ernten und Hebung der Cultur trat eine Periode ein, wo man in Deutschland vielfach der Wiesen entbehren zu können glaubte, ihre Pflege und Ausnutzung vernachlässigte, ihr Areal beschränkte, bestehende Wässerungseinrichtungen verfallen ließ, und ein besonderes Augenmerk der Verbesserung der Ackercultur zuwandte.

Nur in den Gegenden, wo die Viehzucht blühte, der Getreidebau aber zurückstand, wie in gebirgigen Ländern, erhielt sich die traditionell gewordene Wiesencultur in Flor, und es darf in dieser Beziehung auf das Sieg- und Dillthal verwiesen werden, wo unter der Regierung Nassau-Oranischer Fürsten sich der künstliche Wiesenbau schon im vorigen Jahrhundert in classischer Weise entwickelte und bis in die Neuzeit ein Muster für viele Gegenden, Landwirthe und Techniker Deutschlands und des Auslandes geworden ist.

Aber auch der Landwirth in fruchtbaren Niederungen, der Jahrhunderte lang reiche Getreideernten erzielte, ist von der Mißachtung der

Wiesen zurückgekommen, seit der Aalebau auf großen Länderstrecken nicht mehr wie früher lohnt, die Getreideerträge unsicher wurden und die Mahnworte v. Liebig's jeden vorurtheilsfreien und denkenden Landbauer auf die Nothwendigkeit des vollen Ersatzes der in jeder Ernte dem Culturlande entzogenen Stoffe mit schlagenden Gründen hinwiesen.

Die Ausgaben der Wirthschaften an producirtem Stoff müssen mit ihren stofflichen Einnahmen im Durchschnitt der Jahre mindestens im Gleichgewicht stehen, wenn die Fruchtbarkeit der Felder im Beharrungszustande erhalten werden will: das ist das Princip, auf welches die Bodencultur der Neuzeit gegründet werden muß. Und je niedriger sich der Preis des Ersatzes gegenüber den Preisen der verkauften Producte berechnet, um so größer ist der Reinertrag der Wirthschaft.

Hat man diesen Ersatz zum billigsten Preise seit den ältesten Zeiten in der Ausnutzung von Wässerungswiesen gesucht und gefunden, so würde es thöricht sein, nicht auch jetzt wieder in allen geeigneten Lagen und Verhältnissen mit Energie und entsprechender Capitalverwendung darauf zurückzugreifen.

Nur die wildwachsenden Gräser vertragen bei uns eine Bewässerung; bei diesen halten wir das herrenlose Gut, das im Wasser gelöst oder schwebend ist, auf der Wiese zurück. Es ist ein leicht errungenes Düngercapital, das sorglose Wirthe fort und fort durch den dem Bache zufließenden Pfuhl vermehren, das Regengüsse und schmelzender Schnee bewohnten Orten, den Wäldern, Weiden und Ackerland durch Abschwemmen stetig entführen und in den Flüssen dem Meere unwiederbringlich übergeben, wenn nicht vorher das stauende Wehr und die hindernde Schleuse die Fluthen der kleinen Gewässer über die anstoßenden Wiesen künstlich immer und immer wieder vertheilen.

Ein jedes Gut muß an Fruchtbarkeit gewinnen, dem aus Wässerungswiesen mehr an Stoff zugeführt wird, als ihm durch den Verkauf von Thieren, thierischen Producten und Getreide entzogen wird, — es kommt dahin, daß es selbst einen Theil seines Heues ohne Schaden unmittelbar als Marktwaare mit Vortheil behandeln kann, denn dessen Erzeugung entnimmt nicht der Wirthschaft, sondern dem herrenlosen Gute des Wassers die dafür erforderlichen Elemente.

Zweckgemäße Unterhaltung und Neueinrichtung von Wässerungswiesen nach den bewährtesten Methoden ist daher eine der wichtigsten Fragen der Zeit, deren wiederholte Besprechung und fortschreitende Lösung durch die Schriften, Erfahrungen und Erfolge in der Vergangenheit für die Gegenwart nicht überflüssig geworden ist.

Der Verfasser hofft wenigstens, daß es ihm gelungen sein möchte, in den nachfolgenden Zeilen neue Gesichtspunkte und Thatsachen in übersichtlicher Form entwickelt zu haben, welche für passende Verhältnisse die Einführung der intensivsten Wiesencultur ermöglichen und diese dadurch der fortgeschrittensten Ackerkultur ebenbürtig zur Seite stellen lassen.

Hinsichtlich der Ausführung der vorliegenden Zeichnungen und der Berechnung der beigegebenen Tabellen erfreute sich der Verfasser der werththätigen Hülfe seines früheren Schülers, des jetzigen Großherzoglich Hessischen Landes-Culturrathes Dr. A. Klaas in Darmstadt, der auch die Karten der beigegebenen Wiesenconsolidation selbständig entworfen und zum Abdruck freundlichst überlassen hat. Es dürfte dieses Bruchstück aus dem nassauischen Consolidationswesen auch wohl anderwärts willkommen geheißen werden.

Möge diese Schrift zur Hebung der großen Schätze, welche in vernachlässigten oder nur theilweise meliorirten Wiesengründen allerwärts vorliegen, aufs Neue anregen und zur Verbreitung richtiger Grundzüge das Mögliche beitragen. Mit diesem Wunsche übergiebt der Verfasser diese Zeilen der Nachsicht des Publicums.

Wiesbaden, 4. Mai 1865.

Vorrede zur zweiten Auflage.

Zwölf Jahre liegen zwischen der ersten¹⁾ und dieser neuen Bearbeitung, in welcher Zeit der Verfasser nicht gefeiert hat, sondern nach Kräften bemüht war, die Principien der Culturtechnik theoretisch zu pflegen und praktisch an kleineren Anlagen wie an Landesmeliorationen zur Gestaltung und Erprobung zu bringen. Zu seiner Genugthuung kann er hinzufügen, daß sich dieselben allerwärts und günstig bewährt haben.

Die Herausgabe der Zeitschrift „Der Cultur-Ingenieur“, von welcher drei Bände bei Friedr. Vieweg u. Sohn in Braunschweig erschienen

¹⁾ Dieselbe ist von einem Schüler des Verfassers, Achille Cochard aus Mey, ins Französische übertragen und unter Concurrrenz des Ackerbau-Ministeriums 1869 bei Victor Masson et fils in Paris erschienen.

sind, ermöglichte es dem Verfasser, wichtige Bausteine zur Förderung der Culturtechnik zu sammeln und die Idee, daß auch an landwirthschaftlichen Lehranstalten die Elemente der Ingenieurwissenschaft gelehrt, wie den landwirthschaftlichen Bedürfnissen angepaßt werden müßten, zum Durchbruch und zur Verwirklichung zu bringen.

Der „Cultur=Ingenieur“ brachte zuerst in classischer Bearbeitung aus der Feder von Ingenieur Kutter in Bern die Anwendung der Untersuchungen von Darcy und Bazin über die Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen auf den Wiesenbau, sowie eine eingehende Kritik über die bisher üblichen für diesen Zweck ganz ungenügenden Formeln von Cytelwein, Prony, Hagen u. s. w., um an deren Stelle diejenige von Ganguillet und Kutter zu setzen, weil in derselben alle wichtigen Momente, insbesondere die Einwirkung der wechselnden Rauigkeiten des Wasserbettes auf die Geschwindigkeit des Wassers, eingehende Berücksichtigung gefunden haben. Es wurde dabei der Nachweis erbracht, daß die Schriftsteller, welche, wie z. B. Vincent, die Formel von Cytelwein zu Grunde legen, viel zu große Werthe erhalten, daß also dessen Canäle weit kleinere Wassermengen wirklich auf die Wiese liefern, als seine Tabellen ergeben.

In dieser Schrift wurde daher von den früheren mangelhaften Formeln vollständig Umgang genommen.

Ingleichen war der Verfasser bemüht, den breiten nur zum kleinsten Theile auf Umbau fußenden und deshalb sehr billigen Stagenrückenbau in weniger geneigten Wiesenflächen, u. a. auf der Herrschaft Nachod in Böhmen¹⁾ und auf der meiningischen Domäne Schwaina bei Liebenstein, durch seine Schüler zu verbreiten, wesentlich auch aus dem Grunde, um auf großen Complexen die Anwendung der Grasmähemaschinen zc. nach wie vor möglich zu machen, was bei einer Unzahl tiefer Gräbchen, wie sie Vincent's sogenannter rationaler Wiesenbau erfordert, völlig ausgeschlossen bleiben muß.

Die von der Tyroler Landwirthschafts=Gesellschaft gewünschte culturtechnische Durchforschung des Landes führte im Herbst 1871 und 1872 zu einer Bereisung der Alpenthäler²⁾ und Pfingsten 1876 zur Begutachtung eines Detailplans über die Regulirung der oberen Etsch zwischen Meran und Bozen (in Verbindung mit Erbauung einer Vicinal-Eisen-

¹⁾ Es wurde dort auch eine praktische Wiesenbauschule, die erste in Oesterreich, eingerichtet und von Großgrundbesitzern besichtigt.

²⁾ Culturtechnische Skizzen über eine Bereisung Tyrols im August und September 1871 und culturtechnische Skizzen über eine zweite Reise durch Tyrol im September 1872. Innsbruck, Wagner'sche Universitäts-Buchdruckerei.

bahn), bei welcher Gelegenheit mit Befriedigung constatirt wurde, daß frühere Vorschläge auf einen günstigen Boden gefallen, und daß durch die thätige Initiative des Tyroler Landesauschusses der culturtechnische Dienst und, soweit dessen Einfluß bis jetzt gereicht, auch die Landescultur in gedeihlicher Entwicklung begriffen ist.

Im Herbst 1873 von dem Landesauschuß für Oesterreichisch-Schlesien zur Durchforschung der Beskiden¹⁾ wie zu Vorschlägen über die Regulirung ihrer Wildgewässer, und im Herbst 1874 zur Vereisung der Sudeten aufgefordert, eröffnete sich dem Verfasser ein weiteres neues Feld des Studiums und der Anwendung culturtechnischer Maßnahmen, woraus ebenfalls die Entwicklung des culturtechnischen Dienstes in diesem Kronlande hervorging.

Eine mit Unterstützung des königlichen Ministeriums für die landwirthschaftlichen Angelegenheiten im Sommer 1869 nach England unternommene Reise, um die Bewässerungen mit städtischem Canalwasser kennen zu lernen, befestigte den Verfasser in seiner Ansicht, daß in England die Principien der Bewässerung nicht so klar als in Deutschland erkannt und angewendet sind. Sein darüber in den Annalen der Landwirthschaft für die königlich preußischen Staaten veröffentlichter Reisebericht veranlaßte den Magistrat der Stadt Berlin, dem Verfasser die Anlage des Versuches-Rieselfeldes für Canalwasser am Kreuzberge zu übertragen, dessen günstige Ergebnisse hauptsächlich zu dem Beschlusse der Canalisation von Berlin und der Reinigung und Verwerthung des Canalwassers durch Berieselung des Landes beigetragen haben.

Die Betheiligung an diesen hygienisch und culturtechnisch wichtigen, aber viel bestrittenen Maßnahmen verwickelte den Verfasser in verschiedene Controversen²⁾, die endgültig nicht durch literarische Fehden, sondern nur im Wege des Experimentes mit der Zeit entschieden, aber unzweifelhaft nur durch richtige culturtechnische Intervention in gedeihlicher Weise gelöst werden können.

Jene Betheiligung wurde die directe Veranlassung zu dem zweiten Anhang dieser zweiten Auflage, und hofft der Verfasser, hiermit städtischen Magistraten die erforderliche technische Unterlage zur Beurtheilung der einschlagenden Fragen gegeben zu haben.

Alle Bestrebungen, die Reinigung großer Städte von gesundheits-schädlichen Efluvien anders als durch Canalisation und Verflüssigung der

¹⁾ Die Flußregulirung in Schlesien. Troppau 1874. Im Selbstverlage des schlesischen Landesauschusses.

²⁾ Die Technik der Berieselung mit städtischem Canalwasser, seine Reinigung und Verwerthung. Bonn 1876.

Abfallstoffe zu ermöglichen, und die Verwerthung dieser, außer durch Bewässerung von Land, sind bis dahin im Großen und Ganzen gescheitert und werden auch ferner an dem Kostenpunkte scheitern müssen. Hat ja doch sogar Liernur, der Befechter maschineller Sammlung und Abfuhr menschlicher Excrete, neuerdings zugestanden, daß neben seinem gekünsteltesten und deshalb unpraktischen, völlig entbehrlichen Differenziirsystem auch die Einrichtung einer Bewässerung mit dem Schmutzwasser der Stadt angebracht und nützlich sei, damit aber seinen früheren exclusiven Standpunkt in der Hauptfrage aufgeben müssen.

Sobald der Landwirth die Ueberzeugung gewinnt, daß unermessliche Düngerwerthe jedes Jahr in dem Schmutzwasser der Städte, auch selbst dann, wenn die menschlichen Excrete ganz vollständig davon getrennt werden würden, verloren gehen und gewonnen werden könnten, anstatt ungenutzt in Canälen und Flüssen dem Meere zuzuschwimmen, wird man mit größerer Energie und Ausdauer als seither an die Ausbeutung der öffentlichen Wasserläufe durch Bewässerung herangehen.

Möge daher auch die erweiterte Schrift, die hiermit der Beachtung der Interessenten empfohlen sein soll, jenen wichtigen kulturtechnischen Gesichtspunkt und die Mittel und Wege zu seiner Verwirklichung eingehend klarstellen und fördern. Der Verfasser darf dies um so mehr wünschen und hoffen, als ihm durch die neue Einrichtung eines kulturtechnischen Curfus an der hiesigen Akademie Seitens Sr. Excellenz des Herrn Ministers Dr. Friedenthal nunmehr die Möglichkeit geboten ist, unter der thatkräftigen Mithilfe seiner Commilitonen eine regere Propaganda für rationelle Güter- und Landesmelioration zukünftig in erweiterten Kreisen begründen zu können.

Wenn der Vorschlag des Verfassers¹⁾, das deutsche Canalnetz der Zukunft und dadurch das Wasser auch der schiffbaren Flüsse der Bewässerung neben der Schifffahrt dienstbar zu machen, in den entscheidenden Kreisen Berücksichtigung findet, dann erschließt sich ein neues, wichtiges Feld für den Kulturtechniker und die Möglichkeit nicht nur einer Erweiterung und durchschlagenden Verbesserung der Wiesen und Weiden, und damit der Viehzucht und Milchwirthschaft ganzer großer Landstriche, sondern auch der Urbarmachung und Colonisation von vielen Quadratmeilen jener öden Haideländereien der norddeutschen Tiefebene.

Die angedeutete Maßregel würde dadurch eine nationale Bedeutung erhalten und ihre zeitliche, wie sichere Verwirklichung in der Detailaus-

¹⁾ Die Schifffahrtscanäle in ihrer Bedeutung für die Landesmelioration. Eine kulturtechnische Studie. Bonn 1877.

führung nur und allein an der Hand der in diesen Blättern entwickelten Principien erlangen können.

Es würde dem Verfasser zu hoher Befriedigung gereichen, in einer anderen Auflage an der Hand der Erfahrung auch dereinst den deutschen Schifffahrts-Canalbau in seinen Beziehungen zur Wiesencultur näher erörtern zu können.

Poppelsdorf, im April 1877.

Vorrede zur dritten Auflage.

Der nöthig gewordene Wiederabdruck dieser Schrift und das vergrößerte Format gestatten es, die neuen, praktisch und wissenschaftlich bewährten Fortschritte auf dem Gebiete der Ent- und Bewässerung in den früheren bewährten Rahmen ohne wesentliche Vermehrung der Bogenzahl einzufügen; es sind zwei neue Capitel, ferner die Karte und Kritik einer Wiesenanlage und eine graphische, der Draintechnik dienende Tafel als wesentliche Erweiterungen hinzugekommen.

Die von den Samencontroll-Stationen vertiefte Samenkunde förderte auch den rationellen Grasbau und ermöglichte es, auf Grundlage der bisher nicht veröffentlichten botanischen Forschungen des Dr. Schenk-Siegen die geeignetste Samenmischung der Gräser für Rieselmiesen auf ihren einfachsten Ausdruck zu bringen, bezw. an die Stelle willkürlich entworfener Recepte bestimmte Normen zu setzen, welche sowohl eine Ersparniß an theuren Samen, als auch eine naturgemäße Zusammensetzung ertragsreicher Grasnarben verbürgen. Die hierfür aufgestellten Normen werden bei sachgemäßer Anwendung auch dem rationellen Gras- und Kleebau auf Ackerland zu gut kommen können.

Dem Rivelliren, dieser wesentlichen Grundlage des technischen Wiesenbaues, wurde ein besonderer Anhang gewidmet, um die neueren Methoden zur Sicherung der inneren Controlle präciser derartiger Arbeiten auch den Landwirthen und Wiesenbautechnikern zugänglich zu machen.

Diese zeitgemäße Arbeit ist einem Collegen an der hiesigen Akademie, dem Professor der Geodäsie Dr. Reinherz bestens zu verdanken.

Im eigentlichen Wiesenbau ist das vom Verfasser entwickelte Etagenprincip zur strengeren Durchführung gekommen. Wie hier im Kleinen, sollte es auch bei großen Culturverbesserungen auf dem Gebiete der

Wasserwirthschaft, u. a. bei dem Ausbau und der Ufersicherung der Fluthbetten verwüstender Wasserläufe und Wildbäche, in der Canalisirung der Flüsse und durch Vermehrung der Bewässerungs- und Schiffahrtsanäle immer mehr verallgemeinert werden, mithin den modernen Wasserbau ausgiebiger als seither beherrschen. Es würden dann der Landbau und große Wassergenossenschaften nicht die bedeutsamen Verluste erleiden, wie sie in dem abgelaufenen trockenen Jahre der unterlassene Auf- und Rückstau natürlicher Wasserläufe und künstlicher Entwässerungsanäle leider mitverschuldet hat.

Zwei Versuche, die seither gültige Theorie und Praxis der Drainage abzuändern, konnten eine allgemeine Billigung nicht erzielen; so der von einem Landwirth der Provinz Bosen ausgehende Vorschlag, aus Ersparnißrücksichten die systematische Entwässerung durch örtliches Herausdrainiren der feuchteren Stellen mittelst strahlenförmiger Verzweigung der einzelnen Drainzüge ersetzen zu wollen, obwohl leider einflußreiche amtliche Kreise für diesen einseitigen Vorschlag eingetreten sind.

Ein zweiter streng mathematisch bearbeiteter Vorschlag will die seither vorherrschende sogenannte Längsdrainage durch die Querdrainage ersetzt wissen. Selbst wenn man diese einseitige Bevorzugung als rechnerisch zutreffend erbracht ansehen wollte, so gilt dies mit nichten von den daraus gezogenen Schlußfolgerungen, welche u. a. darin gipfeln, daß die seitherigen Längsdrains durchweg die Lage der sogenannten Kopfdrains erhalten müßten, wodurch weniger Drainzüge nöthig, mithin eine Ersparniß an Grabenarbeit und Röhren erzielt werden soll. Denn selbst bei gleicher Grabenlänge würden die im Minimalgefälle liegenden Querdrains gegenüber Längsdrains größere und theurere Röhren erfordern. Als man von der alten Querdrainage mit Abzügen aus Stein und Holz zur modernen Paralleldrainage mit Thonröhren überging, war man der begründeten Ansicht, daß diese erzielte größere Wassergeschwindigkeit das Reinhaltende der Saugdrains erleichtert und eine kleinere Lichtweite, mithin eine sichere und billigere Anlage ermöglicht, was die neue Theorie nicht in gleichem Maße zu erzielen vermag. Sie verlangt vielmehr, was leicht übersehen wird, eine sehr vorsichtig bemessene Anwendung und wird der seither vorherrschenden Methode der Längsdrainage keinen dauernd erfolgreichen Wettbewerb abgewinnen können.

Die von Petersen-Wittekiel seiner Zeit lebhaft empfohlene Drainbewässerung hat nur sehr vereinzelte Anwendung gefunden und durchschlagende Erfolge nicht erzielt. Das mußte in dieser Auflage zum Ausdruck kommen, und die Methode vorwiegend als eine historisch-technische Reminiscenz behandelt werden.

Dagegen behauptet die Reinigung des städtischen Canalwassers durch Veriefelung von Land nach wie vor ihre volle hygienische und wirthschaftliche Bedeutung, was bei der Behandlung auf chemischem Wege, wie vorauszusehen, nicht zutrifft. Unterdessen hat die Bacterienkunde auch für die Behandlung städtischer Rieselfelder sehr wichtige Aufschlüsse geliefert, welche in dieser Auflage zum erstenmal technisch verwerthet sind. Es wäre zu wünschen, daß eine größere Stadt im deutschen Westen eine normale, den wissenschaftlichen und praktischen Errungenschaften der Neuzeit entsprechende Rieselanlage mit Canalwasser einzurichten sich veranlaßt sähe, welche für weitere Maßnahmen dieser Art als wirkliches Vorbild dienen könnte, weil ein solches bis dahin noch vollständig fehlt.

Die neuere Literatur über Wiesenbau zeitigte seither keine Schrift, welche, aus langjähriger Praxis hervorgegangen, durch systematische Behandlung den Bedürfnissen des Lebens wie der Schule in gleicher Weise Rechnung trägt und in landwirthschaftlichen wie technischen Kreisen dieselbe Verbreitung wie das vorliegende Buch gefunden hat. Es veranlaßte dies Verfasser wie Verleger aufs Neue, weder Mühe noch Kosten zu scheuen, den früher errungenen Erfolg auch in der Zukunft zu erhalten und soweit möglich zu mehren. Es bleibt dies nicht aus, wenn u. a. auch die rationelle Verwendung künstlicher Düngemittel auf Wiesen neben ihrer Bewässerung immer mehr Platz greift und die hierfür in der ersten Abtheilung der Schrift gegebenen Grundlagen eine Vermehrung und Verbesserung der Ernten an Gras und Heu zur Folge haben, welche für Deutschland allein viele Millionen an Werth betragen würden.

Poppelsdorf-Bonn, im Mai 1894.

Dr. Dünkelberg.

Vorrede zur vierten Auflage.

Der nothwendig gewordene Wiederabdruck dieser Schrift ist ein erfreuliches Zeugniß für das ständig erweiterte Interesse, welches der Verbesserung der Wiesenkultur aus den beteiligten Kreisen entgegengebracht wird und zugleich ein Nachweis, daß die wesentlich vermehrte dritte Auflage einem Bedürfniß der Zeit entsprochen hatte, welches in der Vermehrung und Verbesserung des Futterbaues und der Viehbestände gipfelt.

Dazu kommt die erweiterte Bedeutung, welche die Culturtechnik im Lehrplane technischer Anstalten allmählich gewonnen hat und die zunehmende Zahl von Studirenden, welchen diese Schrift ein unentbehrliches Lehrbuch für Einführung in die Grundlagen der culturellen Wasserwirthschaft geworden ist.

Den Verfasser leitete bei der erneuten Durchsicht seiner Arbeit wesentlich der Gesichtspunkt, ohne ausgesprochene Vermehrung der Bogenzahl und des Preises die Diction präciser zu gestalten und den wissenschaftlichen Errungenschaften der Neuzeit genügend Rechnung zu tragen. Dies ist auch im Sinne der künstlichen Düngung mit Kalisalzen und Thomasphosphat geschehen, wobei die Forschungen des Geheimen Hofrathes Wagner-Darmstadt benutzt werden konnten.

Dagegen ist der Abschnitt der dritten Auflage „Die Technik der Bewässerung mit städtischem Canalwasser“ aus dieser neuen Auflage ausgeschieden und in einer besonderen Druckschrift mit erweiterter Ausführung im gleichen Verlage bereits im Jahre 1900 veröffentlicht worden.

Möchte sich die Schrift, wie in der Vergangenheit, so auch in der Zukunft neue Freunde erwerben und dies durch Verbesserung der Wiesenwirthschaft, der Nothlage des Landbaues gegenüber zum Heile desselben gereichen.

Wiesbaden 1906.

Der Verfasser.

Inhaltsverzeichnis.

Einleitung.

	Seite
1. Begriff und Zweck	3
2. Werth der Wiesen	4
3. Ertrag der Wiesen	9
a) Klima und Lage	10
b) Der Boden	11
c) Daß Wasser	12
4. Die Cultur der Wiesen	12
5. Eintheilung	13
6. Die Vorkenntnisse und Literatur	14
a) Aus der Naturkunde	14
b) Aus der angewandten Mathematik und Ingenieur-Wissenschaft	14
c) Schriften über Wiesenbau	15
d) Die Wiesen-Gesetzgebung	16

Erste Abtheilung.

Allgemeiner Wiesenbau.

1. Oberfläche der Wiesen	17
2. Die Grasnarbe	18
3. Die Grasvegetation	19
4. Die Bildung der Grasnarbe	22
a) Durch Rasenbedeckung	22
b) Ansaat der Gräser	23
Die Vorbereitung des Bodens	23
Die Zeit der Ausaat	24
Die Auswahl und Menge des Samens	25
5. Vom Boden	26
a) Die obere Bodenschicht	27
b) Der Untergrund	28
Thonboden	29
Sandboden	30
Lehmboden	30
Mergel- und Kalkboden	30
Torf- und Moorboden	31

	Seite
6. Von der Düngung	31
a) Künstlicher Dünger	32
b) Compostdünger	35
Stallmist	36
c) Uebererden	36
d) Flüssige Düngung	36
Quellwasser	37
Bach- und Flußwasser	38
Gesammeltes Wasser	40
7. Das Verhalten des Wassers zum Boden	40
8. Erkennung der Güte des Wassers	43
9. Die Wirkungen des Wassers auf die Wiesenpflanzen	44
a) Die düngende Wirkung	45
b) Die erhaltende Wirkung	45
c) Die zerstörende Wirkung	46
10. Die Ausführung der Bewässerung	46
a) Die Herbstbewässerung	47
b) Die Winterbewässerung	47
c) Die Frühjahrsbewässerung	47
d) Die Bewässerung des Sommers	48
e) Allgemeine Regeln	49
11. Von der Beerntung	49
a) Das Mähen	50
b) Das Trocknen des Grases	51
Die Grünheubereitung	51
Die Braunheubereitung	53
Einsäuern von Gras	55
12. Der Heuhandel	56
13. Der Rohertrag der Wiesen	58
14. Die Meliorationskosten	59
15. Der Reinertrag	60
16. Das Verhältniß der Wiesen zum Ackerlande	60
17. Wiesen-Meliorationen im Allgemeinen	61

Der Grasbau im Allgemeinen, insbesondere auf Rieselfwiesen.

I. Charakteristik der Süßgräser	65
1. Die Bewurzelung	65
2. Die Blatt- und Stengelbildung	65
3. Die Bestockung	66
4. Der Erdstamm der Gräser	67
5. Die Halm-, Blüthen- und Samenbildung	69
6. Benennung und Eigenschaften der Süßgräser	70
II. Die Samenmischung der Süßgräser	75
1. Die Pflanzenzahl nach Flächeneinheiten	75
2. Der Gebrauchswert der Samen	78
3. Die Zahl reiner Samen pro Kilogramm	78
4. Die Auswahl der Wiesenpflanzen	79
5. Samenbedarf	82
a) Allgemeines	82
b) Zusammensetzung der Mischung	83

	Seite
c) Berechnung der Mischung	84
d) Kosten des Saatgutes	85
e) Ausführung und Pflege der Saat	86
Die künstliche Düngung der Wiesen	88

Zweite Abtheilung.

Besonderer oder technischer Wiesenbau.

1. Technische Grundlagen	96
2. Von dem Gefälle	97
a) Bestimmung des Hauptgefälles	98
b) Gefällgrößen	100
3. Der Wasserbedarf	101
a) Verhältniß des Wassers zur Fläche	102
b) Wässerungshöhen	102
c) Berechnung der erforderlichen Wassermenge	104
4. Von den Gräben im Allgemeinen	104
a) Die Böschung der Gräben	104
b) Berechnung des Querprofils	105
c) Die Größe der Böschung	106
d) Tiefe und Sohlenbreite	107
e) Geschwindigkeit des Wassers	107
f) Berechnung der Wassermengen mittelst Formeln	109
g) Gefälle der Gräben	119
h) Grabenrichtung	121
i) Das Abstecken und Anfertigen der Gräben	121
Eingeschnittene Gräben	122
Aufgedämmte Gräben	122
Das Aussteinen der Gräben	124
5. Von den Gräben im Besonderen	125
a) Zuleitungsgräben	125
Der Hauptzuleitungsgraben	125
Transportirgräben	127
Vertheilgräben	127
a) Die wagerechten Vertheilgräben	127
b) Geneigte Vertheilgräben	127
Wässerungs- oder Rieselrinnen	128
b) Ableitungsgräben	129
Der Hauptableitungsgraben	129
Ableitungsgräben zweiter Ordnung	131
Die Ableitungsrinnen	131
Unterirdische Abzüge	131
6. Von den Canälen	132
7. Wasserstauungen	132
a) Die Erddämme	132
b) Wehre und Schleusen	133
α. Wehre	134
β. Schleusen	137
αα. Stauschleusen	138
Kleinere Staue	138
ββ. Die Schutzschleusen	138
γγ. Schleusen-Construction	139

	Seite
8. Von den Bewässerungssystemen	141
a) Die Anstauungsbewässerung	141
b) Ueberfluthungen	144
c) Die Ueberstauung	144
d) Die Ueberrieselung	147
α. Unterscheidung der Ueberrieselungsbauten	149
β. Der Hangbau	149
γ. Der Rückenbau	149
Der natürliche Rückenbau	151
Das Stagen-Rückenbausystem	152
δ. Der Kunstbau	154
Der künstliche Rückenbau	154
9. Von der Einrichtung der Wiesenbauten	158
A. Das Entwerfen des Bauplanes	158
a) Die Wahl und Einrichtung der Ueberrieselungsmethode	160
b) Gewannen- und Parcellentheilung	161
c) Natürlicher Bau	164
α. Das Abstecken des natürlichen Hangbaues	164
β. Das Abstecken des natürlichen Rückenbaues	167
γ. Die Vortheile und verschiedenen Anwendungsweisen natürlicher Rückenbauten	170
d) Der Kunstbau	174
α. Das Abstecken des künstlichen Hangbaues	175
β. Das Abstecken des künstlichen Rückenbaues	181
γ. Das Abstecken des zusammengefügten Kunstbaues	184
B. Die Ausführung des Wiesenbaues	184
a) Die Rasenarbeiten	185
b) Die Erdarbeiten	187
10. Die Kosten der Wiesenbauten	189
a) Rasenarbeit	190
b) Erdarbeiten	190
α. Auswerfen von Erde	191
β. Transport der Erde	192
c) Damm- und Grabenanlagen	193
d) Planirarbeit	195
e) Bau der Wehre und Schleusen	195
α. Wehrbauten	195
β. Schleusenbau	196
f) Gesamtkosten der Wiesenbauten	196
11. Pflege der Wiesen	198
a) Zur Instandhaltung	198
b) Instruction für Wiesenwärter	199
I. Allgemeine Bestimmungen	199
II. Besondere Bestimmungen	200
A. Die Feldpolizei betreffend	200
B. Die Unterhaltung und Ausführung der Wässerung betreffend	200
Wässerungsregeln	201
12. Eine Planlage und deren Begründung	205
A. Berechnung der Wassermenge	205
B. Die Bodenbeschaffenheit	206
C. Der Bachlauf und seine Correctur	207
a) Die Lage des Baches	208

	Seite
h) Das Bachprofil	210
c) Die Construction der Staue	212
D. Die Bewässerungsanlage im Besonderen	212
Ausflussmengen pro Secunde durch Mündungen von Schützen mit horizontalen Anschlaggerinnen	216

Grundzüge der Entwässerung durch offene Gräben und verdeckte Abzüge. (Drainage.)

Einleitung	221
----------------------	-----

Erste Abtheilung.

Allgemeine Grundzüge für Entwässerung der Felder.

1. Zweck der Entwässerung	227
a) Nachtheile nasser Ländereien	227
b) Ursachen der Versumpfung	228
2. Methoden der Entwässerung	229
a) Entwässerung durch offene Gräben	230
b) Entwässerung durch verdeckte Abzüge	233
c) Die Drainage mit Thonröhren	234
α. Grundlagen der Drainage	235
β. Die Drainwerkzeuge	235
Grabentiefe	237
Gefälle der Gräben	237
Richtung der Draingräben	237
Die Entfernung der Drains	239
γ. Das Röhrenkaliber	243
δ. Die Geschwindigkeit des Wassers in Röhren	245
ε. Verschiedenheit der Regenhöhe	248
ζ. Abzuführende Wassermengen	249
η. Länge der Leitungen	255
θ. Graphische Bestimmung der Drainkaliber	258
ι. Das Legen und Decken der Röhren	261
d) Entwurf und Absteckung eines Drainplans	263
e) Kosten der Drainage	266
f) Wirkung und Vorzüge der Drainage	268
g) Die Zusammensetzung des Drainwassers	270

Zweite Abtheilung.

Die Drain-Bewässerung (nach Petersen).

1. Geschichte der Methode	272
2. Einrichtung der Drain-Bewässerung	274
a) Die Drainzüge	275
b) Die Schließstellen	275
c) Wirkung der Ventile	279
d) Vortheile der Drain-Bewässerung	279
3. Die Bestimmung des Röhrenkalibers	280
a) Berechnung der Röhrenweite für den Sammelrain	282

	Seite
b) Reduction des Röhrenkalibers	283
c) Berechnung der Röhrenweite für die Saugdrains	284
4. Ausführung der Drain-Bewässerung	285
5. Pflege und Rieselung der Anlage	286
6. Eine Drain-Bewässerungsanlage, ihre Kosten und ihr möglicher Ertrag	287
7. Schlußbemerkung	290

Das Nivelliren in seiner Anwendung auf Culturverbesserungen.

Erste Abtheilung.

Das Nivellirverfahren und der Nivellirapparat.

Einleitung	295
1. Theorie der Höhenbestimmung	298
2. Vorkommnisse aus der Instrumentenkunde	300
A. Die Libellen	300
Die Dosenlibelle	300
Die Röhrenlibelle	301
Die Libellenlage verbunden mit einer Drehhaxe	304
B. Das Fernrohr	305
Einrichtung der Augenlinse	309
Einstellung des Gegenstandes	309
3. Der Nivellirapparat	310
A. Die Nivellirlatten	310
B. Das Nivellirinstrument	312
Aufstellung und Gebrauch des Nivellirinstrumentes	314
Prüfung und Erfüllung der ersten Forderung	316
Prüfung und Erfüllung der zweiten Forderung	316
Besondere Instrument-Constructions	320
Instrumente mit einer Feinstellschraube für jede Höhenrichtung	321
Instrumente mit umlegbarem Ringsfernrohr	322
Bemerkungen für die Behandlung der Instrumente	324
4. Das Nivellirverfahren	324
Der Nivellementszug	325
Das Anschreiben und Berechnen der Beobachtungen	327
Aufnahme von Geländepunkten	331
Vereinigung der beiden Verfahren zur Geländeaufnahme	332
Verfahren mit Anwendung defadischer Ergänzungen zur Sicherung der einzelnen Lattenablesungen	332
Das Nivellirverfahren bei Anwendung von Wendelatten	336
Darstellung der Reihenfolge der Eintragungen in das Feldbuch	336

Zweite Abtheilung.

Die Anwendung des Nivellirverfahrens bei Culturverbesserungen.

A. Die Nivellementsarbeiten	341
1. Die geometrischen Unterlagen	341
Die geometrischen Unterlagen bei Culturverbesserungen für größere Flächen	341
Die geometrischen Unterlagen für kleinere Flächen	343

	Seite
2. Das Nivellement	345
a) Das Festpunkt-Nivellement	345
b) Das Flächen-Nivellement	349
c) Das Längen-Nivellement	352
3. Ausarbeitung der Höhenaufnahmen	356
a) Der Schichtenplan	356
b) Die Auszeichnung der Längen- und Querschnitte	358
B. Nivellementsarbeiten beim Abstecken der Entwürfe	359
1. Die unmittelbare Absteckung der Verbesserungsanlagen ohne Vorarbeiten	360
a) Absteckung eines Bewässerungsgrabens mit bestimmtem Gefälle	360
b) Absteckung eines Entwässerungsgrabens oder Sammeldrains	361
2. Die Absteckung auf Grund eines Planes	362
3. Die Absteckung beim Hang- und Rückenbau	363
C. Die Verwendung des Höhenkreises zur Höhenaufnahme bei Kulturverbesserungen	364
Der Gebrauch des Höhenkreises	365
Die Auffuchung von Linien bestimmter Steigung mittelst des Höhenkreises	368

Der Wiesenbau.

Einleitung.

1. Begriff und Zweck ¹⁾.

Wiesen sind Felder, welche auf fortdauernd geschlossener Narbe einheimische Gräser und Kräuter hervorbringen.

Die Wiese heißt „Weide“, wenn die Beerntung anstatt durch Hand- und Maschinenarbeit durch den Zahn der Thiere erfolgt.

Manche Wiesen werden stündig, andere im Wechsel gemäht und beweidet.

Beweidetes Grasland empfängt in den Auswurfstoffen der Thiere einen Theil des Ertrages zurück, seine Narbe wird dicht und gleichmäßig, die Cultur ist einfach und billig, der relative Reinertrag hoch.

Der Mähewiese wird die Ernte genommen, um andere Felder mit dem daraus erzeugten Dünger zu bereichern: sie ist die „Mutter des Aekers“, ihre Narbe ist im Verlauf der Zeit, in Folge der Einwirkung trockener und feuchter Jahrgänge und natürlicher Besamung, wechselnder, ihre Cultur verschiedenartiger und schwieriger, als die der Weide; auch kann der Rohertrag leichter und durchgreifender, als bei dieser durch Bewässerung und demgemäße Düngung zc. gesteigert werden.

Die üppige Grasnarbe fruchtbarer, gut gepflegter Wiesen und Weiden ist vorwiegend ein Product der Zeit; sie kann auf wechselnden Futterfeldern nur schwierig oder gar nicht in gleicher Güte, Dichte und Ertragsfähigkeit hergestellt werden.

Den Pächtern von Wiesen wird daher der Umbruch und die Ausnutzung durch andere Culturpflanzen mit Recht untersagt; nichtsdestoweniger sind Wiesen die Quelle des Wohlstandes der Landwirthe ganzer Länder (Lombardei, Holland, Normandie, Schweiz zc.) und einzelner Landestheile, wie des Allgäus, der Kreise Eupen und Siegen und der Bocker Heide (Westfalen). Die Cultur der Lüneburger Heide und der belgischen Campine wird auf die Schaffung von Wiesen gegründet, und Schwarz nennt mit Recht „gute Wiesen die Stützen der Viehzucht, die Hülfen des Ackerbaues, den Reich-

¹⁾ Vergl. Dr. C. F. C. Fries, Lehrbuch des Wiesenbaues, als zweite Abtheilung des vorliegenden Werkes; in zweiter sehr vermehrter Auflage bearbeitet von Dr. Dünkelberg. Braunschweig 1866.

thum des Betreibers, das Kleinod jedes ländlichen Besitzes; schlechte Wiesen aber sind des Besitzers Schande und selbst mittelmäßige des Ackerbaues Last“.

2. Werth der Wiesen.

Der Werth der Wiesen ist sowohl durch Menge und Güte des Ertrages, als auch durch die Nützlichkeit, ja Unentbehrlichkeit des Grases für die Fütterung und Gesunderhaltung der wichtigsten Hausthiere bedingt.

Das Gras guter Wiesen besteht vorwiegend aus Pflanzen, die der Familie der Gräser (Gramineen) angehören und je nach Beschaffenheit des Standortes mehr oder minder mit mancherlei nützlichen Kräutern anderer Pflanzenfamilien untermischt sind.

Die Grasnarbe ist daher ihrem Bestand nach verschiedenartig und wechselnd; je mehr die eigentlichen Gräser vorwalten, um so fester verwächst sie durch Faserwurzeln und Wurzeläusläufer zu einem dichten Gewebe, das von der darunterliegenden Erdschicht abgeschält werden kann.

Der Zusammenhang der Grasnarbe wird lockerer, je mehr die krautartigen Pflanzen vorwalten und die Gräser zurücktreten. Der abgeschälte Rasen solcher Wiesen zerbröckelt bei der Arbeit und dem Transporte.

Gutes Gras bildet grün, wie getrocknet als Heu und Grummet (Dehmd) ein Normalfutter für die Thiere das ganze Jahr hindurch. Es ist ein unentbehrliches Nahrungsmittel für alle GrASFresser, insofern es nicht nur zur vollen Sättigung, sondern auch zur Gesunderhaltung derselben hinreicht.

Wie die Kulturgräser (das Getreide) dem Menschen in ihren Körnern ein unentbehrliches Nahrungsmittel liefern, so sind die Blätter, Halme und Blüthen der wildwachsenden Gräser der Wiesen und Weiden die Grundlage für die Ernährung der wichtigsten Hausthiere.

Diese, wie die Menschen, sind mit ihrer hauptsächlichsten Nahrung von der Natur auf eine und dieselbe Pflanzenfamilie angewiesen und stehen in derselben innigen Beziehung zu einander wie Acker- und Wiesenbau.

Neben der Erfahrung stellt die chemische Zusammensetzung des Grases diese Beziehungen klarer.

Die Stallfütterung, die ganze Thiergeschlechter ständig an die Krippe fesselt und nur allzu häufig zu einer oft einseitigen und abnormen Ernährung verdammt, hat Fütterungskrankheiten, wie z. B. die Knochenbrüchigkeit bei dem Rindvieh, Knochenaufreibungen bei Pferden, im Gefolge und diese schädigen ständig oder vorübergehend den Viehstand einzelner Güter oder Landstriche, die wenig oder gar keine Wiesen besitzen, wo aber diese feuchenartig auftretenden Krankheiten gewichen sind, wenn Wiesen zum Gute, oder Gras und Heu zu dem früher vorwiegend aus Hunkeln und Stroh zc. bestehenden Futter hinzukamen.

Wer kennt nicht den Einfluß der ersten Grasspigen des Frühlings auf die weidende Schafheerde? Wer hat nicht die Erfolge der alleinigen Gras-

weide auf den Alpen und Marschen der Schweiz und Hollands in deren ausgezeichneten Viehheerden bewundert?

In den Producten der Wiese sind in Procenten enthalten 1):

		Wasser	Stickstoffhaltige Substanz	Rohfett	Stickstofffreie Extractstoffe	Rohfaser	Afide	Also Trocken-Substanz
In Weidegras bezw. Wiesengras . . .	Minimum	76,88	2,64	0,63	6,32	3,38	1,47	—
	Mittel . .	80,29	3,81	0,82	9,04	4,05	1,99	19,71
	Maximum	87,58	5,11	1,29	11,23	4,96	2,54	—
Bestes Wiesenheu (141 Analysen) .	Minimum	9,28	10,26	1,24	30,78	18,29	3,49	—
	Mittel . .	14,50	12,05	3,22	39,88	23,20	7,15	85,50
	Maximum	18,40	20,80	6,64	47,17	26,64	12,48	—
Mitteltutes Wiesenheu	Minimum	9,00	7,69	1,26	30,01	19,14	3,45	—
	Mittel . .	14,50	9,07	2,51	42,54	25,00	6,38	85,50
	Maximum	22,09	10,26	4,92	48,97	30,92	13,11	—
Geringes Wiesenheu	Minimum	9,45	4,22	1,04	27,78	18,82	2,87	—
	Mittel . .	14,50	6,74	2,09	44,56	26,79	5,32	85,50
	Maximum	19,25	7,69	4,96	51,24	36,38	12,69	—
Im Grummet . . .	Minimum	11,40	8,77	1,77	32,51	17,65	5,46	—
	Mittel . .	14,50	11,80	3,27	39,41	22,48	8,54	85,50
	Maximum	20,20	18,01	4,84	44,99	27,46	12,97	—
Heu von Kieselwiesen		14,50	8,66	3,08	39,22	28,55	5,99	85,50
Grummet von Kieselwiesen . . .		14,50	10,25	4,68	38,26	24,64	7,67	85,50

Es folgt hieraus die große Verschiedenheit des Nahrungsgehalts der Gräser, im frischen und lufttrockenen Zustande wesentlich bedingt von dem Wechsel zwischen stickstoffhaltigen und stickstofffreien Bestandtheilen und dem daraus abgeleiteten Nährstoffverhältniß 2).

Dasselbe beträgt nach Mittelzahlen im

Gras . . .	N=haltig: N=frei = 1 : 2,89	} ohne Rücksicht auf den Grad der Verdaulichkeit und den Gehalt der Stickstoffsubstanzen an Amididen, welche das Eiweiß des Rohproteins nicht ersetzen können 3).
besten Heu . . .	" " = 1 : 3,95	
Mittelheu . . .	" " = 1 : 5,35	
geringen Heu . . .	" " = 1 : 7,75	
Grummet . . .	" " = 1 : 4,00	

1) Zusammensetzung und Verdaulichkeit der Futterstoffe von Dr. Dietrich und Dr. König. 2. Aufl. Berlin 1891.

2) Dasselbe wird gefunden, wenn der Gehalt an Rohfett mit 2,4 vervielfacht, durch Addition des Productes zu dem Gehalt an stickstofffreien Extractstoffen (N-frei), dividirt durch den Gehalt an stickstoffhaltiger Substanz (N-haltig).

3) Nach v. Wolff enthält die Trockensubstanz eines Heues aus in der Blüthe gemäßigtem Gras 0,293 Proc., und eines Heues aus überreifem Gras nur 0,102 Proc. Nitroeiweiß.

Da das Nährstoffverhältniß für die Pflanzenfresser bei reichlicher Ernährung mit gemischtem Futter zwischen 1:3 und 1:8 wechseln kann, so sind Gras, Grummet und Heu von guter und bester Beschaffenheit schon für sich allein normale Futtermittel.

Je jünger die Graspflanze, um so niedriger ist ihr Gehalt an Holzfaser, um so größer ist ihr Proteingehalt, um so leichter und vollständiger werden die Nährstoffe von dem Thierkörper in organische Gebilde umgewandelt.

Hieraus erklärt sich denn auch der Nutzen der Weide und des Mähens der Gräser in der Blüthe. Spät gemähtes strohartiges Heu ist reicher an wenig und gar nicht verdaulichem Holzfaser.

Im Mittel sind in Procenten verdaulich (Dietrich u. König u. a.):

Wassergehalt	Organische Substanz	Protein	Fett	Stickstofffreie Stoffe
Weidegras jung:				
79,5 (76,9—80,9)	14,52 (13,9—14,9)	3,26 (2,0—4,6)	0,59 (0,4—0,8)	7,75 (5,9—9,9)
Weidegras einer Rindviehweide:				
75,25 (65,7—80,2)	15,61 (15,1—16,7)	2,77 (1,3—4,9)	0,55 (0,3—0,8)	8,30 (6,6—10,9)
Wiesengras zur Zeit der Heuernte:				
74,80 (69,3—84,4)	14,92 (13,8—16,1)	1,83 (0,9—2,9)	0,48 (0,4—0,7)	7,52 (6,6—10,3)
Gras von guten Kiefernwiesen:				
80,85 (74,5—87,6)	12,33 (11,4—12,9)	2,45 (1,3—3,8)	0,4 (0,2—0,7)	6,26 (5,5—7,9)

Beregnetes und von der Sonne gebleichtes Heu und Grummet verlieren mehr oder minder an werthvoller organischer Nährsubstanz und wasserlöslichen Salzen, weshalb denn auch Grummet im Norden, weil häufiger bei ungünstigerem Herbstwetter gewonnen, weniger als im deutschen trockeneren Süden geschätzt wird.

Nach Märcker-Halle¹⁾ gingen in einem Falle durch Beregnen verloren im Ganzen 18,4 und hiervon an stickstoffhaltigen 25,5, an Mineralstoffen 47,7 und an stickstofffreien 22,9 Proc.

Emmerling-Kiel untersuchte Gras, am 30. Juli gemäht, welches 16 Tage beregnet, erst am 20. Tage eingebracht wurde, in zwei Perioden; in der I. waren 47 mm, in der II. 46 mm Regen gefallen und fand

¹⁾ Nach Milchzeitung von 1888, S. 594.

wenn unberegnetes also frisches Gras enthält:	so blieben am Schluß	
	der I. Periode	der II. Periode
	Proc.	Proc.
Trockensubstanz 100	86,5	53,9
Rohprotein 100	90,1	54,1
Fett 100	50,5	27,1
Kohlehydrate 100	83,7	53,4
Rohfaser 100	97,5	62,3
Asche 100	87,2	50,4
und hierin: Kali 100	76,9	22,9
" " Phosphorsäure . . 100	94,7	55,0
" " Chlor (Salz) . . 100	65,3	13,3

Es waren also sehr beträchtliche Nährwerthe und in der I. Periode das Fett bis zur Hälfte verloren gegangen. Emmerling berechnet aus diesen und früheren Untersuchungen, daß von ursprünglich 100 Ctr. Heu mit 85 Proc. Trockensubstanz in vier Regentagen mit 28 mm Regenhöhe 4,2 Ctr. Heu mit 3,6 Ctr. Trockensubstanz an werthvollen Bestandtheilen verloren gegangen waren; namentlich aber werde das Protein unverdaulicher.

Der Werth der frischen und getrockneten Gräser für die Ernährung der Pferde und Wiederkäuer folgt nicht nur aus ihrer organischen Substanz, sondern wesentlich auch aus ihren mineralischen oder den Bestandtheilen ihrer Asche, welche, wie Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisen, Phosphorsäure, Schwefelsäure und Chlor, nicht nur die Assimilation der stickstoffhaltigen und stickstofffreien Nährstoffe vermitteln und zum Theil in den Thierkörper übergehen, sondern auch zum anderen Theil in den thierischen Auswurfstoffen das Ackerland befruchten helfen.

Der Gehalt der Reinasche in den Culturgräsern (Sommer- und Wintergetreide) wechselt in den Körnern von 1,97 bis 3,14, im Stroh von 4,45 bis 5,44 und in der Spreu von 8,31 bis 14,03 Proc., in den Körnern der Leguminosen von 2,73 bis 3,10 und im Stroh von 5,13 bis 5,25 Proc., während S. 5 der procentuale Aschengehalt angegeben ist im

Gras	Heu	Grummet
mit 1,47 bis 2,54	2,87 bis 13,11	5,46 bis 12,97.

Ebenso verschieden ist der procentuale Gehalt der einzelnen Aschenbestandtheile im Gras, Heu und Grummet, je nach der natürlichen oder durch Düngung abgeänderten Fruchtbarkeit der so überaus verschiedenen Bodenarten, sowie nach der Jahreswitterung, dem Klima und der wechselnden botanischen Zusammensetzung der Grasnarbe ¹⁾.

¹⁾ Deshalb müssen die nachstehenden Analysen nur als ungefähre Anhaltspunkte angesehen und beurtheilt werden.

Nach Wolff-Hohenheim enthielten in 1000 Gewichtstheilen das frische Gras oder die lufttrockene Substanz (Heu):

	Fettweidegras	Junges Gras und Grummet	Saures Gras	Bestes Marschheu	Norwegisches Waldheu	Wiesenheu	
						normales	ungefundes ¹⁾
Stickstoff	25,5	19,1	—	—	13,6	15,5	14,4
Keinäsche	82,4	76,0	37,2	72,9	26,7	59,8	44,5
Kali	31,6	22,3	8,8	27,2	7,7	16,0	12,0
Natron	1,3	3,0	—	0,8	0,4	2,2	0,6
Kalk	10,1	10,4	7,0	7,2	2,5	9,5	5,4
Magnesia	4,6	5,1	1,8	5,9	2,1	4,1	2,7
Phosphorsäure	7,4	5,9	1,4	5,3	1,4	4,3	2,3
Schwefelsäure	2,7	4,1	3,7	2,3	1,4	3,1	1,8
Kieselsäure	15,9	19,4	13,8	15,6	9,9	17,2	17,0
Chlor	8,4	4,5	—	10,5	1,1	3,7	2,1

Aus diesen Zahlen folgt, wie ungleich die Aschengewichte und der Gehalt an den wichtigsten Bestandtheilen, wie Kali und Phosphorsäure, in einer Tonne (1000 kg) Gras und Heu sein können, und wie verschieden der Düngewerth sein muß, welcher aus deren Verfütterung, im Sinne des Ersatzes der dem Acker durch die verkauften Körner und thierischen Producte zc. entzogenen Aschenbestandtheile entfällt²⁾. Die neueren Untersuchungen über Düngung der Wiesen und Weiden mit Kainit und Thomasschlackenmehl weisen nach, wie sehr ihr Ertrag und der Nährstoffgehalt des Futters gehoben und der Aschengehalt günstig abgeändert werden kann.

Neben dem absoluten und relativen Aschengehalt der Gräser und dessen Düngewerth kommt noch seine biologisch wichtige Bedeutung im Futter der Thiere zur Geltung, insofern die Aneignung von Pflanzeneiweiß im thierischen Körper (wie seine Bildung in den Pflanzen) wesentlich von der mit aufgenommenen Phosphorsäuremenge bedingt ist. Ebenso hängt eine normale Blut- und Fleischbildung von dem Vorhandensein von Chlorkalkium, wie von Kali-, Magnesia-, Kalk- und Eisenphosphaten ab. Werden z. B. Preßlinge,

¹⁾ Es stammt dieses Heu aus Gegenden, wo die Knochenbrüchigkeit des Rindviehs häufig vorkommt.

²⁾ Es würde zu weit führen, die Zusammensetzung der Asche der verschiedenen Gewächse des Ackerlandes hier vergleichend verfolgen zu wollen. Einen ungefähren Anhalt dazu geben aber die Berechnungen Rautenberg's, wonach die Aschenbestandtheile von

100 kg Weizen, Roggen, Gerste, Hafer, Erbsen, Bohnen, Haas, Rüben, Zuckerrüb. Kartoffeln durch 95,4 101,4 88,1 52,9 96,6 152,1 170,1 72,0 23,4 45,3 kg Heu und von

100 kg Kalb, Rind, Schaf — Schwein (Lebendgewicht der Thiere) — Milch durch 165,2 75,6 21,9 kg

Heu von normaler Beschaffenheit annähernd ersetzt werden können.

Viertreber &c. in großen Mengen gefüttert, aus denen jene Kalisalze größtentheils entfernt sind, so macht eine entsprechende complementäre Heugabe mit ihrer besonders an Kali reichen Asche erst Eiweiß- und stickstofffreie Stoffe für den Thierkörper verwendbar.

Es steht daher das Gedeihen der Thiere auf üppigen Weiden in directem Zusammenhange damit, daß deren Gras nicht nur reich an Eiweiß, sondern auch an den Salzen des thierischen Blutes ist ¹⁾. Hiernach sind die obigen Analysen von saurem Gras, norwegischem Waldheu und ungesundem Heu zu beurtheilen, und ihre ungenügende Nährkraft, ja Schädlichkeit wird verständlich.

Mayer-Wageningen hat indessen nachgewiesen, daß für die praktische Preisbestimmung des Heues die chemische Analyse allein nicht genügt, sondern auch die botanische hinzutreten und bestimmt werden müsse, welche Gräser und Kräuter und in welchem Verhältniß die einzelnen in einer Heusorte vertreten seien.

Die übliche Unterscheidung des Heues in süßes und saures ist dem Wortlaute nach unklar, wenngleich so eingebürgert, daß man diese Benennungen beibehalten kann, wenn man beachtet, daß zwar das Normalheu aus dem Geschmack der Thiere zusagenden Pflanzen besteht und besser nährt, als das auf sogenannten sauren Wiesen gewachsene, daß das letztere jedoch keine eigentliche Säure enthält, die den Wohlgeschmack beeinträchtigt. Die darin enthaltene Kieselsäure ist geschmacklos und in der Heuasche der besten, mit guten Gräsern bestandenen Wiesen, wie die Analyse zeigt, relativ reichlich vertreten.

3. Der Ertrag der Wiesen.

Seine in weiten Grenzen wechselnde Verschiedenheit ist bedingt von der außerordentlich abweichenden Zusammensetzung und relativen Mischung von Gräsern und Kräutern, wie von der geernteten Masse.

Außer den Süßgräsern (Gramineen) finden wir auf manchen Wiesen und Weiden gesellig wachsend die damit verwandten Cyperaceen oder Scheingräser, welche vorwiegend den Grasbestand sogenannter saurer Wiesen bilden und als Unkräuter des Graslandes zu betrachten sind, während die Süß- oder echten Gräser in Mischung mit vielen gewürzigen Kräutern das nahrhafte Bergheu und in fruchtbaren Niederungen einen lang, üppig und dicht gewachsenen Bestand und den höchsten Ertrag liefern, in welchem die Kräuter zurücktreten.

Während das sogenannte süße Heu für Schafe und Rindvieh vorzuziehen ist, bietet auch saures Heu für Pferde eine nicht ungesunde und gern angenommene Nahrung.

¹⁾ Landw. Jahrbücher. Berlin 1873, Bd. II, S. 434. Dr. Dünkelberg: Das Fleischmehl und die Fleischsalze in ihrer physiologischen und landwirthschaftlichen Bedeutung.

Nach der Menge des Ertrages unterscheidet man ein-, zwei- und mehrschürige Wiesen, auch Sommer- und Winterwiesen; letztere kommen in Europa nur in der Lombardei vor und liefern jährlich in sechs Schnitten bis zu 20 000 kg Futter pro Hektar.

Von wesentlichem Einfluß auf die Güte und Menge des Ertrages sind:

a) Klima und Lage.

Beide sind bedingt durch die geographische Breite, die Erhebung über dem Meere und die Exposition gegen die Weltgegenden.

Wir finden denselben üppigen Graswuchs in dem Himalaya in einer Meereshöhe von 5850 m, wie in den Anden Quitos bei 2600 m, in der Schweiz bis zu 1300 m, und begegnen demselben nahe dem Meeresspiegel, in dem Marschland von Holland und Holstein z. an den Ufern der Nord- und Ostsee.

Das üppige Gedeihen des Grases ist, wie an einen gewissen Wärmegrad, so vorzugsweise an einen ausgesprochenen Feuchtigkeitsgehalt der Luft oder des Bodens, oder beider zugleich gebunden, welcher den Wiesen eine gewisse Frische verleiht.

Während die Berg-, Höhe- oder Himmelswiesen nur vom Naß des Himmels befeuchtet werden, mithin als relativ trockenere Wiesen zu bezeichnen sind, und die Waldwiesen ihrer beschattenden Umgebung gemäß benannt werden, finden wir in Niederungen feuchter gelegene Wiesen, als Thal-, Strom- und Bachwiesen, auf Culturland, das seiner Beschaffenheit und des höheren Grundwasserstandes wegen sich oft wenig oder gar nicht zu Ackerland eignet.

Die bewässerbaren Wiesen der Niederungen verbürgen bei entsprechender Vorfluth und richtiger Behandlung den höchsten Ertrag. Wo aber kein oder nicht genügendes Wasser zur Düngung und Anfeuchtung des Wiesenlandes zu Gebote steht und deshalb die Erträge geringer und sehr wechselnde sind, da liegt die Erwägung einer Umwandlung in andere Culturarten, besonders in Ackerland, nahe. Sie wird nichtsdestoweniger verneinend ausfallen müssen:

bei großer Entfernung der Wiesen vom Wirthschaftshof und Mangel an guten Wegen, wobei immerhin noch eine Beweidung und Düngung mit Pferch, Compost und künstlichem Dünger zc. möglich, und dem Wachsthum der Gräser förderlich ist;

auf magerem, für Futterbau ungeeignetem Boden, oder in einem dem Getreidebau ungünstigen, weil zu kalten und feuchten, aber graswüchsigem Klima;

in stark geneigten Lagen, wo nur die Rasendecke das Abrottschen und Fortschwemmen der Erde verhütet und

auf nassen Flächen, für welche genügende Vorfluth nicht zu beschaffen ist, oder welche vor plötzlich eintretenden Ueberschwemmungen nicht gesichert

sind, wie dies bei Niedlungswiesen an periodisch austretenden Flüssen und Strömen der Fall ist, deren Ernte verschlämmt oder weggeschwemmt, oder deren Grasnarbe mit Sand und Kies überdeckt wird, wenn solche Wiesenlagen nicht durch Sommer- oder Winterdeiche geschützt werden können.

Aber in diesem Falle leidet der Ertrag, weil der Deichbau den befruchtenden Schlamm der Hochfluthen abhält, wenn nicht durch angebrachte Einlässe eine beliebige Ueberstaumung und Düngung ermöglicht wird.

b) Der Boden.

Wenn auch die Ansprüche der wild wachsenden Gräser an den Boden geringer sind, als die der Culturgräser, des Getreides, das nur unter der sorgenden Hand des Menschen den gewünschten Ertrag verbürgt, so übt doch auch die Bodenbeschaffenheit auf die Güte und Menge der Gräsernten einen ausgesprochenen Einfluß aus.

Neben den physikalischen Eigenschaften des Bodens: dem Grad seiner Lockerheit oder Gebundenheit, seinem Verhalten gegen Wasser und Wärme, bedingt durch den Sand-, Kalk- und Thongehalt, oder je nach dem Vorwalten organischer Gemengtheile, wie im Torf und Moor, sind auch die mineralischen und chemischen Bestandtheile des Bodens und sein Gehalt an aufgeschlossener Pflanzenasche von der höchsten Wichtigkeit für den Ertrag der Wiese und die Zusammensetzung ihrer Grasnarbe.

Da die Gräser fort und fort dem Boden dieselben Aschenbestandtheile in relativ gleicher Menge entnehmen und die Vortheile einer wiederholten Bearbeitung und des Wechsels der Früchte auf dem Ackerland der Wiese nicht zu gute kommen können, so wird deren Boden nur einseitig und ständig in der oberen Schicht ausgenutzt; denn die Faserwurzeln der Gräser verbreiten sich weit weniger als die des Getreides in den Untergrund; nur die obere Krume wird vom Frost gelockert, in ihren Bestandtheilen allmählich zersezt und durch die Vegetation der pflanzennährenden Stoffe beraubt.

Daher sehen wir auf ungedüngten, fortwährend gemähten Wiesen und Dreeschländereien nach und nach die besseren Gräser verschwinden, die Grasnarbe dünner werden und den genügsameren Moosrasen an deren Stelle treten.

Von besonderer Wichtigkeit für das Gedeihen guter Gräser ist eine angemessene Bodenfeuchtigkeit, wie sie ein sogen. „frischer“ Boden zeigt, und die (außer in Klima und Lage) auf seiner wasserauffaugenden und wasseranhaltenden Kraft beruht.

Neben der Krume der Wiesen ist die Beschaffenheit des Untergrundes, der Grad seiner Gebundenheit oder Lockerheit zu beachten, weil hiervon sein mehr oder minder günstiges Verhalten gegen Wasser und Wärme bedingt ist.

c) Das Wasser.

Wo es an genügender natürlicher Feuchtigkeit in der Luft oder dem Boden mangelt, da kann das dauernde Grasland nur durch künstliche Zuleitung des Wassers, durch eine geregelte Bewässerung, zum höchsten Ertrag gebracht und darin erhalten werden; denn eine üppige Grasvegetation verdunstet alltäglich sehr bedeutende Wassermengen ¹⁾ und bedarf zu ihrer normalen Constitution 76 bis 80 Proc. Wasser, deren ständige Zuführung in irgend einer Weise gesichert sein muß.

Die Bewässerung ersetzt gleichzeitig auf einfache und wohlfeile Art dem Boden mangelnde und in immer wiederholten Ernten entzogene Stickstoff- und Aschenbestandtheile der Gräser und sichert dauernde und erhöhte Erträge.

Daher ist das Wasser ein naturgemäßer Dünger für die Gräser und eine gute Kieselwiese ein Treibbeet für den Graswuchs. Nicht bewässerbare Flächen aber können nur auf frischem Boden oder bei feuchter Luft mittelst künstlicher Düngung dauernd und günstig durch Wiesenbau ausgenutzt werden.

Schädlich wird dagegen auch das Wasser guten Wiesen, wenn es im Uebermaß im Untergrund bis nahe an die Grasnarbe heran reicht, oder darauf stillsteht (stagnirt), oder wenn das zur Bewässerung zugeleitete Wasser allzu langsam und unvollständig wieder abzieht und verdunstet.

In solchen Fällen versumpft die Wiese, saure Gräser siedeln sich an, das gewonnene Heu ist rauh und weniger nahrhaft, Wassermoose erscheinen, in manchen Fällen bildet sich Moor und Torf.

Hier ist die Entwässerung geboten; sie hat stets der Bewässerung vorher- oder mit derselben Hand in Hand zu gehen, wo auf feucht gelegenen und Wässerungswiesen das meiste und beste Gras erzielt werden soll.

Eine normale Kieselwiese gestattet ohne besondere Zufuhr von Düngstoffen eine selbständige unausgesetzte Nutzung und eine derartige Wiesenwirthschaft ist von anderem Culturland ganz unabhängig, während das Ackerland in der Regel, von örtlich und zeitlich beschränkten Ausnahmen abgesehen, des Wiesenlandes in angemessener Fläche und Qualität zur Sicherung reicher und dauernder Ernten bedarf, weshalb die complementäre Wiese als „die Mutter des Ackers“ im Munde des Volkes mit Recht bezeichnet wird.

4. Die Cultur der Wiesen.

Wie der Ackerbau die Urbarmachung und Bodenbehandlung, das Düngen, die Saat und Pflege der Gewächse, deren Ernte und Aufbewahrung umfaßt, so auch der Wiesenbau.

¹⁾ So soll ein Quadratfuß *Poa annua* in einem Tage 33,12 Cubitzoll Wasser und nach Schübler eine 40000 Quadratfuß haltende Wiese in 120 Tagen etwa 6 Millionen Pfund Wasser verdunsten.

Zu dieser rein landwirthschaftlichen Behandlung der Wiese gesellt sich die technische, wenn Wasser zeitweise oder immer vorhanden ist, ab- und zugeleitet werden muß und zu diesem Zwecke Einrichtungen erforderlich sind, die dem speciell auf Wiesenbau angewandten Wasserbau entnommen und auf Grund einer Jahrhunderte langen Erfahrung wissenschaftlich und systematisch ausgebildet sind ¹⁾.

Während der Landwirth die Behandlung trockener und bewässerter Wiesen kennen und nach richtigen Grundsätzen durchzuführen verstehen muß, ist der technische Theil des Wiesenbaues, d. h. die Anlage von Wässerungswiesen, eine Kunst, welche besondere Kenntniß und Uebung voraussetzt, deren Grundzüge aber nichtsdestoweniger einfach und, ein entsprechendes Studium vorausgesetzt, leicht verständlich sind.

Der rationelle Wiesenbau-Techniker unterscheidet sich von dem nur routinirten oder empirischen Wiesenbauer durch die Erkenntniß einer nach den gerade vorliegenden Verhältnissen regelrecht bemessenen Anwendung praktischer und wissenschaftlicher Principien, wo der einseitig, weil nur empirisch Gebildete ein Schablonenarbeiter ist und bleibt. Trifft dieser mitunter das Richtige, so wird er doch in den meisten Fällen Fehler begehen und weder die zweckmäßigste noch die billigste Anlage herstellen, die in dem gegebenen Falle möglich und durchführbar war.

Aus der Nichtbeachtung dieser Gesichtspunkte ergeben sich viele nicht genug zu beklagende Mißerfolge bei der Anlage von Rieselwiesen, welche nicht nur den Besitzer schädigen, sondern auch zum Nachtheil der fortschreitenden Landescultur ein abschreckendes Beispiel für viele Andere werden. Aus unterlassener umsichtiger Ausnutzung des fließenden Wassers, auf welches der Landbauer mindestens ein gleiches Anrecht wie der Industrielle hat, geht eine volkswirthschaftliche Schädigung von um so weitgehenderer Bedeutung hervor, je mehr den Wasserläufen durch Sorglosigkeit die menschlichen und thierischen Auswürfe kleiner Orte und großer Städte einverleibt werden und ungenützt verloren gehen.

Allen diesen Mißständen kann nur durch Aufklärung über vorkommende Mißgriffe und durch Gesetze über Wassergerechtfame begegnet werden und es ist eine erfreuende und nützliche Thatsache, daß in der Neuzeit die Rieselwiese und das Culturland überhaupt als ein mächtiges hygienisches Hilfsmittel erkannt worden sind, um im Anschluß an die Canalisirung bewohnter Orte die Reinigung und Verwerthung des städtischen Canalwassers in der einfachsten und sichersten Weise zu verbürgen.

5. Eintheilung.

Dem Vorstehenden gemäß zerfällt die Lehre vom Wiesenbau in einen allgemeinen (landwirthschaftlichen) und einen besonderen (technischen) Theil.

¹⁾ Vergl. Dünkelberg, Die Entwicklung der Culturtechnik. Braunschweig 1897. Friedr. Vieweg & Sohn.

Während dieser das Projectiren und Abstecken, die Einleitung und Ausführung aller Anlagen umfaßt, welche zur Entwässerung und Bewässerung der Wiesen irgendwie erforderlich sind, handelt jener vom Boden, vom Wasser und Dünger, von der Herstellung und Pflege der Grasnarbe, von der Bewässerung und Ernte, von deren Aufbewahrung und Verwendung, sowie vom Roh- und Reinertrag der Wiesen.

6. Die Vorkenntnisse und Literatur.

Für die rationelle Kenntniß und Behandlung des gesammten Wiesenbaues sind dieselben wissenschaftlichen Hilfsmittel aus der Naturkunde wie für den Ackerbau erforderlich. Außerdem sind zu dem Studium und der Anwendung der Wiesenbautechnik mathematische, naturwissenschaftliche und mechanisch technische Vorkenntnisse unentbehrlich. Denn erst hierdurch erhält die Wiesenbautechnik eine bestimmte systematische Grundlage, welche allein durch bewußte Berücksichtigung der örtlich und zeitlich so außerordentlich wechselnden Productionsbedingungen vor Irrthümern und unrentablen Anlagen behüten kann. Hierin beruht denn auch der Anspruch auf erhöhte Remuneration der betreffenden Techniker gegenüber dem nicht culturtechnisch ausgebildeten Landwirth, und die Einrichtung besonderer Wiesenbau-schulen und Unterrichtscurse für Culturtechniker müssen diesen Mangel ersetzen.

Der Wiesenbautechniker kann sich endlich der Kenntniß der Gesetze nicht entzathen, welche in den einzelnen Ländern die Leitung und Theilung des Wassers unter den Interessenten regeln.

Aus der reichhaltigen, auf Wiesenbau bezüglichen Literatur sind als die wichtigsten Schriften hervorzuheben:

a) Aus der Naturkunde.

v. Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physio-logie. 9. Auflage. Braunschweig 1875.

Hauke, Die Familie der Gräser. Wiesbaden 1857.

Seifen, Deutschlands Gräser und Getreidearten. Leipzig 1863.

Langenthal, Landwirthschaftliche Pflanzenkunde. Jena 1841.

Lehrke, Mischung und Ansaat der Grassämereien. Breslau 1888.

b) Aus der angewandten Mathematik und Ingenieur-Wissenschaft.

Dünkelberg, Der Cultur-Ingenieur. 3 Bände. Braunschweig 1868 bis 1871.

- Derfelbe, Encyclopädie und Methodologie der Culturtechnik. 1. Band.
Die Terrainlehre und Terraindarstellung. 2. Band. Allgemeine
Meliorationslehre. Braunschweig 1883.
- Gieseler, Der Erdbau. 3. Auflage. Bonn 1895.
- Grebenau, Taschenbuch für Mülhlärzte, Wiesenbaumeister, Fluß- und
Dammwarte. 2 Theile. München 1871.
- Preßler, Der Meßknecht und sein Practicum. 3. Auflage. Braunschweig
1862.
- Weisbach, Der Ingenieur. 7. Auflage. Braunschweig 1896.
- Derfelbe, Ingenieur- und Maschinen-Mechanik. 5. bezw. 2. Auflage.
Braunschweig 1870 u. ff.
- Bernoulli, Bademeccum des Ingenieurs. 8. Auflage. Stuttgart 1855.
- Morin, Hilfsbuch des praktischen Mechanikers, übersetzt von Holz-
mann. 3. Auflage. Karlsruhe 1851.
- Becker, Der Wasserbau. Stuttgart 1856.
- Zaminer, Anleitung zur Flächenaufnahme und zum Wiesen- und Weg-
bau. Darmstadt 1836.
- Instruction über Anfertigung von Situations- und Nivellements-
Plänen. Trier 1855.
- Instruction über die bei Landes-Culturarbeiten vorkommenden Wasser-
bauten, namentlich der Wehre und Schleusen. Trier 1856.

c) Schriften über Wiesenbau.

1. Landwirthschaftliche Schriften sind:

- Thaer, Rationelle Landwirthschaft. 4. Auflage. Berlin 1847.
- Schwerz, Praktischer Ackerbau. Stuttgart 1823.
- Hamm-Girardin, Grundzüge der Landwirthschaft. Braunschweig
1854.
- Dünkelberg, Landwirthschaftliche Betriebs- und Taxationslehre. 3 Bände.
Braunschweig 1889 und 1898.
- Werner, Handbuch des Futterbaues. Berlin 1875.
- Toussaint, Die Bodencultur und das Wasser. Breslau 1872.

2. Technische Wiesenbauschriften sind:

- Dünkelberg-Fries, Lehrbuch des Wiesenbaues. 2. Auflage. Braun-
schweig 1866.
- Wehner, Unterricht in Wiesenwässerungs-Anlagen. Glogau 1844.
- Paßig, Der praktische Kieselwirth. 4. Auflage. Wittenberg 1862.
- Vorländer, Die Siegenische Kunstwiese. Siegen 1837.
- Schenk, Der Wiesenbau. 2. Auflage. Siegen 1843.
- Vincent, Der Wiesenbau, dessen Theorie und Praxis. Berlin 1858.
- Häfener, Der Wiesenbau. Stuttgart 1855.

d) Die Wiesen=Gesetzgebung behandeln:

Zeller, Das Wiesen=Culturgesetz im Großherzogthum Hessen. Darmstadt 1843.

Lanter, Behandlung der Wässerwiesen. Karlsruhe 1851.

Die Wiesenordnung für den Kreis Siegen 1847.

Wißmann, Consolidationsbuch. Berlin 1874.

v. Pözl, Dr., Die bayerischen Wassergesetze von 1852. 2. Auflage. Erlangen 1880.

Allgemeiner Wiesenbau.

1. Oberfläche der Wiesen.

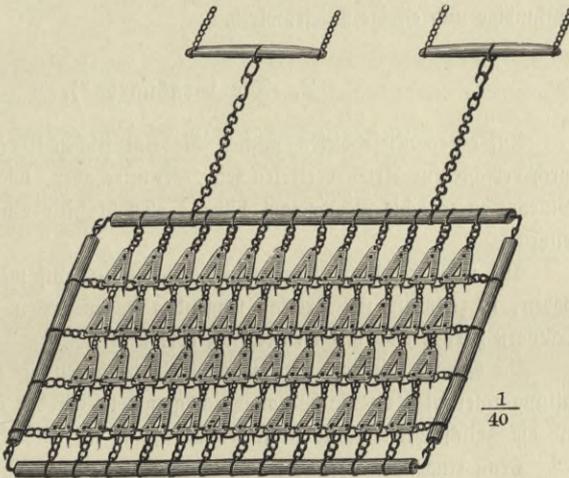
Bei natürlichen wie bei künstlich hergestellten Wiesen muß die Oberfläche §. 1. so gleichförmig sein, daß die Beerntung — das Mähen und Bearbeiten des Grases — ungehindert vor sich gehen und das auffallende (Wetereowasser), wie das zufließende Wasser genügend rasch ab-
rinnen kann.

Es ist ein sehr verbreiteter Irrthum, daß die Oberfläche guter Wiesen eine vollkommene oder gar wagerechte Ebene darstellen und daß daher unter allen Umständen eine vollständige Planirung angestrebt werden müsse.

Wenn die Sense regelrecht arbeiten und kein Wasser stehen bleiben kann, das anderenfalls Sumpf bilden und die Vegetation verschlechtern würde, so ist die Beschaffenheit der Oberfläche genügend, selbst wenn sie auch in kleineren oder größeren Erhöhungen und Vertiefungen wie in verschiedenen Neigungen wechselt. Denn eine ausgesprochene Neigung der Fläche nach einer oder mehreren Seiten ist einestheils der natürlichen Entwässerung wegen und anderentheils für gedeihliche Bewässerung unbedingt nöthig.

Selbstverständlich darf die Oberfläche guter Wiesen nur mit einer Gras- §. 2. narbe bedeckt sein; alle etwa vorhandenen Gesträuche, Baumstöcke, Steine,

Fig. 1.



Maulwurfs- und Ameisenhaufen müssen entfernt und etwaige Vertiefungen, in denen Wasser stehen bleiben könnte, ausgefüllt oder durch Gräben zc. ohne schädliche Trockenlegung entwässert werden.

So nützlich der Maulwurf durch Vertilgung schädlicher Insecten und Maikäferlarven ist, ebenso wenig darf er doch auf Wiesen geduldet und kann durch Bewässerung in Schranken gehalten werden. Auch Ansiedlungen von Ameisen, die meist nur an trockenen Stellen sich finden, sind nicht zu dulden.

Zur raschen und billigen Verebenung der von Maulwürfen und Ameisen aufgeworfenen Hügel sind, neben Harke und Rechen, insbesondere der sogen. Wiesenhobel nebst Dornschleife und namentlich die vom Wirthschaftsrath Semsch in Swoischitz erfundene, von dem Gutsinspector Kerber zu Langhelligshof in Schlesien verbesserte schmiedeeiserne böhmische Wiesenegge, Fig. 1, sehr empfehlenswerth ¹⁾. Dieselbe ist besonders auch zum Ausreißen und Zusammenbringen des Mooßes geeignet, das ebensowohl auf trockenen wie auf nassen Wiesen, die nicht ständig und entsprechend gedüngt werden, das Gras leicht überwuchert und verdrängt. Und gerade in der Herstellung und stetigen Unterhaltung einer möglichst üppig vegetirenden, zur Erzielung reichlicher Ernten eines guten Futters geeigneten Grasnarbe bewährt sich der sachkundige und eifrige Wiesenwirth.

2. Die Grasnarbe ²⁾.

§. 3. Auf guten Riesewiesen müssen die eigentlichen Gräser vorwalten und durch verschiedene Arten vertreten sein, Kräuter aber, wie Klee-, Erbsen- und Wickenarten zc., die Minderzahl bilden, obwohl diese einen hohen Nährwerth besitzen.

Auf nicht regelmäßig berieselten Wiesen und auf weniger graswüchsigem Boden, in zeitweise zur Trockne neigenden Lagen treten die Gräser vor den Kräutern zurück, was den Ernteertrag vermindert.

Die Gräser sind als gesellig wachsende Pflanzen zur Herstellung und Erhaltung einer dichten Narbe vorzüglich geeignet, wo der natürliche Reichthum und die Frische des Bodens nebst der Düngung ihr Gedeihen sichern.

Dem eingesäete Kleearten und andere krautartige Pflanzen sterben nach und nach ab, die Wiesennarbe erhält Lücken und um so mehr, je weniger Boden und Lage ihrem und dem Wachsthum der Gräser günstig sind.

Unter günstigen Umständen aber wird die entstandene Lücke bald durch die Wurzelsprossen und Ausläufer der Graspflanzen ausgefüllt und der dichte Schluß der Narbe hergestellt und erhalten.

¹⁾ Auch die neueren patentirten Wieseneggen von M. Fürsheim, Böhme und besonders Laacke sind empfehlenswerth.

²⁾ Vergl. hierüber: Dunkelberg-Fries, Lehrbuch des Wiesenbaues. 2. Aufl. S. 11 u. f.

Die Fortpflanzung und Vermehrung der Gräser erfolgt nämlich nicht allein durch Samen, sondern auch in der eben angedeuteten Weise und durch Zertheilung des Wurzelstockes, während die Kräuter vorwiegend durch Samen fortgepflanzt werden und nur theilweise ausdauernde (perennirende) sind.

Auch unter den Gräsern findet man einjährige, die sich durch Besamung erhalten, neben zwei- und mehrjährigen, die sich durch Samen und Wurzel sprossen fortpflanzen.

Die aus Samen entstandenen ausdauernden Gräser bestocken sich nach und nach, d. h. sie bilden vor der Halmentwicklung einen Wurzelstock (Erdstamm), welchem ober- und unterirdische Sprossen entsprossen; ist der Wurzel sproß kriechend, wie bei der Quecke, so treiben solche Gräser Ausläufer (Stolonen), die selbständige Wurzeln und Pflanzen bilden.

So entstehen aus Samen und Ausläufern der absterbenden Gräser immer wieder neue Graspflanzen und die fortwährende Erneuerung der Narbe wird hierdurch ermöglicht.

Die Wurzeln der Gräser sind büschelförmige und Faserwurzeln, welche die obere Erdschicht der Wiesen vielfach durchsetzen und gemeinschaftlich mit den kriechenden Wurzel ausläufern den eigentlichen geschlossenen Rasen bilden. Je mehr diese zurück- und Büschelgräser an deren Stelle treten, um so lockerer wird der Rasen.

Der Landwirth unterscheidet die Obergräser vom Bodengras und ver- §. 4.
steht unter diesem die Gräser, welche vorwiegend Blätterbüschel bilden, unter jenen solche, welche vorzugsweise im Halme aufschießen. Er weiß, wie sehr durch ungünstige Frühjahrswitterung das Bodengras und der Ertrag der Wiesen leidet und daß sich reichtragende Wässerungswiesen außer durch Bodengras auch durch üppig wachsende Obergräser auszeichnen.

In diesem Falle treten die krautartigen Pflanzen sehr zurück, während sie auf trockenen Wiesen den Hauptbestand ausmachen.

Für Weiden hat das Bodengras den höchsten Werth, denn Obergräser kommen nur ausnahmsweise zum Samentragen und zur Entwicklung. Auf stets beweideten Wiesen verschwinden die einjährigen Gräser, aber die ausdauernden, durch Wurzelsprossen sich fortpflanzenden Graspflanzen gelangen zur vollen Geltung.

Manche Gräser bilden zugleich Bodengras und Halme.

3. Die Grasvegetation

ist je nach Klima, Boden, Feuchtigkeit und Futterwerth eine wechselnde und §. 5.
verschieden werthvolle, weshalb sie in einem besonderen Anhang (S. 65 u. f.) besprochen wird.

Hier werden daher in erster Linie nur die für eigentliche Kieselwiesen (diesseits der Alpen) wichtigsten und in zweiter und dritter Linie mehr oder minder entbehrliche aufgeführt.

Gräser erster Ordnung (sogen. „edle“).

- | | |
|---|-----------------------------------|
| 1. Fuchsschwanz (<i>Alopecurus pratensis</i>) | } mit frühem
Antrieb. |
| 2. Italienisches Raygras ¹⁾ (<i>Lolium italicum</i>) | |
| 3. Französisches Raygras (<i>Arrhenatherum elatius</i>) | |
| 4. WiesenSchwingel (<i>Festuca pratensis</i>) | } mit mittlerem
Antrieb. |
| 5. Gemeines Rispengras (<i>Poa trivialis</i>) | |
| 6. Wiesenrispengras (<i>Poa pratensis</i>) | } mittelspäte Quecken=
gräser. |
| 7. Fioringras (<i>Agrostis alba</i>) | |

Gräser zweiter Ordnung.

8. Timothygras (*Phleum pratense*), spät entwickelt.
9. Weichhaariges Hafergras (*Avenastrum pubescens*).
10. Hainrispengras (*Poa memorialis*).
11. Spätes Rispengras (*Poa serotina*).
12. Gemeines Kammgras (*Cynosurus cristatus*).
13. Rother Schwingel (*Festuca rubra*).

Gräser dritter Ordnung.

14. Gemeines Knaulgras (*Dactylis glomerata*).
15. Gemeines Straußgras (*Agrostis vulgaris*).
16. Gemeine Kammschmiel (*Koeleria cristata*).
17. Zittergras (*Briza media*).
18. Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*).

In dem Maße, als die Bewässerung an Güte und Menge zu wünschen läßt, treten einige Gräser zweiter und dritter Ordnung ein, obwohl sie die Qualität der Gräser erster Ordnung niemals ersetzen können.

Unter ungünstigen Boden- und Wasserverhältnissen kann eine buntere Mischung, besonders auch mit verschiedenen Kräutern geboten sein, wie dies auch naturgemäß der Fall ist. Damit scheiden aber die Gebiete aus, wo Rieselfwiesen am Plage sind.

§. 6. Von Kräutern wachsen folgende Arten auf guten, minder feuchten Wiesen:

1. Rother (ausdauernder) Wiesenflee (*Trifolium pratense* perenne).
2. Bastardflee (*Trifolium hybridum*).
3. Weißer Flee (*Trifolium repens*).
4. Hopfenflee (*Medicago lupulina*).
5. Schwedische Luzerne (*M. falcata*).
6. Wiesenpatterbse (*Lathyrus pratensis*).
7. Vogelwiese (*Vicia cracca*).
8. Zaunwiese (*Vicia sepium*).
9. Gehörnter

¹⁾ Im natürlichen Grasbestand der Lombardei nur zweijährig, und diesseits der Alpen nur durch Ansaat verbreitet, in kälteren Lagen durch *Phleum pratense* zu ersetzen.

Schotenflee (*Lotus corniculatus*). 10. Wiesenfalbei (*Salvia pratensis*).
 11. Gemeiner Rümmler (*Carum carvi*). 12. Gemeiner Löwenzahn
 (*Leontodon taraxacum*). 13. Gemeine Schafgarbe (*Achillea mille-
 folium*). 14. Schmalblättriger Wegerich (*Plantago lanceolata*).
 15. Becherblume (*Poterium sanguisorba*). 16. Wiesenknopf (*Sanguis-
 orba officinalis*). 17. Gemeine und Scabiosen-Flockblume (*Centaurea
 jacea* und *scabiosa*). 18. Gemeines Heilkraut oder Bärenklau (*Hera-
 cleum sphondylium*).

Je besser der Grasbestand guter und frischer Wiesen ist, um so mehr
 treten diese Kräuter zurück; je trockener und höher gelegen aber Wiesen und
 Weiden mit gutem Boden sind, um so mehr herrschen sie vor.

Als Wiesen-Unkräuter sind zu bezeichnen:

§. 7.

- a) Die Scheingräser, deren Stengel nicht hohl und gegliedert ist.
1. Binseartige (Cyperaceen), wohin das Wollgras (*Eriophorum*),
 die Binse (*Scirpus*) und hauptsächlich die zahlreichen Arten der Seggen
 oder die Riedgräser (*Carex*) gehören, die vorwiegend den Rasen saurer
 Wiesen bilden.
 2. Simsenartige (Juncaceae), darunter die Simse (*Juncus*, fälschlich
 Binse genannt) und die Hainsimse (*Luzula*).
 3. Kolbenartige (Typhaceae), worunter der Teichkalnus (*Acorus
 calamus*).
- b) Gliederfarn, wohin die Gattung Schaftheu (*Equisetum*) gehört. Auf
 Wiesen findet sich das Sumpfschaftheu (*E. palustre*) und in seichten
 Teichen das Schlamm-schaftheu (*E. limosum*), letzteres für Pferde ein
 sehr gutes Grünfutter¹⁾.
- c) Moose (*Musci*), von denen viele auf trockenen, andere in Sumpfwiesen
 wachsen; z. B.:
 die Torfmoose (*Sphagnum*), deren Vegetation die vorzüglichste Grund-
 lage der Torfbildung ist.
- d) Eigentliche Kräuter. Darunter giebt es welche, die schädlich, ja giftig
 wirken; z. B.:
1. Die Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*), deren tief steckende Zwiebel
 das Ausziehen der Pflanze und Vertilgung um so mehr erschwert, je fester
 der Boden ist.
 2. Die Hahnenfuß- oder Ranunkelarten, von denen der kriechende
 Hahnenfuß (*Ranunculus repens*) durch seine oberirdischen wurzelnden
 Ausläufer bei der Ernte sehr hinderlich wird.
 3. Wasserschiefeling (*Cicuta virosa*), in Büschen und Gräben.

¹⁾ Das Schaftheu (Duwock) ist auf Wiesen ein lästiges Unkraut und seiner tief-
 gehenden Wurzeln halber sehr schwer zu vertilgen. Man will dagegen Chlorcalcium-
 Lösung (600 kg pro Hektar zum Preise von 12 bis 18 Mk.) erprobt haben.

4. Hahnenkamm oder die Aker- und Wiesenklapper (*Rhinanthus crista galli* und *minor*).
5. Wiesenkuhweizen (*Melampyrum pratense*).
6. Sumpfläuselfraut (*Pedicularis palustris*).
7. Husflatticharten (*Tussilago*), wie die Wasserflette (*T. petasites*) und der Roßhuf (*T. farfara*).
8. Hauhechel (*Ononis*).
9. Rohdistel (*Cirsium oleaceum*), deckt mit ihren breiten Blätterbüscheln den Boden und verdrängt das Gras.
10. Wiesen Schaumkraut (*Cardamine pratensis*) von scharfem, bitterem Geschmack.
11. Gemeines Heidekraut (*Erica vulgaris*) auf trockenen Stellen und die Sumpfsheide (*Erica tetralix*).
12. Die Sumpfdotterblume (*Caltha palustris*), bedeckt in sumpfigen Wiesen schon im Frühling mit ihren breiten Blättern und hochgelben Blüthen große Strecken und unterdrückt durch üppige Vegetation das Bodengras.
13. Gemeine Beinwell (*Symphytum officinale*).
14. Der breit- und schmalblättrige Wassermerk (*Sium latifolium* und *angustifolium*) u. a. m.

§. 8. Die Kenntniß der gesammten Wiesenvegetation ist für den Techniker von hoher Bedeutung, denn sie sagt dem Kundigen auf den ersten Blick, welcher Art die Verbesserung sein muß, die in den verschiedenen Lagen nöthig ist: ob er vorzugsweise entwässern oder bewässern, ob er düngen und Erde aufbringen, ab- oder auftragen muß, und von welcher Beschaffenheit das Wasser ist, das er für seine Zwecke benutzen soll. Denn er hat die natürlichen Bedingungen zu erkennen, unter denen die Pflanzen gedeihen und verkümmern; er weiß die guten Wiesenpflanzen in ihrer Entwicklung zu unterstützen und dadurch die schädlichen zu verdrängen; denn diese sterben ab, wenn die Bedingungen ihres Wachstums — Feuchtigkeit oder Trockenheit, fließendes oder stehendes Wasser, Gebundenheit und Undurchlässigkeit und der ihnen zuzugende Wärmegrad des Bodens — entsprechend verändert, die Samen- und Wurzelentwicklung verhindert werden ¹⁾.

Von ganz besonderer Wichtigkeit ist die Kenntniß der Gräser und ihrer Vegetationsbedingungen für die Ansaat neuer Wiesenflächen und für richtige Beurtheilung der Qualität des Kieselwassers (§. 66 u. f.).

4. Die Bildung der Grasnarbe.

a) Durch Rasenbedeckung.

§. 9. Soll Neu- oder Culturland zu Wiesen umgeschaffen werden, so wird dies am sichersten und schnellsten durch Aufdecken von anderweit gewonnenem Rasen

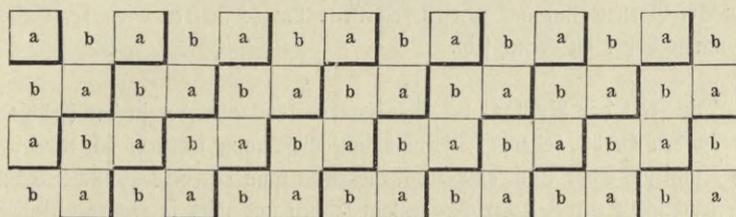
¹⁾ Dr. Trommer, Die Bonitirung des Bodens vermitteltst wild wachsender Pflanzen. Greißwalde 1853.

erreicht. — Man erhält solchen an Wegen, auf Weiden und in Waldungen und erreicht dadurch die raschere Bildung einer geschlossenen Grasnarbe — dieser hauptsächlichsten Grundlage einer jeden Wiesenkultur. Selbst wenn in diesem Rasen auch die Wurzeln und Sprossen weniger guter Gräser und Kräuter vorfindlich und in einander verwachsen sein sollten, so werden doch bald auf passendem Boden und noch mehr bei entsprechender Wässerung und sonstiger Düngung die besseren Gräser und Kräuter die Oberhand gewinnen und einen günstigen Ertrag sichern, wenn zugleich guter Samen aufgestreut, auch wohl im Kieselwasser zugeführt wird.

Wo es an Rasen zur Bedeckung der ganzen Fläche fehlt, ist ein theilweises Auflegen zwar geboten, es kann aber in verschiedener Art bewirkt werden, indem man den Rasen entweder geschlossen deckt, soweit eben der Vorrath reicht, oder solchen ins Geviert legt, so daß immer zwischen vier Rasen (a) der Raum eines solchen (b) leer bleibt und mit Erde gefüllt wird, Fig. 2, oder endlich dadurch, daß man alle Rasen vereinzelt in gleichen Abständen aufdeckt.

Man bezeichnet die beiden letzten Methoden mit „Zmpfen“ des Rasens, wird aber nur bei fruchtbarem frischen Boden einen raschen Erfolg haben, und

Fig. 2.



eine gleichmäßige Oberfläche erhalten, wenn darauf gesehen wird, daß die lockere Erde zwischen den Rasen hoch genug angeschüttet, nach erfolgter Senkung keine Vertiefung zurückläßt und passend angesät wird.

Das Vertheilen von Rasenstücken oder Queckenwurzeln zc. über den gelockerten Boden und festes Anwalzen ist zwar billiger, aber immerhin nur als Nothbehelf anzusehen, weil eine derartige Rasenbildung längere Zeit erfordert.

b) Ansaat der Gräser.

In Ermangelung von Rasen muß zur Aussaat von Grassämereien ge- §. 10.
schritten werden. Hierbei sind Art und Zeit der Ausführung wie die Auswahl und Menge des Samens von höchster Wichtigkeit.

Die Vorbereitung des Bodens erfolgt bei größeren Flächen mit Pflug, Egge, Dornschleife und Walze, bei kleineren mit Spaten und Rechen.

Eine genügende Lockerung und Zerkleinerung der oberen Krume gestatten eine leichte Bedeckung des feinen Grassamens, wie auch die davon abhängige Keimung, Entwicklung und Verästelung der jungen Faserwurzeln und Wurzel-

sprossen; denn hiervon ist eine sichere und rasche Bildung des neuen Rasens vorzüglich bedingt.

Wie oft die Bearbeitung erfolgen muß, um die nöthige Würbung zu geben, hängt von der Bodenbeschaffenheit und der Witterung ab. Kann dieselbe vor Winter erfolgen und mit einer Düngung verbunden werden, so wird diese Winterbrache besonders gebundeneren Boden für eine Frühjahrsfaat sehr gut vorbereiten und häufig jede weitere Umarbeitung unnöthig machen.

Je leichter der Boden ist, um so weniger darf derselbe bearbeitet werden, damit die zum Keimen des Grassamens erforderliche Feuchtigkeit nicht daraus entweicht, der Boden vielmehr in frischem Zustande verbleibt. Am besten wird derselbe durch Umspaten für die Saat hergerichtet; die dadurch bewirkte Vertiefung und Mischung der Krume ist ebenso gut auf keine andere Art zu erreichen und die nöthige Zerkrümelung und Planirung vollendet der Rechen, ohne daß die erlangte Würbung wieder durch den Tritt der Menschen und Thiere aufgehoben wird.

Bei Unterlassung einer fachgemäßen Planirung ist die Bildung eines gleichmäßig ebenen Rasens und seine spätere ungehinderte Beerntung erschwert.

Je mehr daher die gerade vorliegenden Verhältnisse die Durchführung einer Art Gartencultur auf Wiesen gestatten, um so sicherer wird der Erfolg und um so höher die Rente sein.

§. 11. **Die Zeit der Ausfaat** des Grassamens kann entweder in das Frühjahr oder in den Herbst fallen. Die natürliche Besamung vollzieht sich etwa von Ende Juni bis Ende Juli, aber der Grassamen kann erst bei herbstlicher Kühle und Feuchtigkeit zur Zeit der Roggenfaat keimen und wird in trockenen Jahren bis in den Spätherbst ungekeimt liegen bleiben.

Je später die Keimung erfolgt, je größer die Meereshöhe, je rauher und schneeloser der Winter und je ungeschützter die junge, frische, gekeimte Saat (ohne Ueberfrucht) ist, um so mehr wird solche von den Unbilden der Witterung leiden und um so weniger ist bei Herbstfaat der Gräser auf Gelingen zu hoffen.

Je geschützter dagegen die Lage, je milder der Winter und je frischer der Boden, um so sicherer und unbedenklicher wird die Herbstfaat sein.

Im Allgemeinen ist im Klima von Deutschland die Frühjahrsfaat vorzuziehen und um so früher vorzunehmen, je trockener Klima und Boden sind und je mehr die Winterfeuchtigkeit zu benutzen ist, um das Keimen des Samens zu ermöglichen. Die beste Saatzeit fällt mit dem Erwachen der Grasvegetation zusammen, sie kann aber in frischen Lagen bis Ende Mai ausgedehnt werden, wodurch man der Gefahr des Erfrierens der feinen Grasspitzen durch Spätfröste um so sicherer entgeht; denn bekanntlich leidet in einem naßkalten Frühling sogar das frisch sprossende Gras des älteren Rasens und eine verminderte Heuernte ist die Folge des mangelnden Bodengrases.

Die Auswahl und Menge des Samens. Bei Wiesen handelt es sich §. 12. um ein Gemenge von Samen und nicht, wie in Gärten und Futterfeldern, um die Anfaat und Pflege einzelner Gräser und Klearten.

Am naheliegendsten war früher die Benutzung der sogen. „Heublumen“, d. h. des feinen Abfalls vom Heu; jedoch sind darin meistens unreife, taube oder nur keimfähige Samen solcher Gräser und Kräuter enthalten, die schon zur Zeit der Heuernte gereift und theilweise auch als Unkräuter anzusprechen sind. Ein lückenhafter Rasen, Zeit- und Ernteverlust sind die natürliche Folge.

Jeder rationelle Techniker und Kieselwirth muß daher von der sogen. Heublumenfaat gänzlich absehen und stets eine regelrechte Besamung bevorzugen¹⁾. Die hierfür maßgebenden wissenschaftlichen und praktischen Grundlagen werden im Anhang (§. 60 bis 82) eingehend erörtert.

Hier ist nur das Ergebnis neuerer Untersuchungen über die Auswahl der Grasarten, ihr Mischungsverhältniß und das Gewicht der Ausfaat pro Hektar tabellarisch in runden Zahlen anzuführen; die Begründung wird im Anhang gegeben.

Ausgewählte „edle“ Grasarten	Reinjaat für ein Hektar (40 kg Nettogewicht)		Angenommener mittlerer Gebräuchswert Proc.	Bruttogewicht der Saat für ein Hektar	
	mit	ohne		mit	ohne
	Fuchsschwanz kg	Fuchsschwanz kg		Fuchsschwanz kg	Fuchsschwanz kg
1. Fuchsschwanz (<i>Alopecurus pratensis</i>)	6,5	—	30	21,8	—
2. Französisches Raygras (<i>Arrhenatherum elatius</i>)	17,8	21,3	42	42,3	50,6
3. WiesenSchwingel (<i>Festuca pratensis</i>)	9,1	10,8	64	14,2	17,0
4. Gemeines Rippengras (<i>Poa trivialis</i>)	1,3	1,6	35	3,8	4,5
5. Wiesenrippengras (<i>Poa pratensis</i>)	2,0	2,3	36	5,4	6,4
6. Fioringras (<i>Agrostis alba</i>)	0,5	0,6	58	0,9	1,0
7. Timothygras (<i>Phleum pratense</i>)	2,8	3,4	85	3,3	4,9
	40,0	40,0		91,7	83,5

Will man außer den sieben Gräsern noch eine Ueberfrucht geben, so eignet sich hierzu unter den edlen Gräsern besonders das italienische Raygras (*Lolium italicum*), weil es zwar nur zweijährig aber rasch wachsend ist, in der ersten

¹⁾ Ein kleinerer Samenbedarf kann durch eigenes Sammeln auf Wiesen und Futterfeldern durch Rinder billig und gut beschafft werden, wobei die verschiedene Reifezeit der Grasarten und das Nachreifen bei luftiger Aufbewahrung in dünner Schicht bis zu völliger Trockenheit und dem Einfüllen in Säcke wohl zu beachten ist.

Auch kann der Anbau einzelner Grasarten und deren Samengewinn für den Großhandel gewinnreich sein.

Zeit die Ernte an gutem Futter vermehrt und früh genug abstirbt, um die Entwicklung der bleibenden Gräser nicht zu behindern; man kann davon 10 bis 12 kg pro Hektar neben den übrigen 40 kg reiner Samen aussäen.

§. 13. Ein oberflächlicher Vergleich dieser Tabelle mit älteren Literaturangaben zeigt nicht unwesentliche Verschiedenheiten gegenüber den auf bloße Meinungen hin zusammengesetzten Mischungsrecepten in:

1. der Beschränkung auf einige wenige beste Grasarten, allein geeignet für eine Kieselwiese;
2. in der Beachtung der werthvollen Untersuchungen der Samencontrolstationen über die Körnerzahl reiner Saat im Kilogramm und den wechselnden Gebrauchswerth der käuflichen Saat;
3. in dem unbeirrten Festhalten an der positiven Erfahrung, daß Kieselwiesen, welchen stets das zur Anfeuchtung unentbehrliche Wasser zugeführt werden kann, in der Ansaat anders zu behandeln sind, als trockenere Lagen und Futterfelder.

Es ist auch unbedenklich, die angegebene Mischung in der Hauptsache auf nicht bewässerbare Wiesen anzuwenden, wenn Tieflagen und Grundwasserstände die Frische und Feuchte in der Oberkrume erhalten, welche die Grasnarbe zu ihrem gedeihlichen Austrieb bedarf und besonders auch für künstliche Düngung gesorgt wird.

Auch für Wiesen, welche im Wechsel gemäht und beweidet werden, eignet sich dieselbe Mischung mit dem Vorbehalt, daß der jährliche Regenfall und seine Vertheilung auf die Vegetationsperioden das Gedeihen der Grasnarbe sichert.

Bei der Ansaat von Wiesen, welche nur der Weide dienen sollen, sind Abweichungen von der Mischung in dem Sinne geboten, daß die Saatmenge des französischen Raygrases sehr abgemindert und diejenige der beiden Poa-Arten ihrer Körnerzahl und ihrem Gebrauchswerth gemäß wesentlich erhöht werden.

5. Vom Boden.

§. 14. Die Beschaffenheit der Bodenschicht (Krume), welche die unmittelbare Unterlage für die Grasnarbe bildet, ist für deren gedeihliche Entwicklung von hoher Wichtigkeit; auch der Untergrund ist seiner physikalischen Eigenschaften, namentlich der geringeren oder größeren Durchlässigkeit wegen von großer Bedeutung für Wässerungswiesen.

Den hauptsächlichsten Anhalt für die Beurtheilung der Krume und des Untergrundes aller Kulturländereien, also auch der Wiesen, bietet ihre geologische Entstehung; danach hat man es entweder mit einem Gebirgsboden zu thun, der am Ursprungsort oder in dessen Nähe lagert, oder es ist der Boden ein Anschwemmungsgebilde und aus den Trümmern und Verwitterungsproducten verschiedener oft weit von dem ursprünglichen Lagerort

fortgetragener Gebirgsarten entstanden, die durch einen großartigen Schlämmpocess innig mit einander vermischt wurden¹⁾.

Auf jeder Kieselwiese wird derselbe Proceß im Kleinen künstlich eingeleitet und unterhalten, und da jedes Gewässer aus den Gesteinen und Bodenarten, welche es durchfließt, fortwährend kleinere und größere Erdpartikelchen mit sich führt, so kann dadurch die Natur und Zusammensetzung des ursprünglichen Bodens der Wiese und ihrer Grasnarbe in der Zeit bedeutend abgeändert, verbessert und selbst verschlechtert²⁾ werden, weil mit der unausbleiblichen Erhöhung der Kieselwiese die chemische und physikalische Beschaffenheit ihrer Krume nothwendig abgeändert werden muß³⁾.

Im Allgemeinen werden ursprünglich angeschwemmte Bodenarten fruchtbarer sein als der Gebirgsboden. Die wechselnde Fruchtbarkeit des Bodens, sein Verhalten gegen die Verwitterungsagentien: Luft und deren Sauerstoff, Kohlensäure, Ammoniak und Salpetersäure, gegen das Licht und die Wärme, werden stets durch das Meteor- und noch weit mehr durch das Kieselwasser und die Beschaffenheit des letzteren beherrscht. Gutes fruchtbares Wasser wird auf vielen Wiesen die ungünstigen Eigenschaften des Bodens abändern und verbessern, in welchen Fällen die Beschaffenheit des Wiesenbodens im Vergleich zum Ackerboden an Wichtigkeit verliert.

In diesem Sinne kann seine Bedeutung als Grundlage für den Grasswuchs zurücktreten; es wird aber in allen Fällen auch bei Wässerungswiesen nur da der höchste und sicherste Ertrag erzielt werden, wo eine entsprechende Beschaffenheit des Bodens und des Wassers mit einer rationellen Behandlung zusammenwirken.

a) Die obere Bodenschicht.

Auf Wiesen ist die obere Bodenschicht von der unmittelbaren Einwirkung §. 15. der Atmosphäre durch die Grasnarbe abgeschlossen. Äußere Einflüsse können

¹⁾ Vergl. Dunkelberg, Die landw. Taxationslehre und das Bonitiren der Ländereien. Braunschweig 1898.

²⁾ So führen die Wildgewässer der Alpen, welche Alpenkalk und dolomitische Gesteine durchströmen, in ihrem mit den zertrümmerten, zerriebenen und geschlammten Massen stark beladenen Wasser ein schädliches Substrat in so gehäuftem Maße mit sich, daß es die damit bewässerten Matten schädigt, während die Wildbäche, welche Thon- und Glimmerschiefer durchfließen und deren fein vertheilte Partikelchen mit sich führen, einen sehr fruchtbaren Schlamm auf den Wiesen absetzen.

³⁾ de Gasparin hat diese Abänderung des ursprünglichen Bodens durch die genaue physikalisch-chemische Studie einer Kieselwiese im Rhonegebiet nachgewiesen; die feinsten abschlämmbaren Theile des ursprünglichen Bodens mit 19,40 Proc. waren durch die feinen Sinkstoffe des Wassers bei italienischer Kieselmethode allmählich auf 49,50 Proc. erhöht und der frühere Kalkgehalt von 40 Proc. auf 30 Proc. erniedrigt. Die so verbesserte Wiese brachte in drei Schnitten ohne Nachweide 15 000 kg vergohrenes Heu. Vergl. Dunkelberg, Encyclopädie der Kulturtechnik, II. Bd., S. 272.

daher die Verwitterung und Aufschließung der Bodenbestandtheile nicht in dem Maße wie bei der Ackerkrume beschleunigen, und deshalb ist es so wichtig, die unmittelbar unter dem Rasen liegende Bodenschicht, welche durch abgestorbene Pflanzentheile bereichert, durch den Einfluß der Vegetation aufgeschlossen, auch durch den Frost und die Einwirkung des einsickernden Wassers und der darin gelösten Pflanzennahrungsstoffe fruchtbar ist, als unmittelbare Unterlage der Grasnarbe unter allen Verhältnissen zu erhalten und bei etwaiger Umformung der Oberfläche nicht zu vergraben. Denn die Gräser wurzeln mit ihrem feinen Wurzelgeflecht nur in der obersten Bodenschicht und sind deshalb nicht geeignet, den Untergrund selbst, gleich den tiefwurzeln den Klee- und anderen Pflanzen mit Spindelwurzeln auszunutzen.

Die obere Krume muß daher unter allen Umständen da, wo Ab- und Auftrag stattfindet, zurückgeworfen und bei der Planirung wieder unter den Rasen gebracht werden.

Je mächtiger diese Krume und je reicher dieselbe an aufgeschlossenen Alkalien (neben wenig Kalkerde) und an löslicher Phosphorsäure und Kieselserde ist, um so mehr wird sie das Wachsthum der Gräser befördern können.

b) Der Untergrund.

§. 16. Der Untergrund ist entweder von derselben oder einer ähnlichen Beschaffenheit wie die obere Krume, oder in Folge seiner Entstehung ganz verschieden von dieser zusammengesetzt. Fast immer ist er ärmer an aufgeschlossenen (löslichen) Pflanzennährstoffen, ein sogen. roher Boden. Er kann daher nicht als unmittelbare Unterlage für die Grasnarbe dienen und muß bei Auf- und Abtrag streng von der oberen Krume getrennt, für sich verarbeitet und stets wieder mit fruchtbarer Erde gedeckt werden, wenn ein freundiges Gedeihen der Grasnarbe von vornherein gesichert bleiben soll.

Der Untergrund ist entweder durchlassend oder undurchlassend, und staut im letzten Fall das in den Wiesen vorfindliche oder darauf geleitete Wasser gegen die Oberfläche zurück, was schädlich auf die Grasnarbe einwirkt, wenn diesem Uebelstande nicht durch Lockerung und Entwässerung abgeholfen wird.

Es ist daher für die Wiesenpflanzen unter allen Umständen zuträglich, wenn der feste, sogen. gewachsene und undurchlassende Untergrund mindestens auf 15 bis 20 cm bearbeitet und gemürrt wurde, bevor die obere Erdschicht aufgebracht und mit Rasen gedeckt wird. Fehlt die fruchtbare Erdbedecke oder ist solche nur in ungenügendem Maße vorhanden, so ist es besser, den Untergrund erst mit Rasen zu decken oder anzusäen, wenn er einer wiederholten Brachbearbeitung unterworfen, dem Frost ausgesetzt, gedüngt und zum Anbau von Hackfrüchten benutzt wurde.

Es kommt vor, daß die Beschaffenheit des Untergrundes zur Gräserzeugung günstiger als die der Oberkrume ist, daß diese z. B. aus reinem Sand besteht,

während jene Lehm ist, und daß eine theilweise Mischung beider vortheilhaft werden kann. Wird dabei mit Umsicht verfahren und ist ein allmähliches wiederholtes Versinken des heraufgebrachten Lehmes unter den Sand nicht zu befürchten, so kann dadurch eine bleibende Verbesserung des Bodens herbeigeführt werden. Ein Untergrund, der aus Thon, Gerölle, zertrümmertem oder geschlossenem Felsen besteht, ist in der Bearbeitung kostspielig, dadurch leicht zu naß und zu kalt, oder zu trocken und zu warm.

Im Allgemeinen aber wird ein durchlassender Untergrund für eine Wässerungswiese günstiger als ein undurchlassender sein.

Der in Wiesen vorkommende Boden kann trotz seiner unendlichen Verschiedenheit in folgende Hauptgruppen gebracht werden. §. 17.

Thonboden. Je mehr der Thon in diesem Boden vorwaltet, um so größer ist der Zusammenhang seiner Theile, um so mehr hängt er im feuchten Zustande an die Werkzeuge an und um so schwieriger ist seine Bearbeitung; er heißt deshalb ein schwerer Boden. Die schwierige Trennung des schwersten Thonbodens in einzelne kleine Bodenpartikelchen, sowie seine Eigenschaft, im Wasser in einen feinen Teig zu zerfließen und ausgetrocknet zu einer festen undurchlassenden Masse zu erhärten, erschwert das Eindringen der feinen Graswurzeln und das Anwachsen des Rasens.

Auf schwerem, sogen. fettem Thon schält sich der damit weniger innig verwachsene Rasen, wenn der Boden nicht zu trocken ist, leichter, und die feste Unterlage erlaubt sogar die Anwendung eines Rasenschälpluges, da dieser, richtig eingesetzt, immer in gleicher Tiefe fortgleitet und einen Rasen von derselben Dicke liefert.

Je mehr der Thongehalt zurücktritt, der Boden also geringeren Zusammenhang zeigt, sich leichter bearbeiten läßt und durchlassender wird, um so geeigneter ist er zu Wiesenland. Stets aber erfordert der Thonboden eine durchgreifende Entwässerung, und bei Trockenheit eine öfters wiederholte, nicht zu starke Anfeuchtung, damit er sich nicht zusammenzieht, Risse und Sprünge bildet und die Graswurzeln zerreißt. Im nassen Zustande ist der Thonboden durch fortwährende Wasserverdunstung kalt und begünstigt das Gedeihen der Süßgräser nicht; er bedarf daher zur Anfeuchtung und Verbesserung ein warmes Wasser, und Wiesen mit Thonboden müssen starkes Gefälle haben, auch bei der Bewässerung sehr sorgfältig behandelt werden.

Die Ansaat des Thonbodens ist mißlich, wenn nicht der Rasen mit umgearbeitet und dadurch die obere Schicht gedüngt und gelockert wird. Dies Verfahren ist dem Aufdecken des abgeschälten mit sauren schlechten Gräsern bestandenen Rasens vorzuziehen; geschieht dies dennoch, so muß das Decken auf den noch frischen, nicht aber auf ausgetrockneten Boden erfolgen.

Ein eigentlicher Umbau des Thonbodens, d. h. ein größerer Auftrag ist schwierig, kostspielig und daher nur ausnahmsweise in beschränktem Maße zulässig und rätlich.

So günstig die chemische Beschaffenheit des Thonbodens sein kann, ebenso schädlich können seine physikalischen Eigenschaften werden und die gute Wirkung der ersteren aufheben. Unter allen Böden ist seine Wasser aufsaugende und festhaltende Kraft am größten, was auf die Gräser schädlich wirken kann.

§. 18. **Der Sandboden** ist im Gegensatz zum vorigen ein leichter Boden, der die Bearbeitung nicht erschwert, meistens durchlassend ist, sich schnell und vollständig erwärmt, die Ausbreitung der Graswurzeln und die Entwässerung fördert und deshalb für die Bewässerung bei nicht allzu großer Durchlassendheit und bei richtiger Behandlung sehr geeignet ist. Seine Zusammensetzung und Beschaffenheit wechselt vom unfruchtbaren staubtrockenen Flug- und dem beweglichen Quellsand, in dem kein Graben steht, durch den gröberen, wenig ertragreichen Quarz- bis zum ergiebigen feldspathhaltigen und Glimmersand außerordentlich und stellt im lehmigen Sand einen für Wiesen äußerst geeigneten Boden dar. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Sandbodens gewinnen durch beigemischten Lehm und Thon; er wird reicher an Aschenbestandtheilen und erhält mehr Gebundenheit, die vor allzu starkem Austrocknen schützt.

In dieser Beziehung ist es auch von großer Wichtigkeit, ob der Untergrund ebenfalls aus Sand besteht, oder mehr undurchlassend ist.

Keiner Sandboden in trockener Lage erschwert die Ansaat der Gräser und die Neubildung einer Grasnarbe; er sollte daher, soweit nur immer möglich, stets mit Rasen gedeckt und so zur Bewässerung geschikt gemacht werden ¹⁾.

Bei gutem, genügendem Wasser und richtiger Benutzung liefert der Sandboden hohe Erträge. Pakig sagt daher mit Recht: „Wohl dem, der Sand und Wasser hat.“

Der Lehm Boden steht seiner Mischung nach zwischen Thon und Sand in der Mitte und besitzt die guten Eigenschaften beider in erhöhtem Maße, ohne damit ihre Nachteile zu vereinigen. Lehm Boden eignet sich daher vorzüglich für Wiesen und erleichtert eine lohnende Cultur außerordentlich. Er findet sich in unzähligen Abstufungen vom sandigen und thonigen Lehm bis zum lehmigen Sand.

Der Mergel- und Kalkboden. Ein vorzugsweise aus Kalk bestehender Boden eignet sich seiner großen Erwärmungsfähigkeit und hieraus folgender Trockenheit wegen zu Wiesenanlagen nicht. Je mehr aber der Kalk mit Sand, Lehm und Thon gemischt und dadurch zum Sand-, Lehm- und Thonmergel geworden ist, um so eher wird er für diese Cultur tauglich.

¹⁾ Bei Mangel an Rasen kann die Besamung mit Johannis-Roggen, mit Acker-spörgel, Buchweizen die Bindung des Sandes sehr erleichtern und dadurch eine Anfeuchtung und Bewässerung ermöglichen, um die miteingesäeten Gräser zum raschen Keimen und zur Bildung einer Grasnarbe zu vermögen.

Zur Ansaat der Gräser ist ein an Kalk reicher Mergel wenig geeignet, weil ihm die hierzu nöthige Frische fehlt und anhaltende Bewässerung leicht Verschlämmung und nach der Austrocknung Krustenbildung bewirkt. — Rasenbedeckung ist daher vorzuziehen.

Dagegen erzeugen die schweren Thonmergel des Keupers und Muschelkalks bei genügender Entwässerung und Anfeuchtung eine vorzügliche Vegetation der nahrhaftesten Gräser und Kräuter. Die Bearbeitung der Thonmergel ist schwierig, die der Lehmmergel leicht.

Torf- und Moorboden. Beide Bodenarten sind aus einer Vegetation §. 19. von Sumpfpflanzen, wie Torfmoos, Wollgras, Sumpfschide zc., hervorgegangen, welche in stehendem oder nur langsam abfließendem Wasser sich üppig entwickelten, abstarben, unter Wasser einer langsamen Zersetzung und Verwesung verfielen und in jedem Jahre einer neuen Vegetation derselben Pflanzen zum Standort dienten. So bildete sich Schicht auf Schicht und nach Jahrzehnten und Jahrhunderten eine mehr oder minder dicke und dichte Bodenlage von vorzugsweise organischer Beschaffenheit, in welcher die Mineralbestandtheile der Pflanzen sehr zurücktreten. Deshalb und ihrer großen wasserhaltenden Kraft wegen bilden Torf und Moor keine geeignete Unterlage für gedeihliche Entwicklung der Süßgräser. Erst wo die Beencultur den Hochmoortorf entfernt und seine Reste stark mit Sand gemischt hat, sind Weide- und Wiesenanlagen möglich. Im Niedermoor treten Torf und Moor mehr zurück und können durch Mischung mit Sand zc. zu Grasland werden, lassen aber, wo nicht eine starke künstliche Düngung eintritt, an Güte des Futters zu wünschen übrig. Zu eigentlichen Kieflwiesen eignen sie sich ebenso wenig, wie die Kimpau'schen Dammculturen, wenn nicht ein schlickreiches und fruchtbares Wasser zu Gebote steht. Vorbedingung ihrer Cultur ist richtig bemessene Entwässerung; eine zu starke läßt den Torf zu Schollen erhärten und das Moor in ein leichtes Pulver zerfallen, welches der Wind entführt, wenn nicht eine mineralische Decke dem entgegen wirkt.

Das Ausheben von Gräben (im Torf mit fast senkrechten Wänden) ist in beiden Böden leicht und fördernd.

6. Von der Düngung.

Für Wiesen benutzt man entweder festen, d. h. erdigen (unorganischen), §. 20. Pflanzen- und thierischen (organischen) und aus allen diesen Stoffen gemischten Dünger (Compost), oder eine flüssige Düngung, vornehmlich mit Wasser, mitunter auch verdünnte Mistjauche und in der Schweiz die mittelst Wasser aus Stallmist durch Vergärung hergestellte „Gülle“, in welcher Stickstoff und lösliche Salze der Alkalien, aber nie Spuren von Phosphorsäure enthalten sind. Die höchsten Erträge werden zweifelsohne erhalten, wo fester und flüssiger Dünger richtige Verwendung finden.

a) Künstlicher Dünger.

Je mehr die Stallmistdüngung der Wiesen zurücktritt, ohne daß ihr Ertrag an Heu und Grummet leidet, um so reichlicher trägt die Wiese zur Erhaltung und Vermehrung der Fruchtbarkeit des Ackerlandes bei: die Wiese ist dann unabhängig von der Cultur des Ackers.

Diese Unabhängigkeit der natürlichen Grasproduction und deren möglichste Steigerung muß das Streben eines jeden Ackerbauers und Wiesenbesitzers sein, und hiernach ist die Düngung der Wiese, den so sehr wechselnden Verhältnissen zwischen Größe und Beschaffenheit des Ackerlandes und der Wiesen eines jeden einzelnen Gutes entsprechend, zu bemessen.

Welche Stoffe der Wiese in der jährlichen Ernte entzogen werden und demgemäß zu ersetzen sind, ist S. 5 und 8 der Einleitung gesagt. Man unterscheidet hierbei diejenigen, welche, abgesehen vom Dünger, nur der Boden liefern kann — die Aschenbestandtheile der Gräser —, von den Stoffen, welche, wie Kohlenstoff und Stickstoff, auch aus der Luft in Gasform, als Kohlenensäure und Ammoniaksalze aufgenommen werden.

Stickstoff findet sich noch als salpetersaures Salz, Kohlenstoff als freie und an Basen gebundene Kohlenensäure im Boden und Wasser, und werden darin fortwährend durch Verwesung und Fäulniß der Pflanzen- und Thierbestandtheile in leicht löslicher Form entwickelt.

Nichtsdestoweniger haben Versuche gezeigt, daß eine Düngung mit Ammoniak- und salpetersauren Salzen im Frühjahr das Wachsthum der keimenden Grassaat und der sprossenden Gräser wesentlich in der Entwicklung zahlreicher üppiger Blätter und Wurzeln fördert und diese Organe zur weiteren Aufnahme und Verarbeitung der Kohlenensäure in Luft und Wasser, wie der mineralischen Bodennahrung vorzüglich geschickt macht.

§. 21. Für die thierische Ernährung und die Beschaffenheit der dabei entfallenden Excrete sind besonders die stickstoffhaltigen Eiweißstoffe und die Aschenbestandtheile der Ernte von Bedeutung.

In dem jährlichen Ertrag eines Hektars Rieselfiese mit 4000 kg Heu und 2000 kg Grummet können, eine gute Qualität vorausgesetzt, im Mittel etwa enthalten sein:

im Heu . . .	366 bis 388 kg	Rohprotein	und	248 bis 258 kg	Rohasche,
„ Grummet .	230 „ 247 „	„	„	154 „ 167 „	„

also in der Jahresernte	}	596 bis 635 kg	Rohprotein	und	402 bis 425 kg	Rohasche.
----------------------------	---	----------------	------------	-----	----------------	-----------

Bei dem mittleren Stickstoffgehalt der Proteinstoffe von 16 Proc. werden geerntet:

im Heu	58 bis	62 kg	Stickstoff,
„ Grummet.	36 „	39 „	„

in der ganzen Jahresernte 94 bis 101 kg Stickstoff.

Es müssen diese und bei wachsender Ernte noch größere Mengen als Ammoniak- und salpetersaure Salze aus der Luft, dem Boden und dem Nieselwasser den Wurzeln dargeboten werden, weil den Gräsern nicht wie den Klee- und Hülsenfrüchten das Vermögen innewohnt, den freien Stickstoff der Luft durch Wurzelknöllchen und die Mitwirkung der Bacterien aufzunehmen.

In der Asche der obigen Ernten werden dem Boden im Mittel auf einem Hektar in Kilogramm annähernd entzogen, nach Wolff:

	Gesamt- Asche	Kali	Natron	Kalk	Magnesia	Phosphor- säure	Schwefel- säure	Kiesel- säure	Chlor
in 4000 kg Heu . . .	253	67,6	9,3	39,0	17,3	18,1	13,1	72,8	15,7
in 2000 kg Grummet	160	46,9	6,3	21,9	10,7	12,4	8,6	40,8	9,6
	413	114,5	15,6	60,9	28,0	30,5	21,7	113,6	25,3

Die wichtigsten Aschenbestandtheile sind Kali (114,5 kg) und Phosphorsäure (30,5 kg), weil diese in löslicher Form und in größerer als der aufgenommenen Menge vorhanden sein müssen, auch hieran der Boden am ehesten erschöpft wird. Alle übrigen Aschenbestandtheile sind (mit Ausnahme des Kalkes auf manchen Bodenarten) relativ mehr vorhanden oder doch leichter und billiger zu beschaffen.

Es sei hier bemerkt, daß bei der wechselnden Zusammensetzung der Grasnarbe die Analysen verschiedener Heu- und Grummetforten in ihrer Aschenmenge und deren relativer Zusammensetzung sehr verschieden sein können, und daß die obigen Zahlen nicht einmal für mittlere Verhältnisse genau zutreffen werden. Dieselben zeigen aber, welche Stoffe überhaupt zu ersetzen sind und welche Mittel hierzu ergriffen werden müssen.

Am billigsten wird Kali durch die Abraumsalze von Staßfurt in der Form von kainit, schwefelsaurem Kali und Chlorkalium künstlich ersetzt. Will man gleichzeitig etwas Stickstoff geben, so ist eine Beimischung organischer Abfallstoffe und von Chilisalpeter im Frühjahr oder besser von schwefelsaurem Ammoniak nach der Wässerung angezeigt.

Phosphorsäure in leicht löslicher Form finden wir im Superphosphat mit 12 bis 20 Proc.¹⁾ Eine billige Quelle von wenn auch schwieriger löslicher Phosphorsäure ist in fein gemahlene Mineralphosphaten gegeben, die besonders auf torfigen und anmoorigen Wiesen günstig wirken, in-

¹⁾ Auf den ausgedehnten Nieseln der Bockerheide (Westfalen), deren Ernte meist auf dem Halm verkauft wird, ist eine Düngung mit Superphosphat in Mengen von 100 kg pro Hektar allgemein gebräuchlich und lohnend, weil das Nieselwasser und seine Schlacktheile auf dem dortigen Sandboden für den Ersatz der jährlich in der Ernte entzogenen Aschenbestandtheile nicht hinreichen. — In solchen Fällen gewinnen daher die künstlichen Düngemittel auch für Nieseln eine erhöhte Bedeutung.

dessen auch auf anderen Bodenarten und bei entsprechender Wässerung ihre allmähliche Wirksamkeit nicht versagen. — An den übrigen Stoffen ist weit seltener besonders im bewässerten Boden Mangel.

Auf durchlassendem Boden kann die Phosphorsäure im wasserlöslichen Superphosphat von den Gräsern zum Theil ungenutzt verloren gehen. Es ist deshalb rätlich, diese wichtige Säure in (nur citratlöslichem) Phosphatpräcipitat zu geben, welches 10 bis 17 Proc. davon enthält.

Noch billiger ist das im Boden allmählich sich völlig aufschließende Thomasschlackenmehl (mit 14 bis 22 Proc. Phosphorsäure und etwa 50 Proc. Kalk), welches, weil unlöslich in Wasser, sich besonders auch durch seine mehrjährige Nachwirkung für Kieselwiesen eignet¹⁾. Vergl. den Anhang.

- §. 23. Mit der von den Pflanzen aufgenommenen Phosphorsäuremenge steht die Bildung von Eiweiß im Verhältniß; es wird daher die gleichzeitig erhöhte Ernte an Heu und Grummet um so nahrhafter sein, je weniger es dem Boden an aufnehmbarer Phosphorsäure mangelt. Diese wissenschaftlich begründete Erfahrung wird von manchen Wiesenbesitzern noch zu wenig beachtet.

Die Düngung auch der Kieselwiesen mit Phosphaten und Kalisalzen²⁾ gewinnt (ihrer niedrigen Preise wegen) derzeit überall und besonders dort eine erhöhte Bedeutung, wo das verwendbare Kieselwasser zum vollen jährlichen Ersatz dieser beiden durch Heu und Grummet oder durch Weiden entzogenen Aschenbestandtheile nicht hinreicht.

Besonders eignen sich daher beide Düngemittel für das italienische Kieselverfahren mit sehr eingeschränkter Wasserverwendung und gestatten seine erweiterte Ausnutzung auch diesseits der Alpen, damit aber auch zugleich eine Flächenvermehrung des bewässerten Geländes durch Verminderung des Wasserbedarfs³⁾ auf der Flächeneinheit.

Man sieht leicht ein, daß kleine Mengen jener künstlichen Düngemittel ohne Kieselwasser nicht leicht auf die Fläche eines Hektars so vertheilt werden können, daß gerade die erforderliche Menge von allen Graspflanzen aufgenommen

¹⁾ In diesem Schlackenmehl kostet das Kiloprocent Phosphorsäure etwa nur die Hälfte wie im Superphosphat und man giebt gleichzeitig eine beschränkte Kalkdüngung.

²⁾ Die rohen Kalisalze enthalten nicht unbedeutende Mengen Chlor und Magnesiumsalze, welche, im Uebermaß im Frühjahr gegeben, sowohl auf die Vegetation, wie auf Weidethiere schädlich einwirken können. Es ist daher das Ausstreuen im späten Herbst nach erfolgter Bewässerung geboten.

³⁾ Mancher Landwirth wird allerdings bei seiner Vorliebe für den Ackerbau wenig geneigt sein, den Wiesen künstliche Düngemittel zuzuführen, so lange das Ackerland deren bedarf; inwieweit dies angebracht und lohnend ist, muß der wirthschaftliche Calcul entscheiden. Im Allgemeinen ist aber die einseitige Bevorzugung des Ackerlandes und die entschiedene Vernachlässigung der Wiesen mit künstlicher Düngung ein beklagenswerther wirthschaftlicher Irrthum, besonders dann, wenn es sich um Kieselwiesen handelt, und die Kleefelder zc. bei anhaltender Dürre versagen.

werden kann. Auch bleibt bei etwa mangelnder Feuchtigkeit ein Theil ungelöst.

Nichtsdestoweniger bringen selbst relativ kleine Mengen von Kali und Phosphorsäure auf Wiesen einen überraschenden Erfolg hervor, wenn es gerade hieran und nicht an anderen Stoffen, z. B. an Kieselsäure, Kalk, Magnesia oder Schwefelsäure, fehlt. Fehlt aber nur ein einziger der für eine gewisse Ernte erforderlichen Aschenbestandtheile, so können auch alle überschüssig vorhandenen Stoffe nicht zur Wirkung gelangen: die Erzeugung der obigen Mittelernte guter Wässerungswiesen ist unmöglich.

Ein an Aschenbestandtheilen der Graspflanzen reicher Dünger ist die Holz- §. 24. asche, besonders die von Buchenholz, welche in Procenten enthält:

Kali	Natron	Magnesia	Kalk
11,81 bis 13,17	1,68 bis 3,04	9,05 bis 13,4	37,86 bis 39,78
	Phosphorsäure	Kieselsäure	
	6,05 bis 10,29	5,53 bis 8,25	

In der §. 21 berechneten Aschenmenge der Ernte ist das Verhältniß der Phosphorsäure (30,5) zum Kali (114,5) und Kalk (60,9), wie 1:3,754:1,91, in der Holzasche etwa wie 1:1,53:9,5. Eine Düngung der Wiese mit Holzasche giebt daher relativ zu wenig Kali und einen bedeutenden Ueberschuß an Kalk. Das letztere ist auch der Grund, warum nach kräftiger Aschendüngung Kleearten und Hülsenfrüchte, deren Asche kalkreich ist, üppig gedeihen. Auf guten Wiesen sollen aber die Gräser vorwalten, weshalb Holzasche erst nach begonnener Vegetation in das schon aufgeschossene Gras verwendet werden sollte, wie dies bei Siegen und im Innthal üblich ist.

Braunkohlen-, Torf- und Steinkohlensasche sind für sich allein meist von sehr untergeordnetem Werthe, jedoch zur beschränkten Mischung mit Auswurfstoffen der Menschen und Thiere, mithin zur Compostbereitung brauchbar.

b) Compostdünger.

Zu Wiesen-Compost geeignete Stoffe sind leider vielfach mit Unkraut- §. 25. samen vermischte Pflanzenabfälle aus Scheunen, vom Hofe und Felde, todt Thiere und etwas gebrannter Kalk, der für sich allein auf Wiesen stark aufgestreut ungünstig wirken kann. Ferner Mergel, Bauschutt, Rasen, Wegschlamm und fruchtbare Erde von Gräben und Rainen, mehrfach umgearbeitet und zur Förderung der Fäulniß mit Mistjauche und mit einzelnen Lagen Pferde- und Schweinemist durchsetzt.

Dieser Compost darf erst nach vollkommener Reife verwendet werden, wenn keine rohe Erde und unverfaulter Mist sichtbar, sondern alles in eine schwärzliche, krümelnde, gleichförmig gemischte Erde verwandelt ist, was immer Jahresfrist erfordert. Diese Umwandlung erfolgt bei 2 bis 3 m hohen Haufen, die recht sorgfältig umgearbeitet werden, am sichersten, und der Compost ist bei den schlechtesten, namentlich moorigen Wiesen, die entwässert und mit Klee und

Gras angefäet im Frühjahr nach geschehener Compostdüngung förmlich zu Dreib aufgeggt werden, am schlagendsten ¹⁾).

Stallmist für sich zur Düngung der Wiesen zu verwenden, wird nur in sehr wenigen Fällen ausgedehnt möglich sein; die Compostbereitung dagegen ist ein wirtschaftliches Mittel, einen kleineren Theil desselben mit Vortheil zur Graserzeugung zu verwenden und durch die gesteigerte Heuernte auch den Acker wieder zu bereichern.

In Ober-Italien dagegen wird Stallmist allgemein in großen Mengen mit dem Grabenausraum der Wiesen schichtenweise auf Haufen gesetzt und zu Compost verrotten gelassen, um dann im Frühjahr ausgebreitet und durch unmittelbare Bewässerung in die Grasnarbe eingeschlänmt zu werden. Es ist hierbei ein Verlust an löslichen Salzen kaum zu vermeiden, und dieses Verfahren nicht empfehlenswerth. Richtiger ist es, den Compost im Spätherbst aufzubringen und erst im Frühjahr, nach erfolgter regelrechter Reinigung der Wiesen, wieder zu bewässern.

Eine unmittelbare und den bedeutenden Kosten der Compostbereitung und Ausfuhr gegenüber weit billigere und wirksame Düngung liefert der Pferch, wenn die Wiese nicht feucht ist. Auch die Thauröste des Haufs und Leins dient zur Düngung der hiefür benutzten Wiesen; desgleichen das Ausstreuen des Kartoffelkrautes ²⁾ im Herbst. Lösliche Stickstoffverbindungen und Salze werden aus jenen Pflanzen in den Boden gewaschen.

e) Uebererden.

§. 26. Das Ueberstreuen der Wiese mit Erde muß von um so größerer Wirkung sein, je fruchtbarer die Erde und je schlechter die Wiese ist. Ist die Bedeckung nicht zu stark, so wachsen die Gräser bald durch und treiben darin neue Wurzeln und Ausläufer. Auf torfigen und Moorwiesen wirkt selbst gewöhnlicher Sand, noch besser eine Lehm- oder Mergelschicht, mineralisch durch Ergänzung der dem Torfe mangelnden, aber aufgeschlossen nützlichen unorganischen, also chemisch durch die Aschenbestandtheile, die dem Torf fehlen, physikalisch durch die größere Bindung, die dem allzu lockeren Boden dadurch gegeben wird.

Unerläßliche Vorbedingungen der günstigen Wirkung einer jeden Düngung auf nassen Wiesen ist deren sachgemäße Entwässerung, mit dem Vorbehalt, daß die unbedingt nothwendige Bodenfrische nicht darunter leidet.

d) Flüssige Düngung.

§. 27. Der billigste und zweckmäßigste Dünger für Wiesen ist das Wasser.

Reines Wasser (eine chemische Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff) kommt in der Natur nicht vor; es ist stets mehr oder minder

¹⁾ Nach den mehrjährigen, in ausgedehnter Weise gemachten Erfahrungen des Landraths von St. Paul auf Zädnitz bei Zinten in Ostpreußen. Ueber die dort erzielten ausgezeichneten Resultate mit Compostdüngung vergl. Dünkelberg-Fries a. a. O., S. 88 u. f.

²⁾ Dessen Asche enthält im frischen Zustande an 30 Proc. Alkalisalze.

verunreinigt durch Stoffe, die es entweder gelöst, d. h. in eine gleichartige Flüssigkeit verwandelt oder nur suspendirt, d. h. als feinere oder gröbere Theile, die darin schwimmen, enthält. Das unreine Wasser wird davon gefärbt und getrübt und setzt in der Ruhe Schlamm oder Schlick ab, der aus fein vertheilten Erdtheilchen, Pflanzen- und thierischen Bestandtheilen mechanisch gemischt ist.

Alle Aschenbestandtheile der Pflanzen sind, wenn auch in wechselnden Mengen, in solchem Schlamm enthalten und finden sich in der Regel in weit größerer Menge als in der Ackererde vor; denn an Kali enthält der Schlamm des Rheins, der Weichsel und des Nils von 1 bis 1,4 Proc., der Gehalt an Phosphorsäure steigt mitunter bis zu 0,4, und derjenige an Kieselsäure bis zu 55 und 66 Proc. Die Schlammmenge, welche größere Flüsse jährlich dem Meere zuführen, beträgt Millionen Cubikmeter, und selbst das als rein von suspendirten Theilchen erscheinende Wasser enthält immer noch Schlick, den es zwischen den Graspflanzen hindurchrieselnd theilweise oder völlig ablagert und so die in der Ernte entzogenen Bestandtheile wieder ersetzt ¹⁾.

Von Natur am reinsten ist das Regenwasser; das Quellwasser steht demselben am nächsten, während Teich-, Bach- und Flußwasser in der Regel die meisten Stoffe gelöst und suspendirt enthalten.

Das Quellwasser. Regen- und Schneewasser verdunsten theilweise und §. 28. sinkern zum andern Theil in die Erde ein, sammeln sich in Klüften und Höhlen und treten als Quellen wieder zu Tage. Aus der Luft werden Kohlensäure und Ammoniak aufgenommen und helfen die Lösung der Bodensalze vermitteln, die nach der Zusammensetzung der durchfunkenen Erdschichten in Art und Menge sehr verschieden sind.

Bolger hat wahrscheinlich gemacht, daß es nicht nur die wässerigen Niederschläge sind, welche die Quellen speisen, sondern auch der Wasserdampf der Luft, welcher, in den Untergrund und größere Tiefen eindringend, sich in tropfbarflüssiger Form niederschlägt.

Im Allgemeinen ist das Quellwasser arm an gelösten Stoffen, daher in der Regel für düngende Wässerung von geringer Bedeutung. Wichtiger ist seine Temperatur, die während der Vegetationszeit meist viel niedriger steht, als die der Luft, dagegen während des Winters um so geringere Schwankungen zeigt, je tiefer die Quelle zu Tage tritt.

Künstliche, im Schotteruntergrunde der Lombardischen Tiefebene erschürfte Quellen (Fontanili) dienen ausgedehnt der Bewässerung der dortigen Winterwiesen (Marciten), weil die Temperatur dieses Grundwassers im Frühjahr höher ist, als die der Luft, und schon im März-April den Grasschnitt ermöglicht ²⁾.

¹⁾ Vergl. Dünkelberg-Fries a. a. D., S. 101 und Encyclopädie der Kulturtechnik, Bd. 1, S. 221 bis 248.

²⁾ Dünkelberg, Culturtechnische Skizzen aus Oberitalien. Landw. Jahrbücher 1881.

Kaltes Quellswasser erfordert eine vorsichtige Benutzung, besonders zur warmen Jahreszeit und auf an sich feuchten und auf kälteren thonigen Bodenarten, während seine lösende und anfeuchtende Kraft auf trockenen und dürren und deshalb warmen Lagen, auf Sand-, kalkhaltigem und leichtem Lehmboden bei richtiger Behandlung bessere Dienste leisten kann.

Indessen legt man häufig dem in den Wiesen auftretenden Quellswasser behufs der Bewässerung ein viel größeres Gewicht bei, als es seiner relativ geringen Menge und Armuth an gelösten Stoffen wegen an und für sich haben kann.

Mitunter enthält das Quellswasser lösliche Eisensalze, ist durch Humussäure gefärbt und wirkt dann schädlich auf die Gräser, wenn nicht zuvor diese Stoffe durch die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft oxydirt worden sind, was durch Erwärmung an der Sonne und dünne Vertheilung des Wassers beim Laufen über Wehze und Kiesel befördert wird. Starke Quellen können in ihrem weiteren Verlaufe für die Kieselung sehr wichtig werden ¹⁾.

§. 29. Das Bach- und Flußwasser ist dagegen für die Bewässerung weit wichtiger und um so werthvoller, je länger der Lauf, je fruchtbarer das Gebiet ist, welches das Wasser durchströmt, je zahlreicher die Dörfer und Städte sind, welche es berührt, und je mehr Pfahl- und Cloakeninhalt dem fließenden Wasser zugeführt werden.

Die Temperatur der Bäche und Flüsse nähert sich mehr derjenigen der Luft und ist daher im Durchschnitt höher als die der Quellen.

Durchfließt der Bach dagegen sandige Heiden, Moore oder sumpfige Waldungen und Niedländereien, so wird er nur wenig lösliche Schlicktheile und Salze enthalten und sein Wasser kann sogar schädlich wirken, wenn es den scharfen Sand der Hochwerke, den Schlick der Eisensteinwäschen oder saure Gruben- und Fabrikwasser mit sich führt.

Bei Frühjahrs- und Herbst-Fluthen führen Schnee- und Regenwasser den Bächen und Flüssen viel Schlamm zu, der besonders für Torf-, Moor- und solche Wiesen geeignet ist, deren Bodenmischung verbessert werden soll. Je höher der Wasserstand der Bäche oder Flüsse ist, um so mehr sind die in ihrem Wasser gelösten Stoffe verdünnt und ihre durch Kohlensäure in Lösung erhaltenen Salze schlagen sich während des Laufes nieder.

Die „Selbstreinigung“ der Wasserläufe von gesundheitschädlichen Abfallstoffen führt v. Pettenkofer nicht allein auf den Abfaß der Schlicktheile und die Oxydation organischer Stoffe, sondern zum größten Theil auf die niedere Vegetation des Wassers zurück.

Für den Rhein speciell hat Dr. H. Schenk nachgewiesen ²⁾, daß es weniger die Algenvegetation, als vielmehr von Blattgrün freie mikroskopische Wasser-

¹⁾ Encyclop. d. Culturtechnik, Bd. 1, S. 278 u. f.

²⁾ Ueber die Bedeutung der Rheinvegetation für die Selbstreinigung des Rheines. Centralblatt für allgemeine Gesundheitspflege, 1893.

bacterien sind, welche in süßen, von fauligen organischen Stoffen verunreinigten Gewässern die Selbstreinigung bewirken.

Die Rasenvegetation dieser Spaltpilze auf dem Flußbette ist stickstoffreich und zur Fäulniß geneigt und für die Düngung des Landes von Belang, wo das Flußwasser zur Verrieselung von Ländereien benutzt werden kann.

Wo dies nicht zutrifft, entgehen dem Landbau und den Wiesen sehr beträchtliche Düngermengen. Man ist daher auf die Nutzung der Bäche und kleineren Flüsse und auf die düngende Wirkung der gelösten und suspendirten mineralischen Verunreinigungen des fließenden Wassers angewiesen, die indeß bei richtigem Vorgehen für die Wiesen-cultur von wesentlichem Nutzen werden ¹⁾.

Nach Dr. Bardeleben-Rippstadt führen die vereinigten Alme, Pader und Lippe (Westfalen), welche der Bewässerung der Bocker-Heide dienen, im Liter Wasser durchschnittlich an

	vor	nach
	der Ueberrieselung	
Sinkstoffen	0,1286 g	0,0062 g
gelösten Stoffen . .	0,2848 g	0,2611 g

Die größte Abnahme der Sinkstoffe betrug 95 Proc. des Anfangsgehaltes. Bardeleben berechnet, daß bei Verwendung von 121 Liter Wasser pro Secunde und Hektar in dreimal sieben Tagen Flößzeit jährlich 27 Tonnen (à 1000 kg) Schluff auf dem Hektar Wiese abgelagert werden können.

Von gelösten Stoffen wurden nur 0,0253 g im Liter oder 8,88 Proc. des Anfangsgewichtes zurückbehalten. Indesß sind diese letzten Zahlen unsicher, weil von dem Abgelagerten bei folgenden Rieselungen löslich werdende Stoffe wieder ausgewaschen werden können ²⁾.

Es folgt also hieraus, daß die suspendirten Stoffe (Schluff) von größerer Bedeutung für die Düngung der Wiesen sind, als die im Wasser gelösten mineralischen Bestandtheile.

In demselben Flusse verändert sich der Gehalt an Schluff mit dem Wasserstande bezw. der Jahreszeit, so daß in 1000 Liter Wasser der Maas (Holland) nach einander 379,5 bei höchstem Wasserstande, dann 149,2, 106,2, 49,9 und 44,7 g Schluff bei Niedrig-Wasser gefunden wurden.

Rheinschlamm enthielt (1871) u. a. an wichtigen Aschenbestandtheilen 0,43 Proc. Kali, 14,06 Proc. Kalk und 0,13 Proc. Phosphorsäure.

Wiebe-Göttingen fand in Salzsäure gelöst Procente im Schlamm der

¹⁾ Nach Hervé-Magnon führt z. B. die Durance, von welcher 18 Bewässerungs-canalé abgezweigt sind, jährlich eine Schlammmenge ins Meer, die einem Erdwürfel von 220 m Seite oder der Ackertrume von 3590 cbm entspricht, von welchem noch nicht $\frac{1}{10}$ auf die Rieselbeder gelangt, obwohl die Durance der am besten ausgenutzte Fluß Frankreichs ist. Vergl. Encyclop. d. Culturtechnik, Bd. 1, S. 224.

²⁾ A. a. O., S. 231.

	Leine	Rhume	Innerste	Wefer	Aller
Kalk	6,40	0,45	1,61	2,86	1,15
Alkalien	0,55	0,40	0,42	0,46	0,46
Phosphorsäure	0,25	0,08	0,12	0,03	0,07
im Rückstande Kali	2,81	2,63	2,04	2,09	2,15

§. 31. Das Wasser stehender Gewässer ist dagegen arm an Schlichttheilen, weil sie alsbald zu Boden sinken, — wie z. B. in den Seen des Alpengürtels (Italien) — in welchen der Vorgang insofern günstiger ist, als der rohe Schlamm und die Gerölle der Wildgewässer vorher niedergeschlagen werden und das gereinigte Wasser vor Verwendung der Abflüsse der Seen auf dem ausgedehnten und sorgsam gepflegten Wiesengelände der Mailändischen Ebene günstiger wirken kann.

Man hat ferner, wie bei Trink- und Kochwasser, für die Bewässerung weiche und harte Fluß- und Quellwasser zu unterscheiden.

Hart ist das Wasser, dessen Kohlensäure die kohlenfauren Salze des Kalkes und der Magnesia in Lösung erhält, wogegen die Alkalien zurücktreten, und umgekehrt sind die weichen Wässer durch ihren Alkaligehalt und wie das Regenwasser durch Ammoniak- und salpetersaure Salze charakterisirt, und für Kieselzwecke entschieden vorzuziehen.

Solche Unterschiede treten besonders in den Alpengewässern hervor. Besteht ein Flußgebiet aus den geologischen Schichten des Alpentalkes, Dolomits und Juras, so liefert es hartes, meist für Kieselzwecke ungeeignetes Wasser. Flußgebiete dagegen, welche aus alkalthaltigen Gesteinen, aus Urgebirg-, Thon- und Glimmerschiefer und Porphyr bestehen, sind reich an weichem Wasser und durch altbestandene Einrichtung von Kieselwiesen gekennzeichnet.

§. 32. **Gesammeltes Wasser.** Manche Wiese kann nur dadurch regelmäßig bewässert werden, daß sogenanntes Feldwasser, welches von kultivirten Ländereien abrinnt, oder das Wasser der Quellen und schwacher Bäche in Teichen und Seen durchs ganze Jahr gesammelt wird.

Solches Wasser setzt den größten Theil seiner Sinkstoffe als Schlamm ab, erwärmt sich während des Sommers in hohem Grade und ist daher weniger zur Düngung, wohl aber zur periodischen Anfeuchtung für Wiesen, besonders mit kaltem Thon- und Moorboden geeignet.

Sind solche Teiche in der Nähe der Gehöfte oder Dörfer gelegen und nehmen sie die ablaufende Mistjauche auf, so ist ihr Wasser reicher an löslichen, den Gräsern nützlichen Salzen und eignet sich namentlich zur Schaffung sogenannter Gras- oder Dorfwiesen, d. h. solcher, auf denen in der Regel kein Heu gemacht, sondern deren drei- und viermal im Jahre wiederholte Ernte grün verfüttert wird.

7. Das Verhalten des Wassers zum Boden.

§. 33. Der Boden besitzt die wichtige Eigenschaft, gelöste feste oder gasförmige Stoffe, insbesondere die Nährstoffe der Pflanzen, ihrem Lösungsmittel, dem

Wasser, zu entnehmen und mit solcher Kraft zurückzuhalten, daß es nicht gelingt, dieselben dem Boden durch aufgebrochenes Wasser sämmtlich wieder zu entziehen ¹⁾. Wäre dies nicht, so würden starker Regen und anhaltende Bewässerung, insbesondere die durchlassende Krume und den Untergrund von gleicher Beschaffenheit, namentlich den Kulturboden der meisten durch Verwitterung frei werdenden und durch Düngung gegebenen Pflanzennahrung fort und fort berauben und eine Bereicherung des Bodens durch Bewässerung würde unmöglich sein.

Auch die unterirdische Entwässerung der Ländereien durch Canäle und Drainröhren würde nur ein rasch und kräftig wirkendes Mittel werden, das Unfruchtbarwerden des Bodens zu befördern.

Die Fähigkeit des Bodens, gelöste Salze und Gase aufzufangen und festzuhalten, ist zwar bei allen Bodenarten nicht gleich, denn der reine Sand besitzt diese Eigenschaft nicht oder nur in sehr geringem Grade; sie tritt aber bei jedem Boden in um so höherem Maße hervor, je größer sein Thon- und Lehmgehalt und das Vorhandensein von Zeolithen, Kalisalzen, Eisenoxyd &c. ist.

Am energischsten werden von den absorbirenden Bodenarten Kali, Ammoniak, Phosphorsäure und Kieselsäure zurückgehalten. Dagegen bleiben salpetersaure und Chlorosalze in Lösung und werden in den Untergrund geführt ²⁾.

Angestellte Versuche haben ergeben, daß die Bodenauffangung zum kleinsten Theil auf chemischen, dagegen mehr auf mechanischen Ursachen beruht: ersteres, insofern hierbei ein Austausch der Säuren und Basen stattfinden kann, letzteres, weil die Erdtheilchen durch Flächenanziehung wirken, durch welche, ähnlich wie bei dem Filtriren unreinen Wassers durch Kohlenpulver, mittelst vieler gesondert neben einander liegender poröser Theilchen eine Auffangung der verunreinigten Stoffe erfolgt, wobei sich die in Wasser gelösten Salze und Gase an die Bodentheilchen anhängen und festgehalten werden.

Die Pflanzen müssen hiernach die Fähigkeit besitzen, ihre aus Wasserlösung ausgeschiedenen, dem Boden anhängenden Aschenbestandtheile &c. durch die Wurzeln wieder aufzunehmen, weil ohne dieses Vermögen ein üppiges Wachstum unmöglich erscheint. Eine völlig genügende Erklärung dieser Vorgänge ist indeß noch nicht gegeben, obwohl die wichtige Thatsache selbst feststeht.

Hinsichtlich der Bewässerung der Wiesen und der Erklärung ihrer §. 34. Wirkung ist die Auffangungsfähigkeit des Bodens von großer Bedeutung. Bei der Föhrung des Wassers durch lange und tiefe Gräben kommt es mit den Wandungen derselben in Beröhrung und es werden diese bis zur Sättigung

¹⁾ v. Liebig, Die Naturgesetze des Feldbaues, S. 65 u. f.

²⁾ Die Absorption für Kieselsäure steht in umgekehrtem Verhältniß des Vorrathes organischer Bestandtheile im Boden, so daß eine daran reiche Erde nur einen Theil der Kieselsäure zurückhält. Da eine mehrjährige Veräufung thonarmer Felder die Ansammlung organischer Reste fördert, deren Verwesung Kohlenäure erzeugt, welche die Silicate löst, so verbreitet sich die Kieselsäure leichter und weiter darin, während die Anwendung von Kalk und dessen Zersezung der organischen Substanz diesen Proceß unterbricht. (v. Liebig, Die Naturgesetze des Feldbaues, S. 84.)

mit den gelösten Stoffen getränkt. Daher rührt denn auch das üppige Wachsen der Gräser an den Grabenrändern und das häufig erforderliche Aufschneiden der letzteren, daher endlich die Düngkraft des Grabenauswurfes, dem außer den organischen stets noch erdige, leichter lösliche Bestandtheile beigemischt sind. Je mehr Gräben eine Wiese hat, um so mehr Pflanzennahrungstoffe werden der Vegetation durch die Absorption der Grabenerde entzogen; sie kommen der Wiese nur mittelbar, z. B. im Grabenausraum, wieder zu gute.

Man würde also hieraus eine thunlichste Beschränkung breiter und tiefer Gräben und weiter folgern müssen, daß die im Wasser gelösten Salze es nicht vorwiegend sind, welche immer und überall für die Wirkung des Wassers auf Wässerungswiesen am wichtigsten erscheinen. Von weit größerem Belang müssen dagegen die im Wasser schwebenden Erdtheilchen und organischen Stoffe sein, die sich bei der Bewässerung als Schlamm oder Schlick auf den Wiesen ablagern (§. 30).

Je größer die Wassermasse ist, die nach einander durch einen Graben fließt, um so reicher an gelösten Stoffen wird das Wasser auf die Wiese selbst fließen, nachdem die Grabenwandungen mit denselben gesättigt sind. Auf der Wiesenfläche mögen sich dieselben Absorptionsercheinungen und um so kräftiger wiederholen, weil die Wasserschichte in dünner Vertheilung nicht nur mit dem Boden, sondern auch mit Tausenden von Graspflanzen in Berührung kommt. Die Pflanzen aber besitzen das Vermögen, durch ihre Blätter die im Wasser enthaltenen Gase, Kohlensäure und Ammoniak, mit großer Schnelligkeit aufzusaugen. — Gleichzeitig lagert sich der mitgebrachte Schlick auf der Wiese ab und durch all dies erklärt sich, warum die Wiesenflächen unmittelbar an den mit frischem Wasser gespeisten Gräben die größte und beste Ernte ergeben und um so weniger ertragen, je weiter das Wasser die Wiese bereits überrieselt hat.

Es ist daher räthlich, die wagerechten Kieselgräbchen, welche den einzelnen Landstreifen immer wieder frisches Wasser zuführen, nicht über 4 bis 6 m von einander entfernt anzulegen.

§. 35. Die Erfahrung lehrt, daß bereits benutztes Kieselwasser schädliche Stoffe aus dem Boden auflöst oder mechanisch mitführt, welche den Graspflanzen schädlich werden können, und erst aus ruhigem Wasser wieder zu Boden sinken müssen, ehe dasselbe aufs Neue zur Düngung verwendbar ist. Dies findet z. B. bei sauren und eisenhaltigen Bodenarten statt, die erst förmlich ausgewaschen werden müssen, ehe sie süße Gräser ertragen, wozu oft viele Jahre und große Wassermengen erforderlich sind. Auch wird das Kieselwasser während seiner Fortbewegung über die Grasfläche mit Kohlensäure angereichert, welche aus vielfachen Oxydationen entsteht, wodurch es seinen Sauerstoffgehalt verliert, wie Hervé-Magnon nachgewiesen hat¹⁾. Jene überschüssige abnorme Säure

¹⁾ Encycl. d. Culturtechnit, Bd. 2, S. 273 u. f.

im abfließenden Wasser verdunstet und der gebundene Sauerstoff wird aus der Luft wieder ergänzt, wenn das Kieselwasser sich langsam in den Entwässerungen fortbewegt und in dünner Schichte über Kiesel und Wehre fortfließt. Es ist daher an und für sich gutes Wasser, welches bereits eine oder mehrere Wiesenabtheilungen überrieselt hat, aufs Neue zur Wässerung anderer Abtheilungen verwendbar, nachdem es in Gräben gesammelt und eine Strecke weiter geführt, auch mit frischem Wasser vermischt worden ist. — Seine Wirkung ist hierbei wiederholt dieselbe, was sowohl in der Aufnahme von Gasen (Sauerstoff und Kohlensäure) aus der Luft, als auch und vornehmlich aus der Abschwemmung und Fortführung des an Sohle und Grabenwänden hängenden feinen Schlammes sich erklären mag, welcher lösliche Salze aus dem Wasser absorbiert hat und solche nebst den eigenen mineralischen Stoffen den Wiesen zuführt.

Daß diese wiederholte Wirkung der verschiedenen zur Wässerung verwendeten Arten des Wassers, je nach deren Gehalt an löslichen Salzen und mitgeführten Schlammtheilchen, sowie nach der Zusammensetzung der verschiedenen Bodenarten, in denen die Gräben angelegt sind, eine äußerst abweichende sein muß, ist nach dem vorstehend Gesagten leicht erklärlich¹⁾.

8. Erkennung der Güte des Wassers.

Hierüber entscheidet am sichersten die Erfahrung, die durch Bewässerung §. 36. kleiner Flächen oder durch Beobachtung der von dem Wasser überschwemmten Wiesenstellen in der Regel leicht gemacht werden kann, bevor man zu einer größeren Anlage schreitet. — Wollte man aus der Färbung des Schlammes, welchen das Wasser absetzt, einen Schluß auf dessen Tauglichkeit zur Wässerung machen, so könnte man leicht irren. Nur das Vorhandensein einer größeren Menge löslicher Eisensalze, z. B. von kohlensaurem Eisen- und Manganoxydul, giebt sich durch die in Regenbogenfarben schillernde Oberfläche langsam fließender Gewässer öfters leicht zu erkennen und verräth die Anwesenheit von Stoffen, welche guten Gräsern schädlich sind; dagegen zeigt der ockergelbe Schlamm auf der Sohle der Gräben die Anwesenheit des wenig schädlichen, weil in Wasser unlöslichen Eisenoxydhydrates an. — Die Einwirkung des Sauerstoffs der Luft führt lösliche Eisenoxydulsalze in unlösliche Oxyde über, weshalb das Laufen solchen Wassers über Wehre, Kiesel und Reifig, das Stehenbleiben und Erwärmen in Teichen und langen Gräben seine Beschaffenheit verbessert. Gebrannter Kalk schlägt den Eisengehalt des Wassers unlöslich nieder; gefallene Thiere und organische Bestandtheile jeder Art, die man in Lattenkasten in den Wasserlauf bringt, tragen mittel- und unmittelbar zu seiner Verbesserung bei.

Weitere Erkennungszeichen der wechselnden Fruchtbarkeit des Wassers bietet dem kundigen Beobachter die Vegetation der Gräben und Bäche u.

Gutes Wasser zeigt Wasserfäden, Wasserlinsen, Brunnenkresse, Ehrenpreisarten, Wasserrispengras und Mannaschwingel; minder günstige Anzeichen

¹⁾ Vergl. hierüber Dünnelberg-Fries a. a. O., S. 284 u. f.

sind Kalmus, Wasserliesch, Fluß- und Samkrautarten, Wasserhahnenfuß und Wasserhahnenkeule.

Ungünstigere Zeichen sind: Rohr, Schilf, Münzarten, Weiderich, Rohrkolbe, Merk, Froschkraut, Wasserschieferling, Simsen, Binzen, Seggen und Wassermoose.

Diese letzteren Anzeichen dürfen indeß nicht dahin führen, von der Verwendung solchen Wassers gänzlich abzusehen, weil der gewiegte Techniker es in der Hand hat, in Ermangelung seiner befruchtenden wenigstens die anfeuchtende und auflösende Kraft sachgemäß auszunutzen und daneben eine besondere künstliche Düngung zu geben.

9. Die Wirkungen des Wassers auf die Wiesenpflanzen.

Die Wirkung des Wassers auf die Vegetation der Wiesen beruht

- 1) auf seiner chemischen Beschaffenheit, und
- 2) auf seinen physikalischen Eigenschaften.

§. 37. Das Wasser ist zusammengesetzt aus 88,889 Gewichtstheilen Sauerstoff und 11,111 Gewichtstheilen Wasserstoff.

Diese beiden Elemente finden sich in allen Pflanzen als hauptsächlichste Bestandtheile derselben; außerdem sind im Gras 60 bis 75 Proc. Wasser enthalten, ohne deren Zufuhr, mag solche nun auf natürlichem Wege aus der Atmosphäre (in Dunstform und als Regen, Schnee, Thau und Reif), oder künstlich durch Bewässerung erfolgen, das Gras sich nicht üppig entwickeln kann.

In physikalischer Beziehung ist das Wasser das allgemein verbreitete Auflösungsmittel für organische und mineralische Stoffe, die es in gleichmäßig gemischte Flüssigkeiten verwandelt, dem Boden, der Pflanze und dem thierischen Körper zuführt. Es ist der mechanische Träger der in demselben schwimmenden fein vertheilten Körper sehr verschiedener Art, die es hier und dort auf der Erdoberfläche aufnimmt und an den verschiedensten Orten, oft erst in weiter Entfernung wieder absetzt, wodurch es dem fruchtbaren Boden düngende Bestandtheile entzieht und sie ärmeren Ländereien zuführt, aber bei Fluthen auch fruchtbares Gelände mit unfruchtbarem Kies und Sand bedecken kann.

Das Wasser ist ein schlechter Leiter der Wärme, erwärmt sich daher nur langsam auf die Temperatur der Luft, hält aber die einmal erlangte Wärme längere Zeit fest, eine Eigenschaft, die bei der Bewässerung, richtig benutzt, von großem Vortheil ist.

Uebrigens ist das Wasser ein guter Leiter für die Electricität, und da bei der Pflanzenvegetation stets elektrische Strömungen auftreten, so ist auch diese Eigenschaft dem Graswuchs günstig.

§. 38. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wassers wirken entweder, je nach Umständen, förderlich oder sogar nachtheilig auf die Grasnarbe ein.

Das erstere, indem sie die Wiese düngen und ihre Vegetation erhalten, das letztere, insofern sie dieselbe in ihrer Entwicklung behindern und zerstören.

a) Die düngende Wirkung

des Wassers beruht auf der Zuführung seiner Elemente Wasserstoff und Sauerstoff, der darin gelösten Salze und Gase und des Vegetationswassers selbst, endlich der im Wasser schwebenden festen mineralischen und organischen Stoffe, die sich als Schlamm auf den Wiesen ablagern und nach und nach durch Verwitterung und Fäulniß zu eigentlicher Pflanzennahrung werden.

b) Die erhaltende Wirkung

des Wassers beruht in seiner Auflösungskraft und der Eigenschaft, Gase aus der Luft, Salze aus dem Boden aufzunehmen und an diesen wie an die Pflanze abzugeben. — Ebenso werden aus dem moorigen Terrain schädliche Humus-säuren, aus dem Sumpfland die den Pflanzen nachtheiligen löslichen Eisen- und Mangansalze gelöst und der Boden „süß“ gewässert (§. 35).

Als schlechter Wärmeleiter ist das Wasser gleich geschickt, die jungen Gräser sowohl vor nachtheiligen Frühjahrsfrösten zu bewahren, als auch, wenn diese schädlich geworden sind, einen allmählichen Uebergang von der Kälte der Nacht zur Wärme des Tages herbeizuführen.

Das zur Nachtzeit über die Wiesen rieselnde Wasser behält nämlich eine höhere Temperatur, als die unter Null erkaltete Luft in hellen Nächten hat, und verhindert die Ausstrahlung der Bodenwärme. Haben aber Frost und Reif das junge Gras betroffen, so wird es bei ungehinderter Einwirkung der Sonne sich schwärzen und absterben, weil die grellen Temperaturunterschiede der kalten Nacht und des heißen Tages die Vegetation ertödteten. Dies zu verhindern, genügt die Einleitung der Bewässerung am frühen Morgen; die Kälte des Wassers mäßigt die Wirkung der Sonnenwärme und „zieht den Frost aus“, insofern das nicht unter den Eispunkt erkaltete Wasser die bereiften Pflanzen nach und nach aufthaut.

Ebenso ist es auch im Sommer schädlich, bei schon hochstehender Sonne mit der Bewässerung zu beginnen; es sollte dies stets am frühen Morgen oder besser noch am Abend geschehen, um Temperaturextreme zu vermeiden.

In trockenen heißen Jahren ist das Wasser bei Tage stets kühler als die §. 39. heiße Luft, seine Verdunstung, d. h. der Uebergang aus dem flüssigen in den dampfförmigen Zustand, geht rasch und kräftig vor sich, der Boden ist stark erwärmt und die Wiesen leiden von der Trockenheit. Eine öfters wiederholte Anfeuchtung ist dann angezeigt, ja von höchstem Nutzen, und selbst im Uebermaß angewendet selten schädlich.

Ist aber der Sommer kühl und feucht, so haben auch Boden und Wasser

eine niedrigere Temperatur, die Luft ist mit Feuchtigkeit erfüllt, die Verdunstung geht nur langsam vor sich, selbst unbewässerte Wiesen haben frisches Gras.

In diesem Falle ist die Bewässerung eher nachtheilig als nützlich, sie vermehrt die Bodenfeuchtigkeit unnöthig und erkaltet den Boden, insofern sie die Einwirkung der Luftwärme auf diesen hindert. Denn jede Verdunstung bindet Wärme, welche zur Ueberführung einer jeden Flüssigkeit in Dampfform verbraucht, und für Gefühl und Thermometer unmerkbar wird. Die mittlere Jahrestemperatur des Wiesenbodens ist deshalb niedriger, als die kahler Felder und seine Ausstrahlung der Wärme während der Nacht größer, wie der stärkere Thau und Reif auf geschlossener Grasnarbe deutlich nachweist.

Aus denselben Gründen ist auch das Schneewasser bei anhaltender Kieselung im Frühjahr häufig mehr schädlich als nützlich; es erkaltet den Boden und verzögert den Eintritt der Vegetation.

c) Die zerstörende Wirkung.

§. 40. Das Wasser kann sowohl auf nützliche wie schädliche Wiesenpflanzen zerstörend einwirken.

Die Süßgräser können nicht in nassem oder versumpftem Boden gedeihen, und jede Bewässerung, welche die zu deren Wachsthum erforderliche Bodenfrische dauernd übersteigt, wirkt schädlich.

Der richtig bemessene Gebrauch des Wassers schafft Gras, das fehlerhafte aber Sumpf, Seggen und Binsen. Eine Wiese, welche nie künstlich bewässert wurde, zeigt vor der Bewässerung andere Gräser und Kräuter, als nach derselben: die Pflanzen selbst und ihr Zahlenverhältniß zu einander haben gewechselt (§. 13).

Die einzelnen Pflanzenarten haben ein verschiedenes Bedürfniß für Feuchtigkeit und ebenso ruft die Verschiedenheit des Wassers in Zusammensetzung und Güte wechselnde Grasnarben hervor.

Heidekraut, Moos und andere Wiesenunkräuter der trockenen Wiesen verschwinden durch regelrechten Gebrauch des Wassers, namentlich durch Bewässerung zur Winterzeit, und geben den Gräsern Raum; das Auswaschen des Moorbodens durch Fluthwasser ertödtet die Sauergräser und das Sumpfmoss, welches sich schwärzt und abstirbt.

Eine auf schlechten Wiesen künstlich gebildete Eisdecke beschleunigt diesen Proceß und süßes Gras sproßt auf den kahlgewässerten Stellen. Maulwürfe, Ameisen und Mäuse werden durch die Bewässerung verjagt oder vertilgt.

10. Die Ausführung der Bewässerung.

§. 41. Hierüber können nur allgemeine Grundsätze aufgestellt werden, da die Einzelheiten der Bewässerung von Klima, Lage, Boden, Wasser und Jahreszeit,

insbesondere aber von dem Witterungscharakter eines jeden Jahres abhängig sind. Auch erfordern sogen. Kunstwiesen eine sorgfältigere Behandlung, als natürliche Wiesen.

a) Die Herbstbewässerung.

Ein äußerst verbreiteter Irrthum ist es, die Hauptbewässerung in das Frühjahr zu verlegen. Solche fällt vielmehr in den October, theilweise auch in den November, weil zu dieser Zeit die Vegetation still steht und eine kräftige, andauernde und deshalb düngende Bewässerung um so leichter ausführbar ist, als die Herbstfluthen viele Düngstoffe von Aekern, Wegen etc. abschweben und der Wiese zuführen. Natürliche Wiesen, deren Entwässerung eine geregelte ist, lohnen die Ueberführung großer Wassermengen; ihre Oberfläche nimmt dabei ein schwärzliches Aussehen an.

Künstlich gebaute Wiesen dürfen dagegen nur mit Vorsicht bemessenes trübes Wasser erhalten, weil solches die Fläche aufwässert und allzu schnell erhöht: man warte, bis sich das Wasser abgeklärt hat, wässere aber dann den ganzen October ununterbrochen fort und erstrecke die Bewässerung noch in den November, so lange der Eintritt des Winters und die Bildung von Eis auf der Wiese nicht zu befürchten sind. Nur gegen das Ende der Herbstwässerung bewässere man periodischer, lege mitunter einige Tage trocken und Sorge, daß bei Schnee und beginnenden Frösten kein Wasser mehr auf der Wiese ist. Sollte dies der Fall sein, so wässere man fort bis zu beginnendem Thauwetter und stelle das Wasser dann erst ab, damit die etwa entstandene Eisdecke sich nicht auf der Wiese festlagere und Kahlstellen hervorbringe. Die unter dem Eis fortrieselnde Wasserschichte verhindert dies.

Bei moorigen Wiesen kann eine späte anhaltende Herbstbewässerung schädlich werden und ist mit Vorsicht auszuüben.

Eine gelungene durchgreifende Herbstwässerung ist die hauptsächlichste Grundlage für die Sicherung einer guten nächstjährigen Heuernte.

b) Die Winterbewässerung.

Im Winter werden nur warme Klimate, wie in der Lombardei, oder eine ungewöhnliche Milde auch in Deutschland die anhaltende Bewässerung guter Wiesen gestatten; es müßte denn sein, daß man von der zerstörenden Wirkung des Wassers Gebrauch machen wollte (§. 40). Hat es dagegen im Herbst an Nieselwasser gemangelt, so kann auch düngende und sorgfältige Winterwässerung, bei offenem Wetter gegen das Frühjahr hin in Gegenden mit Meeresklima nöthig und nützlich sein.

c) Die Frühjahrsbewässerung.

Der Beginn des Frühjahrs und das Sprossen der Gräser verleitet vielfach §. 42. dazu, auch die Bewässerung der Wiesen zeitig einzuleiten.

Schädlich ist dies unbedingt auf Kunstwiesen, so lange noch die tieferen Bodenschichten gefroren sind, während dadurch auf natürlichen Wiesen der Abgang von Schnee und etwa vorhandenem Eis befördert wird. Eine kräftige düngende Wässerung im Frühjahr wird leicht schädlich, weil sie längere Zeit andauern müßte, zu einer Zeit, wo die Luft durchschnittlich wärmer als das Wasser ist, und eine künstliche Erniedrigung der Wärme die Entwicklung der Gräser nur hindern würde.

Man mache daher im März, April und Mai nur von der erhaltenden und auflösenden Wirkung des Wassers (S. 38) Gebrauch, wobei es genügt, 24 bis 48 Stunden hinter einander zu wässern und dann wieder einige Tage trocken zu legen.

Man regle die Bewässerung nach der Witterung. Um den schädlichen Einwirkungen der Nachtfroste zu begegnen, stelle man das Wasser Abends auf und des Morgens früh ab und wähle überhaupt keine anderen Tageszeiten für Beginn oder Ende der Bewässerung. Man wässere an rauhen Tagen und bewölktem Himmel, wo die Luft kälter als das Wasser ist, und selbst während warmen Regens aus Süd- und Südwest, lege aber trocken bei Sonnenschein, um die wärmere Luft auf Boden und Gras wirken zu lassen.

Ist das Gras im Mai kräftig gesproßt und schon herangewachsen, so unterbleibe die Bewässerung ganz, damit kein Schlamm die Pflanzen verunreinigt und das Futter für die Thiere nachtheilig und ungesund werde.

Es genügt, wenn bei trockenem Wetter die Wiesen angefeuchtet und zu diesem Zwecke die Gräben voll Wasser gestellt werden.

d) Die Bewässerung des Sommers.

§. 43. Die eben erwähnte Maßregel gilt namentlich auch für die Zeit vor der Heuernte. — Ein gelindes Wässern am Abend vor dem Mähen erleichtert diese schwierige Arbeit.

Ob man unmittelbar nach der Heuernte wieder wässern oder acht bis vierzehn Tage damit aussetzen soll, damit die wunden Stoppeln der Gräser verharthen, darüber sind die Ansichten getheilt. Stehen genügende Wassermengen zur Verfügung, um den der Bedeckung durch Gras beraubten, eine bis zwei Wochen von der Zulisonne ausgehörten Boden rasch und kräftig wieder anzufeuchten und ein üppiges Sprossen der Gräser hervorzurufen, so eilt es mit der Bewässerung nach der Heuernte nicht allzu sehr. Sicherer und ohne den befürchteten Schaden ist es aber gewiß, alsbald nach der Heuernte wieder mit der Bewässerung zu beginnen, was um so gerechtfertigter ist, wenn es zu dieser Zeit an hinreichendem Wasser mangelt, um die Wiese rasch und durchgreifend anzufeuchten.

Um das Wachstum des zweiten Grasschnittes zu fördern, ist eine eigentlich düngende und zu dem Ende längere Zeit andauernde Bewässerung nicht rathsam, vielmehr nur anfangs eine öfter wiederholte, kurze Wasserbenutzung

geboden, um den Boden anzufeuchten und die auf der Wiese vorhandenen Düngerbestandtheile aufzulösen. Mit dem Heranwachsen des Grases und den länger, kühler und thaurreicher werdenden Nächten unterbleibe das Wässern ganz, namentlich in feuchten und deshalb kälteren Lagen.

e) Allgemeine Regeln.

So großen Nutzen eine Bewässerung der Wiesen bringen kann, ebenso §. 44. nachtheilig wird solche wirken, wenn sie nicht nach Zeit und Ort und nach Lage und Bodenart des Geländes richtig bemessen wird. Es erfordert dies Umsicht und unverdrossenen Fleiß, um unter allen Umständen sichere und nachhaltige gelungene Erfolge im Großen mit Wässerungswiesen zu erzielen, wie sie z. B. im Siegener Lande auf beschränktem Parzellenbesitz gang und gäbe sind. Dort sind die Bedingungen zur künstlichen Steigerung des Grasertrages erkannt und seit langer Zeit angewendet, was von anderen Gegenden leider nicht in gleichem Maße behauptet werden kann.

Man beachte namentlich, daß auch die natürliche Feuchtigkeit und Frische des Bodens die Ausführung der Bewässerung durchgreifend beeinflusst und daß Wiesen mit wenig Neigung bei geringen Wassermengen sorgfältiger als stärker geneigte, auf welchen viel Wasser verwendbar ist, bewässert werden müssen.

Bei geringer Neigung und wenig Wasser besteht die Gefahr eintretender Versumpfung: die Süßgräser vergehen und rauhere Grasarten siedeln sich an.

11. Von der Beerntung.

Bei der Ernte ist die Zeit ihrer Vornahme besonders wichtig. §. 45.

Junges Gras hat weniger Trockensubstanz und Holzfaser (Lignin), weil der Zellstoff (Cellulose) noch nicht in diese umgewandelt, zart und leicht verdaulich ist; der Proteingehalt ist größer als in älterem, sich der Reife näherndem Gras, welches verblüht und Samen entwickelt hat. Deshalb ist das Gras vor der Blüthe, wenn auch weicher und wässriger, so doch nahrhafter als nach derselben und gleiche Gewichte Heu und Gräser, die zu verschiedener Zeit auf denselben Wiesen gemäht wurden, können im Nährwerthe um $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{4}$ verschieden sein.

Nach Dr. Peters ergaben sich auf einem Morgen Wiese, welche mit Timothy- und englischem Raygras, mit Knaulgras und Wiesenfuchsschwanz angefüet war:

	Heu	Protein	Protein
	Pfund	Procente	im Ganzen
			Pfund
Vor Beginn der Blüthe gemäht	1350	14,2	191,7
In der Blüthe	1490	13,6	202,6
In der Samenreife	1900	10,4	197,6

Der Ertrag des sogen. reifen Grasses ist anscheinend günstiger, weil dessen starre Halme sich nicht so dicht auf einander legen als bei früh gemähtem Gras.

Wird sogar erst nach erfolgter Samenbildung gemäht, fällt der größte Theil der Samen auf der Wiese aus, so ist das Heu wenig mehr als Stroh, die Holzfaser waltet vor, der Proteingehalt tritt zurück und das Thier bedarf zu regelrechter Ernährung einer größeren Menge dieses strohigen Heues und eines nahrhaften Beifutters.

Der Gebrauch des späten Mähens entspringt häufig der Meinung, daß man mehr Masse, also auch mehr Nährstoff erhalte, wenn man die Blüthe der Gräser vorübergehen lasse. Diese Furcht vor Verlust ist unbegründet, wenn man bei beginnender Blüthe der meisten Gräser mäht. Andere glauben, die Besamung der Wiesen abwarten zu müssen, was doch nur bei frisch angelegten Wiesen angezeigt und bei ständigen Grasflächen sehr selten nöthig ist.

Noch Andere sind gewöhnt, sich an einen bestimmten Termin zu halten, ohne zu bedenken, daß die Vegetation sich in dem einen Jahre früher, im anderen später entwickelt und bei verspäteter Heuernte der zweite Schnitt nothwendig leiden muß. Aus allen diesen Gründen ist es ebenso wenig rationell, bei einschürigen Wiesen die Ernte zu verschieben, um, wie man sagt, Heu und Grummet zugleich zu werben. Bei drei- und mehrschürigen Wiesen ist eine zu späte Ernte nicht zu befürchten; ebenso wenig für das Grummet, das im Spätherbst nicht mehr getrocknet werden kann.

Kaiser fand in Ernten von derselben Wiese im

	Heu	Grummet
Wasser	13,38	13,06 Proc.
Asche	7,67	7,46 "
Protein	9,06	10,75 "
Holzfaser	27,15	19,02 "
Stickstofffreie Nährstoffe	42,74	49,71 "

a) Das Mähen

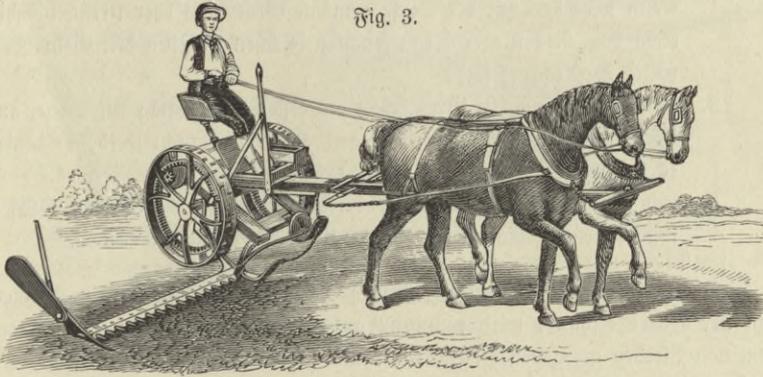
§. 46. erfolgte früher nur mit der Sense, neuerdings immer mehr mit Mähmaschinen, die sich auf größeren Gütern und geschlossenen Flächen bei steigenden Lohnsätzen der Handarbeiter immer mehr eingebürgert haben.

Neben vielen anderen Constructionen ist die des Amerikaners Wood von Hoozick-Falls (Newyork) verbreitet ¹⁾.

¹⁾ Gegenwärtig wird dieser Construction durch die von Anson Wood und auch durch deutsche Firmen, wie von der Actiengesellschaft für Fabrication landw. Maschinen, vormalig Reuter zu Hennef a. d. Sieg, erfolgreiche Concurrnz gemacht. Nach Prof. Friß in Zürich (1875) mähten bei kurzer Arbeitszeit probeweise sieben Grassmähemaschinen im Durchschnitt 113 qm pro Minute oder 0,68 ha pro Stunde, die von Reuter zu Hennef a. d. Sieg 127 qm, während die gewöhnliche nachhaltige Leistung eines Zweigespannes nur 0,35 ha pro Stunde und bei Wechselgespannen höchstens 0,5 ha ist. — Seine Probearbeit erledigte pro Tag (10 Stunden) 7 ha, die sich in der gewöhnlichen Praxis auf höchstens 4 bis 5 ha ermäßigen.

Nach Versuchen des Ingenieurgenerals Morin zu Paris mähte diese Maschine mit zwei guten Pferden bespannt und von zwei Mann bedient auf nicht zu frischem Boden und auf einer Wiese, die pro Hektar 3000 bis 3500 kg

Fig. 3.



Heu lieferte, in 8 Arbeitsstunden 2 ha zum Preise von 9 Mk. 60 Pf. oder pro Hektar zu 4 Mk. 80 Pf., ebenso gut wie mit der Sense ¹⁾.

Bei Handarbeit stellten sich die Kosten auf das Doppelte. Bei dem Mähen zu Grummet leistete die Maschine der Fläche nach noch mehr, die Arbeit war aber weniger befriedigend.

Nichtsdestoweniger empfiehlt sich das Mähen mit der Maschine auf ebenen, nicht sumpfigen Wiesen durch eine wesentliche Beschleunigung der Arbeit.

Die Arbeitsleistung wechselt mit der Schnittbreite und der Construction überhaupt, mit der Geschwindigkeit und Ausdauer der Pferde, dem Grasbestand (ob Lagergras vorhanden ist oder nicht) und der Oberflächenbeschaffenheit.

In diesem Sinne kann die Art und Weise der Wässerungsanlage die Anwendung der Mähmaschine durch die Führung unzähliger, die Wiese in zu kleine Theile zerschneidender Gräben ganz unmöglich machen, und sich bei großen Complexen und bei Arbeitermangel zu einem Armutshzeugniß für den Techniker und das von ihm angewandte Wässerungssystem gestalten.

b) Das Trocknen des Grases.

Die Bereitung ist verschieden, je nachdem man Grünheu oder Braunheu S. 47. erhalten will.

Die Grünheubereitung.

Bei dieser wird das Gras hauptsächlich durch die Einwirkung der Sonne und Luft, auch in minderm Grade durch innere Erwärmung getrocknet. Am besten wird das bei bedecktem Himmel und Wind bereitete Heu, dessen Farbe

¹⁾ Bei dem folgenden allgemeinen Weltmähen sehr kleiner, fast quadratischer Flächen, die mit gutem Grase bestanden waren, schnitten sechs Maschinen durchschnittlich 40 qm pro Minute, ungeachtet häufigen Wendens, oder 0,26 ha pro Stunde.

grün bleibt, während das bei wechselnder Witterung, Regen und Sonnenschein geworbene abbleicht und einen Theil seiner Nährstoffe verliert.

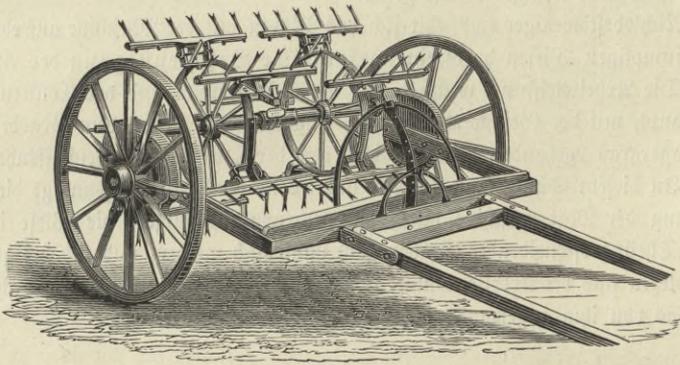
Das Trocknen wird beschleunigt:

1. wenn man das mit der Sense gemähte Gras nicht eher streut, bis die etwa vom Regen oder Thau feuchten Flächen zwischen den Gemahden völlig abgetrocknet sind;
2. wenn das abgewellte Gras schon am ersten Nachmittag auf kleine, am zweiten auf größere Haufen (sogen. Regel) gebracht wird, in denen es sich während der Nacht etwas erwärmt, und
3. wenn durch wiederholtes Wenden des auf Breiten liegenden Grases immer neue Schichten der Luft und Sonne ausgesetzt werden.

§. 48. Die Heubereitung, welche früher nur durch Handarbeit mit dem Rechen und der Gabel erfolgte, wird nunmehr auf größeren Flächen mit Maschinen, dem von Pferden gezogenen Heuwender und Heurechen, billiger, rascher und sicherer bewirkt ¹⁾.

Das Auseinanderstreuen der Gemahden mit dem Rechen ist bei kräftig bestandenen Wiesen eine mühsame Arbeit, welche der quer über die Gemahden geführte Heuwender, Fig. 4, schnell und weit besser mit seiner nach vorwärts

Fig. 4.



rotirenden Zahntrommel ausführt, während die Maschine, wenn sie nach rückwärts rotirt, das Wenden in ausgezeichnete Weise besorgt.

¹⁾ Nach den Versuchen von Professor Fritz bearbeiteten die 1,45 m und 1,89 m breiten Heuwender von Howard in Bedford 0,56 bis 0,61 ha pro Stunde. Die kleinen von 375 kg Gewicht kann ein Pferd ziehen; der größere (500 kg) ist dagegen bei längerer Arbeit für ein Pferd zu schwer.

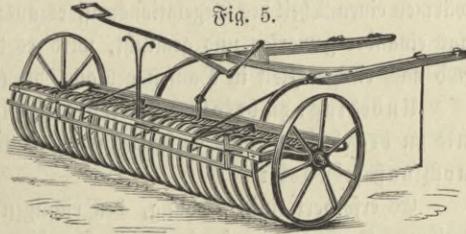
Die Howard'schen Heurechen mit einer wirksamen Breite von 2,03 m im Gewichte von 288 kg bearbeiten stündlich 0,66 ha; der kleinere mit einer Breite von 1,74 m und 225 kg Gewicht nur 0,56 ha.

Dem größeren Gewichte entsprechend arbeiteten die englischen Rechen sauberer als die leichteren amerikanischen, die kaum 130 kg wogen.

Neuerdings sind beide Maschinen auch von deutschen Firmen verbessert.

Ebenso leicht wird das Zusammenbringen des abgewelkten Grases und des Heues auf lange sogen. Rangen, aus denen Regel oder größere Ladehaufen gebildet werden sollen, mit dem eisernen (Fig. 5) oder einfachen hölzernen Pferde-
rechen bewirkt.

Fig. 5.



Die Führung dieser eisernen Maschinen für Heubereitung erfordert kräftige Pferde und mehrmaliges Wechseln derselben, wenn der Betrieb andauernd ist und rasch erledigt werden soll.

Die Bearbeitung des Grünheues darf bei heißem Wetter nie so weit ausgedehnt werden, daß Blätter, Halme und Blüten spröde werden und abfallen, was bei Anwendung von Maschinen leichter als mit Rechen der Fall ist.

Die Braunheubereitung

unterscheidet sich wesentlich von der vorigen dadurch, daß das Heu nicht völlig §. 49. durch Luft und Sonne getrocknet, sondern nur theilweise seines Vegetationswassers beraubt, auf Feimen oder Schober von 15 000 bis 25 000 kg gebracht wird, und einer starken, mehrere Monate dauernden Erwärmung und kräftigen Gährung unterliegt, wobei es in eine braune compacte Masse von angenehmem (brodähnlichem) Geruch umgewandelt wird. Richtig behandelt und vergohren wird es von Pferden und Rindvieh gern genossen und ist sehr nährend.

Nach einer vergleichenden Analyse enthielten:

	Grünheu	Braunheu
Proteinstoffe	9,79	10,46
Kohlehydrate	41,58	31,06 incl. Säuren
Fett und Wachs	2,31	2,89
Holzfasern	24,59	28,13
Aaschenbestandtheile	6,73	7,32
Wasser	15,00	20,14
	100,000	100,000

An Zucker, Gummi und Kohlehydraten überhaupt erlitt das braune gegenüber dem grünen Heu einen Verlust von 22,93 Proc. der wasserfreien Substanz, die anscheinend in organische Säuren umgewandelt wurden. Die dabei auftretende Milchsäure scheint sowohl die phosphorsauren Salze als auch andere im Heu vorfindliche Nährstoffe löslicher zu machen und der Verdauung vorzuarbeiten.

Die Braunheubereitung ist besonders für Jahrgänge und Gegenden mit feuchter kühlere Luft, wo Grünheu nur schwierig oder gar nicht bereitet werden kann, geeignet.

Man läßt das Gras mehrere Tage in Gemahlen oder auf künstlich ge-

bildeten Schwaden liegen und wendet diese von Zeit zu Zeit mit dem Rechen oder der Gabel, um es allmählich welk werden zu lassen und durch leichtes Erwärmen einen Theil des Vegetationswassers auszutreiben. Bei passendem Wetter aus einander geworfen und gemischt, wird es dann auf sogenannte Ladehaufen und nach einiger Zeit in Haufen gebracht, die etwa ein Fuder halten.

Unbedingt zu befolgende Regel ist hierbei, das abgewelkte Gras nie zu bearbeiten oder aufzuhäufen, wenn es von Thau oder Regen noch naß sein sollte.

Es erfordert einige Uebung, den richtigen Zeitpunkt zum Einfeimen zu treffen. Kommt es zu feucht in den Schober, so steigt die Gährung und Erhitzung zu einem solchen Grade, daß es im Inneren verkohlt, verdirbt, und an die Luft gebracht selbst in Flammen aufgehen soll ¹⁾.

Bei nicht zu feuchtem Einfeimen dagegen, wobei auf ein sehr gleichförmiges Zusammentreten geachtet werden muß, damit keine hohlen Räume bleiben und

Fig. 6.



Schimmelbildung verhütet wird, verläuft die langsam steigende Erhitzung und allmähliche Abkühlung in mehreren Monaten sehr gleichmäßig.

Auch der zweite Schnitt kann mit Vortheil zu Braungrummet verarbeitet werden, was sich namentlich für hoch gelegene Gegenden und nasse Herbstes empfiehlt. Bei dieser vorgerückten Jahreszeit und deren niedriger Lufttemperatur ist eine zu starke Erwärmung selbst bei größerem Wassergehalt nicht so leicht wie bei der Braunheubereitung zu befürchten, und läßt sich nichtsdesto-

¹⁾ Vergl. Prof. Ranke in München über Heuentzündung. Siebig's Annalen, 167. Bd., S. 361.

weniger nach eigener Erfahrung des Verfassers ein vorzügliches Winterfutter erzielen. Nur darf das Grummet vor vollständiger Vergähung nicht in die Gebäude, sondern muß zuerst ins Freie auf Feimen gebracht werden.

Die Aufbewahrung des Heues in Feimen oder Schobern ist sehr anzuz. §. 50. empfehlen. Abgesehen von der Ersparung an Gebäuderaum verläuft darin die Gähung des frischen Heues sehr gleichmäßig, die Gefahr der Erhizung feuchter eingebrachten Futters ist geringer und das Austassen billiger als in Scheunen und oberhalb der Ställe.

Fig. 6 stellt den Aufbau einer Heuseime (in England) dar. Der Längsrichtung der Feime nach werden in umgelegte Wagenräder hohe Gerüststangen eingesetzt, an deren Spitze Seilrollen befestigt sind. Mittelft dieser wird eine wagerechte Stange an Seilen aufgezogen, über welche ein breites Tuch (von Segelleinwand) gehängt wird, um dadurch ein Zelt über die im Bau begriffene Feime zu bilden und den Regen abzuhalten, bis ein Strohdach über den völlig beendigten Schober angefertigt werden kann.

Damit das Zelt nicht von dem Winde weggeweht und die Gerüststangen umgestürzt werden, ist jede derselben mittelft drei in deren Spitze befestigten Seilen an den Boden angepfählt und das Gleiche mit dem Tuche durch angebrachte Schnüre ermögllicht.

Ein säuern von Gras.

Von den vorstehenden Heubereitungsmethoden ganz verschieden ist das Ein- §. 51. bringen von frischem Gras in Erdgruben, um es darin festgetreten einer (verlustbringenden) Gähung zu unterwerfen, wobei je nach dem Wassergehalt und dem Grad der eintretenden Erwärmung ein mehr süßes oder saures Futter entsteht, das von Rindvieh nicht ungerne aufgenommen wird. Werden diese Gruben nicht überdacht, so leidet die Qualität des Futters durch Regen und Schnee.

Besser ist es, das frische Gras über der Erde auf Haufen zu bringen, welche durch mechanische Hilfsmittel stark zusammengepreßt werden, aber auch hierbei entstehen durch faulige Gähung der äußeren Schichten große Verluste, selbst wenn die inneren brauchbar bleiben.

Nur in vereinzelten Ausnahmefällen, wenn bei anhaltendem Regenwetter die Bereitung von Grün- oder Braunheu unmögllicht ist, sollte man zur Bereitung von Süß- bezw. Sauerfutter aus Wiefengras schreiten; denn die ersten beiden Methoden sind und bleiben die allein normalen für billige und sparsame Gewinnung vorzüglichen Winterfutters.

Auch kann die Bereitung eines solchen in regenreichen Gebirgsgegenden durch Aufstellung von einfachen Gerüsten (Pyramiden), wie sie zur Trocknung des Klees im Freien und in den Alpengegenden auch für Grashen in noch einfacherer Form aus leichten Fichtenhölzern (sogen. Heizen) allgemein üblich und erprobt sind, in praktischer Weise der üblen Witterung zum Troz erfolgen.

In den Alpen bleibt das Heu, wenn es nicht in die bedachten Blockhäuschen, die sogen. Heustadeln gebracht wird, auf solchen Gestellen oft bis in den Winter stehen und wird ohne bedeutenden Verlust auf Schlitten nach Bedarf angefahren. Solche Methoden sind unbedingt dem Einsäuern vorzuziehen.

12. Der Heuhandel¹⁾.

§. 52. Durch die Gährung, welche frisches Heu auf dem Stod durchzumachen hat, sinkt sein spezifisches Gewicht, bei dem Grünheu weniger als bei dem Braunheu, was bei dem Verkauf nach dem Raum wohl zu beachten ist.

In England, wo alles Heu im Freien in Schobern aufbewahrt, und beim Verbrauch mit einem eigenen Heumesser, Fig. 7, in Klößen von $1\frac{1}{2}$ Fuß

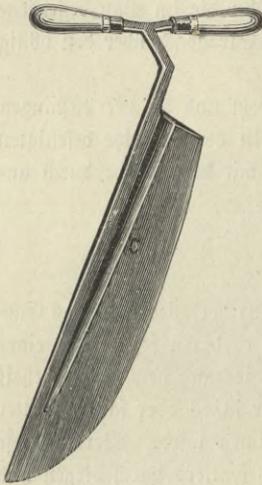


Fig. 7.

Breite, 1 Fuß Dicke und 2 Fuß Länge (engl. Maß) oder von 0,0849 cbm Inhalt zerschnitten, auch nur lose mit einem Strohseil zusammengebunden wird wiegt ein solches Bund altes Heu 56 Pfd. bis 60 Pfd. engl. (25,424 kg bis 27,240 kg), woraus ein spezifisches Gewicht von 0,299 bis 0,32 folgt, was sich aus dem Vergähren in feuchteren Klimaten, in hohen Feimen und dem starken Zusammenpressen durch das Gewicht der auf einander gelagerten großen Heumassen erläutert.

Der Verkauf geschieht nach Lasten von 36 Bund (3,058 cbm), die bis zum 4. September 20 Ctr. oder 1017 kg, nach demselben noch 18 Ctr. engl. oder 915 kg wiegen müssen.

Die Dichte des in Gebäuden aufbewahrten Heues und das hiervon bedingte spezifische Gewicht wechselt jedoch nicht nur nach dem Alter, sondern auch nach der Güte des Grases, der Bereitungsart und der Schichtenhöhe, zwischen 0,06 und 0,1.

Nach Morin faßt der Cubikmeter höchstens 100 kg, oder für die Tonne (1000 kg) sind 10 cbm Raum erforderlich.

Von gebündeltem Heu enthält der Cubikmeter 80 bis 90 kg, oder 100 kg erfordern 1,25 bis 1,11, im Mittel 1,18 cbm.

Diese Zahlen beziehen sich auf die Magazinirung großer Massen in den französischen Militärdepots.

Bei geringeren Mengen sind 1,30 bis 1,68, in der Regel 1,36 cbm für 100 kg Heu erforderlich.

Die geringe Dichte des Heues erschwert und vertheuert den massenhaften Transport und macht es für die Verfrachtung durch Eisenbahnen im ge-

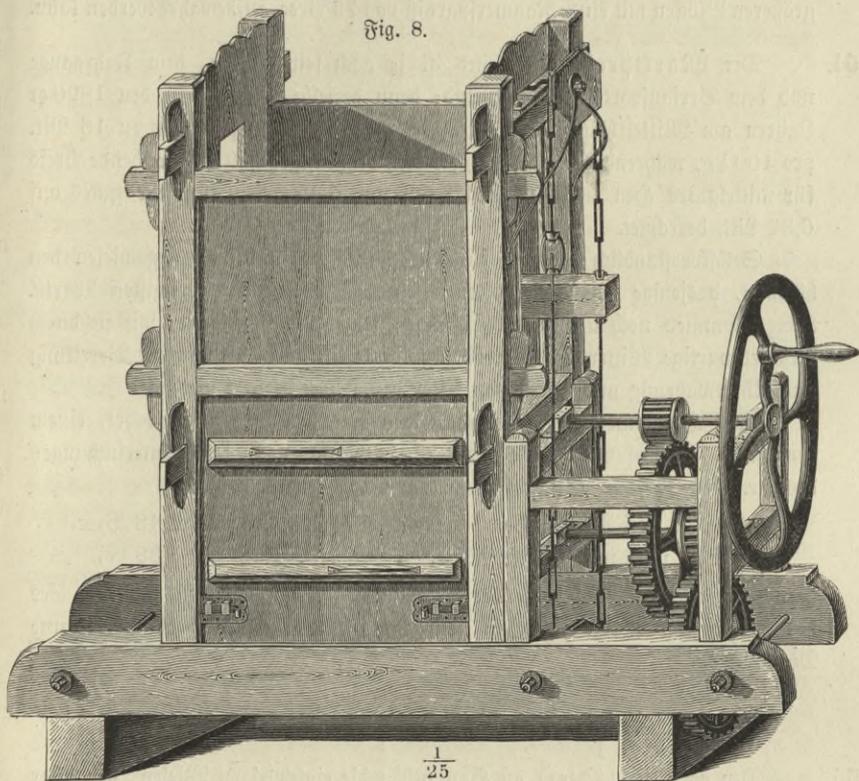
¹⁾ Vergl. Dünkelberg-Fries, a. a. O. S. 125 u. f.

wöhnlichen Zustande der Lockerung ganz ungeeignet. Selbst vom Feinen geschnitten und ungelockert faßt der Waggon anstatt 60 nur 40 Ctr.

Diesem Uebelstand begegnet man durch das Pressen des Heues und ver- s. 53.
wendet dazu entweder Schraubenpressen, wie der Ingenieurgeneral Morin zu Paris, oder die einfachen Hebelpressen, wie sie in Amerika längst üblich sind und auch bei uns in Gebrauch kommen.

Fig. 8 stellt die empfehlenswerthe Construction einer senkrecht wirkenden Presse dar. Mit einer solchen kann das Heu durch Handarbeit höchstens

Fig. 8.


 $\frac{1}{25}$

auf $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ seines ursprünglichen Rauminhaltes und in Ballen von 100 kg zusammengepreßt werden ¹⁾.

Morin berichtet, daß die jährliche Heuration eines schweren Cavalleriepferdes (von 5 kg täglich) mittelst einer von Hand getriebenen wagerecht liegenden Schraubenpresse, in den Raum von fünf Cubikmeter verdichtet

¹⁾ Die Heupressen sind sehr verbessert worden. Gebrüder Böhmer, Magdeburg, bauen eine fahrbare Heu- und Strohpresse für continuirlichen Dampfbetrieb, welche täglich 200 bis 250 Ctr. Preßstroh liefert und neben der Dampfdreschmaschine durch dieselbe kräftige Locomobile betrieben werden kann. Ueber die Leistungen in Heu liegen noch keine Angaben vor.

werden kann und umgiebt die einzelnen Ballen von 100 kg Gewicht und 0,24 bis 0,265 cbm Rauminhalt mit leichten Bändeisen.

Das Auf- und Abladen wie der Transport des gepreßten Heues ist wesentlich erleichtert und billiger; von der Wiese weg gepreßt, vergährt es besser im Ballen, als in der Scheune, wird weicher und von dem Vieh lieber gefressen; denn es verstäubt nicht, wird nur von außen schmutzig, behält seine Blätter, Blüten und Samen und ist schwieriger verbrennlich, da es durch sehr starkes Pressen selbst bis auf die Dichte des Pappelholzes (0,383) gebracht und in größeren Blöcken mit einer Raumerparnisß von 75 Proc. aufbewahrt werden kann.

- §. 54. Der Marktpreis des Heues ist je nach seiner Güte, dem Jahrgange und dem Verkaufsorte sehr wechselnd; denn derselbe wechselte in den 1890 er Jahren am Mittelrhein von 4 Mk. bis zu 17 Mk., ja selbst bis zu 18 Mk. pro 100 kg, während der natürliche, dem Nahrungsgehalt entsprechende Preis für mittulgutes Heu nach v. Wolff sich auf 5,45 Mk., für sehr gutes auf 6,82 Mk. berechnet.

Selbstverständlich hat das feine aromatische Heu der Gebirgswiesen den höchsten, dasjenige von verumpften Niederungswiesen den geringsten Werth. Hierzu kommen noch alle die Abstufungen seiner Nahrhaftigkeit, wie sie durch verschiedenartige Witterung während der Erntezeit, durch die Art der Bereitung und Aufbewahrung und durch das Alter des Heues bedingt werden.

Alles Heu unterliegt, selbst an einem trockenen Orte aufbewahrt, einem langsamen Verwesungsproceß und es entweicht nach den Untersuchungen des Dr. Peters freier Stickstoff aus dem vergärenden Protein.

Betrag in zwei Proben Heu der Stickstoffgehalt 1,81 und 1,48 Proc.

so war er nach zwei Jahren auf 1,68 „ 1,38 „

heruntergegangen. Auch geht der aromatische Geruch verloren und all dies bedingt für das überjährige Heu nothwendig einen geringeren Nutzwert und Marktpreis.

13. Der Rohertrag der Wiesen.

- §. 55. Den geringsten Ertrag an Heu geben die einschürigen Wiesen, der öfter auf 2000 kg und weniger pro Hektar herabsinkt. Gute zweischürige Wässerungswiesen mögen im Mittel 4000 kg Heu und 2000 kg Grummet pro Hektar geben; die besseren Nieselwiesen geben im Mittel 8000 kg Dürrfutter in zwei Schnitten.

Die besten Kunstwiesen des Kreises Siegen bringen dagegen nach genauer Feststellung des Dr. Schenk jährlich bis zu 12 085 kg auf dem Hektar ¹⁾ und zwar in einer Meereshöhe von 230 m.

¹⁾ Die 1885 er Ernte an Heu und Grummet von zwei verschiedenen Wiesen in der „Kinsena“ unterhalb Siegen wurde nach ihrer Vergärung auf dem Stok im Frühjahr 1886 verkauft und genau gewogen:

Sind solche Erträge auch seltener und nur auf gutem Schwemmland und mit fruchtbarem Wasser bei sehr rationeller Behandlung zu erzielen, so deuten sie doch für ähnliche Unterlagen die maximale Grenze an, welche eine gesteigerte Cultur um so eher verwirklichen kann, wenn die Bewässerung noch durch bewußte Anwendung künstlichen Düngers unterstützt wird.

Ein Minimum des Ertrages, bei welchem die Wiesencultur noch lohnt, läßt sich allgemein nicht angeben; aber es ist wichtig, vor jeder projectirten Wiesenverbesserung den Ertrag festzustellen, der vor derselben erhalten wurde und nach derselben erzielt werden kann.

Nach dem Unterschiede der beiden Ernten bemißt sich das Verbesserungscapital, welches noch mit Vortheil veranlagt werden kann.

14. Die Meliorationskosten.

Jede sachgemäße Verbesserung einer Wiese erhöht sowohl ihren jährlichen §. 56. Durchschnittsertrag, als auch demselben entsprechend den Grundwerth derselben. Es giebt, mit Ausnahme der Drainirung sehr nassen Ackerlandes, keine landwirthschaftliche Verbesserung, die sich höher verzinst und schneller amortisirt, als eine zweckmäßig angelegte und gut unterhaltene Kieselwiese.

Bringt ein Hektar nicht-meliorirte Wiese 3000 kg Heu und der Marktpreis des Heues beträgt 6 Mk. per 100 kg, der Rohertrag also 180 Mk. und erhöht sich nach ausgeführter Melioration auf das Doppelte oder 360 Mk., so muß auch der Werth der Wiese entsprechend steigen und das auf ihre Verbesserung verwendete Capital wird in dem vermehrten Rohertrag nicht nur hoch verzinst, sondern auch in wenigen Jahren getilgt, ein Fall, der bei rationeller Wiesenbehandlung sehr häufig ist und die Anlage von Capital in regelrechten Grundverbesserungen dieser Art außerordentlich empfiehlt.

Das Meliorationscapital darf um so höher gegriffen werden, je schlechter die Wiese und je leichter und gesicherter eine Bewässerung einzurichten und zu verbessern ist. Im entgegengesetzten Falle sind die Ausgaben zu beschränken.

Darf und kann das Heu nicht verkauft werden, so ist den erforderlichen Berechnungen der Nutzpries des Dürrfutters zu Grunde zu legen, zu dem es in der Wirthschaft verwerthet werden kann. Dieser Nutzpries steht in der Regel niedriger als der Marktpreis, und in dem Maße, als ein Gut Ueberfluß an Heu und guten Absatz dafür in der Nähe hat, oder für gepreßtes Heu eine Eisenbahn benutzen kann, wird dasselbe Handelswaare, gleich den übrigen ver-

1. Die eine Wiese (nicht bester Lage) brachte auf 120 □ Ruthen 24 Centner Heu, also auf dem Morgen	36 Ctr.
2. Die andere Wiese (bester Lage) ergab auf 7 □ Ruthen 1 Ctr. Grummet, also pro Morgen	$\frac{25\frac{5}{7}}{7}$ "
Zwei Schnitte also	$61\frac{5}{7}$ Ctr.
oder 3035,7 kg auf dem preuß. Morgen.	

Gute Pflege und das fruchtbare Wasser der Sieg erzeugen ein so dichtes und hohes Gras, daß es kaum auf der Fläche, wo es gewachsen, gedörrt werden kann.

künstlichen Producten der Wirthschaft und läßt eine höhere Rente erzielen. In dieser Hinsicht wird dann ein Wiesenbesitz, der unabhängig vom Ackerlande für sich bewirthschaftet wird, besser als unter entgegengesetzten Verhältnissen rentiren und eignet sich zu einer lucrativen Capitalanlage um so mehr, je schlechter die Wiese bei dem Ankauf war und je höher demnach eine rationelle Bewässerungsanlage den Nohertrag steigern kann.

15. Der Reinertrag.

§. 57. Die Cultur- und Erntekosten der Wiesen sind weit niedriger, als bei Ackerland, mithin auch bei gleichen Noherträgen beider die Reinerträge der Wiesen entschieden höher.

Den höchsten Reinertrag liefern Wässerungswiesen in verkehrsreicher Gegend, wo das Heu auf dem Halme verkauft werden kann.

Ihre Bewirthschaftung ist einfach und erstreckt sich nach Einrichtung der Bewässerung auf deren Instandhaltung und richtige Benutzung, auf Ausgleichen entstehender Unebenheiten, den Grasverkauf und die Ueberwachung der Ernte.

Bei Unterhaltung und Pflege der nicht bewässerbaren Wiesen muß dagegen ein besonderes Augenmerk auf anderweite Düngung derselben verwendet werden, die meistens theurer und bei trockener Witterung im Erfolge unsicherer als bei gleichzeitiger Bewässerung sein wird, was die Kosten vermehrt, ohne den Reinertrag immer entsprechend zu erhöhen, weil dieser von dem Jahrgange und seiner mehr oder minder günstigen Witterung und dem wechselnden Marktpreis des Heus abhängiger ist.

Die richtige Behandlung der Wässerungswiesen, als Vorbedingung hohen Reinertrages, hängt eng mit der Kenntniß ihrer Anlage und der Ausführung der Bewässerung selbst zusammen und kann erst nach sachgemäßer Auffassung der in der zweiten Abtheilung zu besprechenden technischen Grundsätze gründlicher erörtert und richtig geleitet werden.

16. Das Verhältniß der Wiesen zum Ackerlande.

§. 58. Wenn man dem Vorstehenden gemäß die Wässerungswiese in ihrem günstigen Einfluß auf das zugehörige Ackerland und die betreffende Wirthschaft unparteiisch ins Auge faßt, so ist nicht zu bezweifeln, daß berieseltes Grasland allein das im fließenden Wasser enthaltene Düngermaterial zu gewinnen und zu verwerthen gestattet, welches ohne diese Culturart für die Wirthschaft verloren gehen müßte.

Ein zweiter wesentlicher Gewinn folgt aus der sicheren und billigen Erzielung organischer Substanz in Form eines gesunden und werthvollen Raufutters, welches die natürlichste Nahrung unserer hauptsächlichsten Hausthiere bildet, ja als beste Grundlage für eine gedeihliche Winterfütterung von

keinem anderen Futtermittel übertroffen wird, und einen wesentlichen Beitrag zu einem an Kali reichen Stallmist liefert, der in seinen organischen und Aschenbestandtheilen die Elemente für neue Ernten in wirksamer Zusammen-
setzung in sich vereinigt.

In Wirthschaften, welche mit technischen Gewerben ausgestattet sind und daraus große Mengen an Futtermitteln besonderer Art gewinnen, wird zwar der Mangel an Heu oder an einem günstigen Wiesenverhältniß weniger direct und nachdrücklich empfunden. Eine genauere Untersuchung zeigt aber, daß die Zuckersfabrikation und die Verfütterung ihrer Abfälle einen außergewöhnlichen Zukauf von Kraftfutter und concentrirten Düngemitteln erforderlich macht, wenn die Ernährung der Thiere eine vollständige sein und u. a. die „Rüben-
müdigkeit“ des Landes verhindert werden soll.

Die Spiritusfabrikation ist in dieser Beziehung besser gestellt, da das eiweißreiche Spilhlucht es gestattet, proteinarmes Futter, wie Stroh und Spreu, in eine gedeichlichere Nahrung umzuwandeln, obgleich auch hierbei nicht zu ver-
kennen ist, daß Thierkrankheiten häufiger dabei auftreten, als in Wirthschaften mit vorwiegender Heufütterung.

Der wichtigste Gesichtspunkt für die Würdigung der Wässerungswiesen ist und bleibt also die Möglichkeit eines einfachen, naturgemäßen und billigen Ersatzes der dem Lande in den verkauften Producten einer Wirthschaft ent-
zogenen stickstoffhaltigen und Aschenbestandtheile.

Es kommt ja den Wirthschaften von außen in dem Düngermaterial des fließenden Wassers und dessen Verarbeitung durch die organische Thätigkeit der Gräser zu gute und ist daher als eine wirkliche Bereicherung des Acker-
landes aufzufassen.

Eine jede Wirthschaft, deren Wässerungswiesen hinreichen, den Entgang an werthvoller Pflanzennahrung in den verkauften Producten durch Verfütterung von Gras, Heu und Grummet zu decken, muß sich in gleicher Fruchtbarkeit er-
halten, und bei einem Ueberfluß derselben in ihren Erträgen steigern lassen.

Welches Verhältniß zwischen Wiesen und Ackerland in diesem Sinne günstig oder ungünstig ist, kann im Allgemeinen nicht bestimmt, sondern muß als eine wechselnde Größe für jeden einzelnen Fall beurtheilt werden. Es folgt aus der Gegenüberstellung der in den verkauften Producten der Wirthschaft entgehenden Düngerbestandtheile und der zu ihrer Deckung erforderlichen Ernte an Gras und Heu¹⁾.

17. Wiesen-Meliorationen im Allgemeinen²⁾.

Verschieden von den technischen Verbesserungen, welche sich auf einzelne §. 59.
Privatwiesen erstrecken, sind genossenschaftliche von größerem Umfang, je

¹⁾ Vergl. hierüber die Einleitung S. 5 bis 8, die §§. 23 bis 25, und Dunkelberg-
Fries, a. a. O. S. 135 u. f.

²⁾ Vergl. Encyclopädie der Culturtechnik, Bd. 2, S. 3.

nachdem bereits bestehendes Culturland oder sogar uncultivirtes Land durch Ent- und Bewässerung im Ertrag erhöht und dadurch zu Landes-Meliorationen werden.

Diese sind entweder eigentliche oder uneigentliche Verbesserungen.

Während jene nach ihrer Vollendung durch erhöhten Reinertrag nicht nur den Kostenaufwand landesüblich verzinsen und sogar allmählich tilgen, ist dies bei uneigentlichen Meliorationen nicht ohne Weiteres der Fall. Denn es genügt nicht die genossenschaftliche Herstellung der Hauptcanäle für Zu- und Ableitung des Niesel- und Grundwassers, welche auf ausgedehnten Landflächen und für Wehre und Schleusen beträchtliche Geldmittel und deren Verzinsung beanspruchen; es sind vielmehr häufig umfangreiche Urbarmachungen und Flächenumformungen seitens der Privatbesitzer zur richtigen Ausnutzung des Nieselswassers nöthig, und ihre sachgemäße Vollendung erfordert neben Capital vor allem Zeit, welche nicht beliebig zu kürzen sind. So entstehen Zinsverluste, zu welchen sich die jährlich wiederkehrenden Genossenschaftsauflagen gesellen, und es vergehen Jahre und Jahrzehnte, bis die volle Nutzung des Unternehmens eintritt, wie dies u. a. in der Vocker Heide der Fall war.

Hierunter leiden die weniger capitalkräftigen Wiesenbesitzer am meisten und sind häufig genöthigt, sich ihres Besitzes zu entäußern, wenn nicht Communen, Kreise, Provinzen und der Staat, durch entsprechende Geldbeiträge die allgemeinen Schulden der Genossenschaft ermäßigen.

Nur allzu häufig wird diese Verschiedenheit eigentlicher und uneigentlicher Wiesen-Meliorationen übersehen und allzu spät der begangene Mißgriff erkannt. (Vergl. Encyclopädie der Culturtechnik, Bd. 1, Einleitung.)

Der Grasbau

im Allgemeinen, insbesondere auf Rieselwiesen

und die

künstliche Düngung der Wiesen.

I. Charakteristik der Süßgräser¹⁾.

Für richtiges Ansprechen der nach ihrer morphologischen und biologischen §. 60. Zusammensetzung überaus wechselnden Grasnarben der Wiesen und Weiden und für zweckmäßige Auswahl und Mischung der Grasamen bei künstlicher Ansaat sind die Wurzelbildung und Bestockung der Süßgräser von wesentlicher Bedeutung.

1. Die Bewurzelung.

Ihre Büschelwurzel ist aus zahlreichen, ziemlich gleichmäßigen, dicht gedrängten Wurzelfasern zusammengesetzt, indem die aus dem Samenkeim entsprossene Hauptwurzel sich nur unbedeutend entwickelt und von den dem untersten Stengelknoten entsprossenden, durch fortschreitende Bestockung vermehrten Nebenwurzeln (Wurzelfasern) bald überwachsen wird.

Thauwurzeln heißen speciell die in den obersten Bodenschichten sich zu einem dichten Filz entwickelnden Wurzelfasern, welche den Rasen derart zusammenhalten, daß er in Quadraten und Rollen abgeschält werden kann.

Hier von sind die sogen. kriechenden Wurzeln zu unterscheiden, welche unterirdische Ausläufer (Stolonen) sind und aus dem Niederblattstengel (s. u.) entstehen.

2. Die Blatt- und Stengelbildung.

Der Stengel (Halm) der eigentlichen Gräser ist krautig, hohl und durch §. 61. Knoten (Scheidewände) gegliedert. Nach der verschiedenen Ausbildung seiner Blätter unterscheidet man:

a) den Keimblattstengel, das unterste Stengelglied und sein am Grunde befindlicher Knoten;

b) den Niederblattstengel, der übrige unterirdische Halmtheil mit unvollkommenen, scheidenartigen Blättern, aber ausgezeichnet durch sehr starke Ast- und Nebenwurzelbildung;

¹⁾ Nach einer ungedruckten Arbeit des Dr. Schenk-Siegen, früheren Directors der dortigen Wiesenbauhschule, eines anerkannt gründlichen Kenners und Forschers auf dem Gebiete der Gräser und ihrer Cultur.

c) den Laubblattstengel, der oberirdische, mit grünen Laubblättern versehene, meist unverästelte Halm;

d) den Hochblattstengel oder die Spitze des oberirdischen Halmes. Er ist in der Regel sehr ästig und trägt in den Achseln unvollkommen entwickelter Blätter (Deckblätter) die Blüthen.

3. Die Bestockung.

§. 62. Der Grasertrag ist nicht nur von der Menge der oberirdischen Halmtheile, sondern wesentlich auch von der Entwicklung der Niederblattstengel bedingt, weil hiervon die Bestockung abhängt.

Dieser unterirdische Halmtheil zeigt in der Regel sehr kurze Glieder, indem die mit Nebenwurzeln versehenen Knoten dicht über einander zusammengedrängt sind. Diese Knoten tragen je ein schuppenartiges Niederblatt, aus dessen Achsel ein Ast entspringt.

Diese genau wie der Halm gebauten, kurzgliedrigen, mit Niederblättern besetzten Aeste treiben ebenfalls wieder Aeste und Nebenwurzeln.

Die Bestockung, d. h. die fortwährende seitliche Ausbreitung einer und derselben Graspflanze beruht sonach auf der wiederholten Bildung von unterirdischen Nesten und Nebenwurzeln.

Bei einjährigen, nach der Samenreife ganz absterbenden Gräsern wachsen jene Seitentriebe aus den Achseln der Niederblätter und den der Oberfläche zunächst stehenden Laubblättern sofort in oberirdische Halme aus, die ziemlich gleichzeitig mit den zuerst gebildeten Halmen blühen und ihre Samen reifen. So z. B. die Kulturgräser des Getreides und einige Unkrautgräser, wie der Windhalm (*Apera spica venti*), der Ackerfuchsschwanz (*Alopecurus agrestis*), der Flughafser (*Avena fatua*), der Taumellolch (*Lolium temulentum*), die Trespenarten (*Bromus secalinus*, *arvensis*, *mollis*), das jährige Rispengras (*Poa annua*), der Hahnenfuß-Fennich (*Panicum crus galli*), die Borstenhirse (*Setaria viridis*).

Bei mehrjährigen Gräsern, wie den meisten Wiesen- und Weidegräsern, treibt der Niederblattstengel im ersten Jahre nur kurze, kurzgliedrige, dicht beblätterte Aeste, unfruchtbare Blattbüschel genannt, weil sie erst im folgenden Jahre Halme treiben, blühen und nach der Fruchtreife absterben; während dieses Processes entwickeln sich aber wieder neue Blattbüschel, die im folgenden Jahre blühen.

Die dauernde Ertragsfähigkeit dieser Wiesen- und Weidegräser und ihre unausgesetzte Nutzung beruht also darin, daß sich in jedem Jahre neben samen tragenden Halmen unfruchtbare Blattbüschel entwickeln, welche im Grummet wohl noch die Sense, die kürzeren aber nur der Zahn der Weidethiere erfassen kann.

Das sogen. Bodengras besteht nicht nur aus niedrigen Grasarten, sondern hauptsächlich aus jenen im Frühjahr gebildeten Blätterbüscheln, und

wenn die Witterung des Jahres oder der Zahn der Thiere bei übersehter Weide ihre Entwicklung schädigt, so muß dies auch auf die nächstjährige Ernte nachtheilig einwirken.

Bei Kieselwiesen läßt sich dagegen dieser Nachtheil durch rationelle Benutzung des Wassers verhüten und darin beruht wesentlich ihr großer Vorzug vor den nicht bewässerbaren Wiesen, weil nicht nur die Frühjahrs- und Sommerwässerung die Grasnarbe gegen schädliche Temperaturen zu schützen, sondern auch in Verbindung mit der Herbstwässerung eine immer wiederkehrende Düngung und dadurch eine raschere gesunde Neubildung der Grasnarbe zu sichern gestattet.

4. Der Erdstamm der Gräser.

Im Gegensatz zu den jährlich absterbenden Halmen sind die unterirdischen §. 63. Sprossen der im Verlaufe längerer Jahre sich immer mehr ausbreitenden Niederblattstengel als Erdstamm zu bezeichnen.

Die Formen des Erdstammes sind mehrfach und seine Bestockung daher eine vierfache.

1. Die Aeste gehen von der Achse des Erdstammes strahlenförmig aus und verzweigen sich in kleinem Raume vielfach. Dadurch stehen die aus vielen zusammengedrängten Knoten entspringenden Blattbüschel und Halme sehr dicht und bilden mit ihren nach allen Seiten radienartig entwickelten Blättern einen nahezu halbkugelförmigen Busch, dessen äußerste Blätter darniederliegen, die inneren aber aufrecht stehen — Buschgräser. Diese Form zeigt am deutlichsten die Rasenschmiere (*Aira caespitosa*)¹⁾.

Buschgräser können niemals eine geschlossene Grasnarbe bilden, weil die rundlichen Büsche stets vereinzelt stehen, leere Stellen zwischen sich lassen, niemals in einander wachsen und deshalb auch kein anderes Gras in ihre geschlossenen Gruppen hineinwachsen lassen. Sie bilden die Vegetation subtropischer Grasfluren Nord- und Südamerikas, der Prärien und Pampas etc., wo sie *Pasto tierno* (weiche saftige Gräser) heißen und als Rindviehweide dienen, während andere harte kieselreiche Gräser (*Pasto fuerte*) als Schaf- und Pferdeweide genutzt werden. In gemäßigten Klimaten zählen zu den Buschgräsern meist niedrige Gewächse mit borstigen Blättern, wie Schaffschwingel (*Festuca ovina*), der sich noch zu karger Weide auf magerem Sand eignet, der härtliche Schwingel (*F. duriuscula*), der Hainschwingel (*F. heterophylla*), die Drahtschmiere (*Aira flexuosa*).

2. Den Buschgräsern stehen der Form nach die binsenartigen Gräser

¹⁾ *Caespes* bedeutet einen buschigen Grasstock und wird gewöhnlich mit „Rasen“ übersetzt, obwohl unter dieser Benennung etwas Anderes, nämlich die Grasnarbe zu verstehen ist; das obengenannte Gras würde daher besser als Buschschmiere bezeichnet.

nahe, die wie das Vorstengras (*Nardus stricta*) einen ziemlich wagerecht liegenden Erdstamm und aus dessen dicht auf einander folgenden Knoten zwei Reihen kurzer, aufrechter Aeste treiben, die einige Jahre lang Blattbüschel und Halme entwickeln, wobei der Erdstamm von hinten her abstirbt, weil seine Aeste ihre Triebkraft verlieren, und sich so im Vorderende durch Bildung neuer aufrechter Aeste verlängert — die Pflanze „wandert“. Auch diese Form zeigt dicht gedrängte Blattbüschel und Halme, weshalb sich die am Rande stehenden Blätter auf den Boden legen und der oberirdische Grasstock ein buschiges Ansehen gewinnt.

3. Verästelt sich der Grasstock weniger regelmäßig, sondern nur dahin, wo sich genügender Raum findet, durch etwas längere Glieder, so erscheinen Blattbüschel und Halme weniger zusammengedrängt, und mehr vereinzelt über den vom Erdstamm eingenommenen Raum, auf welchem sich andere, ähnlich bestockende, gesellig wachsende Gräser ansiedeln; sie bilden daher niemals abgesonderte Büsche, sondern gleichmäßig über den Standort verbreitete Bestände von Blättern und Halmen.

§. 64.

Diese Bestockungsform charakterisirt die eigentlichen Wiesengräser, zu welchen auch solche Arten gehören, welche für sich allein stehend, wie z. B. das englische Raygras (*L. perenne*) Büsche bilden, sich aber bei dichter Ansaat in der gedachten Bestockungsform entwickeln.

Es gehören hierhin auch: das italienische Raygras (*Lolium italicum*), der Wiefenschwingel (*Festuca pratensis*), das Kammergras (*Cynosurus cristatus*), das Rnaulgras (*Dactylis glomerata*), das gemeine Rispengras (*Poa trivialis*), das fruchtbare (*P. fertilis*) und das Hainrispengras (*P. nemoralis*), das Zittergras (*Briza media*), der Goldhafer (*Avena flavescens*) und das hohe Hafergras (*A. elatior*), der gemeine Windhalm (*Agrostis vulgaris*), das Wiesenlieschgras (*Phleum pratense*), der Wiesenfuchschwanz (*Alopecurus pratensis*), das Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*).

4. Zur vierten Bestockungsform gehören die sogen. Queckengräser, deren Erdstamm längere, langgliedrige, wagerecht fortwachsende Aeste oder unterirdische Ausläufer (*Stolonen*) treibt, die an jedem ihrer Knoten Würzelschen entwickeln, sich an ihrer Spitze wieder aufrichten und etwas entfernt von der Mutterpflanze zu scheinbar neuen selbstständigen Pflanzen aufwachsen.

Hierhin zählen die Quecke (*Triticum repens*), das platte Rispengras (*Poa compressa*), das weiche Honiggras (*Holcus mollis*), das einblütige Perlgras (*Melica uniflora*), das rohrartige Glanzgras (*Phalaris arundinacea*) und von guten Futtergräsern: das Wiesenrispengras (*Poa pratensis*), das weiße Straußgras (*Agrostis alba* s. *stolonifera*) und der rothe Schwingel (*Festuca rubra*).

Die beiden ersteren (Poa- und Agrostis-Arten) dürfen bei der Wiesenansaat nicht fehlen, weil sie mit ihren kriechenden Ausläufern die kleinsten pflanzenleeren Stellen in der Grasnarbe auffuchen und ausfüllen.

5. Die Halm-, Blüthen- und Samenbildung.

Der belaubte (beblätterte) Laubstengel geht nach oben in den Hochblatt §. 65. stengel über, welcher durch kürzere Halmglieder, zurücktretende Blattbildung und beständige, oft sehr reichliche Aftbildung ausgezeichnet ist. An den Gliedern der Hauptachse (Spindel) entwickeln sich die Blüthen in den Achseln der Spelzen.

Der Blüthenstand tritt allgemein in zwei Hauptformen als Aehre und Rispe auf.

Bei der Aehre sind die Aeste der Spindel verschwindend kurz und bilden die von ihrem Ursprung an mit Spelzen besetzte Aehrchen-spindel, an welcher die Blüthen abwechselnd sitzen. Bei der Rispe dagegen sind die Aehrchen immer, kürzer oder länger, gestielt, weshalb die Rispenform mannigfach wechselt.

Die Grasfrüchte, der sogen. Gräseramen des Handels, lösen sich bei der Samenreife nur weniger Gräser frei und ohne weitere Hülle ab, wie bei dem Pfeifengras (*Molinia*) und dem Mannaschwingel (*Glyceria*).

Bei allen anderen einheimischen Gräsern bleibt die Frucht von den Spelzen umschlossen.

Die Untersuchung des künstlichen Gräseramens, in welchem gute Futtergräser meist mit schlechteren Arten vermischt und mehr oder minder verfälscht sind, fußt nur auf der Kenntniß der Form und Farbe der Grasfrüchte und der Gestalt, Größe und Behaarung der Spelzen der verschiedenen Arten.

Die Qualität des Gräseramens ist um so geringer, je mehr darin taube Spelzen (oft mit 50 Proc.) vertreten sind. Dies ist durch verschiedene Ursachen bedingt.

1. Bei vielen Gräsern sind die endständigen oder die untersten Blüthen immer taub.
2. Auch reifen die fruchtbaren Blüthen einer Aehre oder Rispe zu ungleichen Zeiten und der Heuabfall oder Heusamen wird, je nach dem Beginn und Schluß der Ernte, entweder gar keine oder nur die keimfähigen Früchte der früh blühenden Gräser enthalten. Um daher guten, reinen Samen zu erzielen, säe man die gewünschten Arten, jede für sich, auf gut gedüngtes Ackerland, jäte fleißig, entferne besonders die schlechten Gräser und schneide die Halme, wenn sie nach oben gelb werden, auch Spelzen oder Aehrchen sich leicht abstreifen lassen. Die Halme werden späterhin zum Trocknen und Nachreifen in bedachten Räumen dünn ausgebreitet und später ausgedroschen und die Samen von Halmen und tauben Spelzen gereinigt.

3. Der Blütenstaub scheint nur in freier Luft auf den Stempel gelangen zu können, Stempel und Narbe sind aber gegen Kälte sehr empfindlich. Tritt daher kalte Witterung zur Blüthezeit ein, so erfolgt keine Befruchtung. Dies trifft besonders bei dem frühblühenden Wiesenfuchschwanz zu.

6. Benennung und Eigenschaften der Süßgräser.

§. 66. Aus den hierhin gehörigen natürlichen Gruppen sind als gebräuchliche und nützliche Grasarten hervorzuheben:

1. Wiesenfuchschwanz (*Alopecurus pratensis*), Erdstamm ausdauernd, mit kurz kriechenden Verzweigungen, Halm $\frac{2}{3}$ bis 1 m, walzenförmige Rispenähren, im Mai, öfters ein zweites Mal im September entwickelt; auf feuchten, fruchtbaren Wiesen, am üppigsten bei Verieselung mit dungreichem Wasser, in der Nähe der Gräben zum Lagern und Faulen neigend, deshalb früh zu mähen; kann auch auf kräftigem, lehmigem Acker angesät werden; eins der besten, nahrhaftesten Futtergräser, frühblühend und hoch.

Rohrfuchschwanz (*A. arundinaceus*), weitkriechender ausdauernder Erdstamm, vegetirt Mai bis Juli, auf Salzwiesen der Nord- und Ostsee.

2. Wiesenlieschgras, Timothygras (*Phleum pratense*), rasenbildender, ausdauernder Grasstock mit locker buschigem Wuchs, auf trockenem Boden oft am Grunde zwiebelig verdickt, aufrechter Halm $\frac{1}{3}$ bis 1 m, walzenförmige Rispenähre, Größe und Form der Scheinfrucht etwa wie Kleesamen; Juli bis September häufig auf Wiesen, Weiden, an Wegen und Rainen. Sehr gutes, nahrhaftes Futtergras für Wiesen und Aecker. Spät blühend, mittelhoch. Unter Klee gefäet, liefert dieses Gras erst im zweiten Jahre größere Futtermengen, da es sehr langsam wächst.

3. Glanzrohr, Wasserhafer, im Volksmunde seiner hohen Halme und ausgebreiteten Rispe wegen auch „Bachhafer“ genannt (*Baldingera arundinacea*). Ausdauernder Erdstamm mit langen, kriechenden Ausläufern, deshalb zur Befestigung der Fluß- und Bachufer und Grabenböschungen geeignet, länglich spitze Rispe, Juni bis Juli. Als Futter jung zu mähen.

4. Gemeines Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*). Buschiger, ausdauernder Stock, nur mit anderen Gräsern rasenbildend, treibt zahlreiche, glatte, dünne Halme, längliche, spitze Rispe, Juni bis September; gemein auf trockenen Wiesen und Triften, in lichten Wäldern, auf Kieselwiesen nur schwach entwickelt und nur die trockenen Stellen, etwas von den Gräben entfernt einnehmend. Sein stark riechendes Alkaloid giebt dem Heu den eigenthümlichen Geruch; wenn darin allzu sehr vorwaltend, dem Vieh nicht angenehm. Das Gras hat für Kieselwiesen keine Bedeutung. Der Samen ist in den Siegener Haubergen zu gewinnen und theuer.

5. Weißes Straußgras, Fioringras (*Agrostis alba*, s. *stolonifera*), ausdauernder Erdstamm mit kriechenden Ausläufern, aufrechter oder

geknieter Halm $\frac{1}{3}$ bis 1 m aufsteigend, kegelförmige Rispe, auf feuchten Wiesen und Waldstellen. Ein sehr gutes Futtergras, für Kieselwiesen sehr geeignet, weil seine Ausläufer alle leeren Stellen im Rasen rasch ausfüllen und seine zahlreichen Blattbüschel ein dichtes Untergras bilden; gegen kalte Witterung unempfindlich, trockener Boden sagt ihm nicht zu.

Gemeines Straußgras (*A. vulgaris*). Rasenbildender, ausdauernder Grasstock, mitunter mit kurzen Ausläufern; dünner, aufrechter, $\frac{1}{3}$ bis 1 m langer Halm mit Rispe. Juni bis Juli, auf trockenen Triften, an Wegen und Rainen. An nassen Orten legen sich die Halme gern nieder und bewurzeln sich an den Knoten; für Kieselwiesen wenig werth, auf Weiden und Bergwiesen ein süßes Futter.

6. Weiches Honiggras, Roßgras (*Holcus mollis*). Ausdauernder §. 67. Erdstamm mit kriechenden Ausläufern, Juli bis August; in Wäldern und Gebüsch, nur als Weidegras benutzbar, ohne besonderen Futterwerth.

Wolliges Honiggras (*Holcus lanatus*). Ausdauernder, sehr dichtbuschiger Stock, Halm an den unteren Knoten dicht behaart, Rispe meist hellroth; Mai bis Juni, auf trockenen und feuchten, selbst moorigen Wiesen, von geringem Futterwerth. Da der reiche Samenausfall mit der Heuernte zusammenfällt, verbreitet es sich, wenn einmal vorhanden, sehr stark, friert aber in sehr kalten Wintern leicht aus. Der behaarten Halme und Blätter wegen grün vom Rind ungerne aufgenommen; Brandpilze setzen sich leicht in die Haare fest und wachsen als orangegelbe Punkte und Striche auf den Blättern; solches Futter kann nicht gedeihlich sein.

7. Rasenschmiere (*Aira caespitosa*). Dichter, buschiger ausdauernder Grasstock; Halme stark, aufrecht 1 bis $1\frac{2}{3}$ m hoch; pyramidenförmige Rispe mit langen, wagerechten Ästen. Juni bis Juli; findet sich an nassen, quelligen Stellen, seiner scharfen Blätter und dichten Büsche wegen, welche die Sense nicht durchschneidet, vom Vieh verschmäht und deshalb ein Wiesenunkraut; trotzdem wird es von unkundigen Samenhändlern geführt und dient zur Vermischung mit den *Poa*-Arten.

Schlängelige Schmiere (*A. flexuosa*), häufig in trockenen, lichten Wäldern, geringes Weidegras, für Wiesen nutzlos und dient zur Verfälschung des Goldhaferamens.

8. Goldhafer (*Trisetum* s. *Avena flavescens*), ausdauernder, rasenbildender Stock, mit aufrechtem oder am Grunde geknicktem Halm, länglicher, kegelförmiger, in und nach der Blüthe glänzend gelber Rispe; Juni bis September; auf fruchtbaren, nicht feuchten Wiesen. Wird als Futtergras etwas überschätzt; sein theurer Samen in der Mischung entbehrlich.

Hoher Glanzhafer, französisches Raygras (*Arrhenatherum elatius*). Ausdauernder, rasenbildender Stock mit großen Blätterbüscheln, $\frac{2}{3}$ bis $1\frac{1}{3}$ m hohen, starken Halmen und langen, schmalen, spitzen Rispen, Juni bis Juli; ein geschätztes Futtergras für Kieselwiesen und den Feldgrasbau; in

unserem Klima das größte Gras, kommt aber über 320 m Seehöhe nicht mehr gut fort.

9. Weichhaariges Hafersgras (*Avenastrum pubescens*). Ausdauernder, rasenbildender Stoc, aufrechte, $\frac{1}{3}$ bis 1 m hohe Halme, längliche, etwas zusammengezogene Rispe; Mai, Juni, rasch verblühend, verträgt verspätetes Heuen nicht, weil schnell erhärtend. Auf fruchtbaren Wiesen und in wärmeren Lagen ein gutes Futtergras, scheint kalkhaltigen (also trockeneren) Boden zu bedürfen.

Wiesenhafersgras (*A. pratense*). Dichtbuschiger, ausdauernder Stoc mit aufrechten, $\frac{1}{3}$ bis 1 m hohen Halmen. Juni. Nur an trocken belegenen Orten, an Wegen, gehört aber nicht auf Wiesen, da es ein hartes, rauhes Futter giebt.

10. Nördliches Schwingelschilf (*Grapphorum arundinaceum* s. *Festuca borealis*); ausdauernder Erdstamm mit langen, kriechenden Ausläufern; Juni, Juli. In Landseen und an Flußufern zwischen dem Rohr; in Brandenburg, Pommern, Mecklenburg, Holstein; ohne wirtschaftlichen Werth.

11. Gemeine Kammschmiel (*Koeleria cristata*). Ausdauernder, buschiger, auch rasenbildender Stoc, aufrechter Stengel, etwas ausgebreitete, verästelte Rispe. Juni, Juli. Auf trockenen Wiesen und Tristen (Kalkboden) in wärmerem Terrain, nicht im kälteren Gebirge. Ohne großen Werth, höchstens auf trockenem Boden brauchbar.

§. 68. 12. Die eigentlichen Rispengräser (*Poa*-Arten), wovon folgende erwähnenswerth sind:

Jähriges Rispengras (*Poa annua*), einjährig, seiner geringen Blattbüschel und Halme wegen zum Futterbau ungeeignet. Als Unkraut an Wegen und Chausséen, wenn des ablaufenden dungreichen Wassers wegen oft üppig entwickelt und abgeweidet. Zum Anbau ungeeignet.

Hain-Rispengras (*Poa nemoralis*). Ausdauernder Busch mit kurzen Ausläufern. Halm $\frac{1}{3}$ bis 1 m hoch, längliche Rispe, in verschiedenen Formen vorkommend. Juni bis Juli. Giebt in Laubwäldern Weide und ist auf Wiesen seiner zahlreichen Blattbüschel wegen als Untergras nützlich.

Spätes Rispengras (*Poa palustris*, s. *serotina*, s. *fertilis*). Ausdauernder, rasenbildender Stoc, glatte, $\frac{1}{3}$ bis 1 m hohe Halme, an den unteren Knoten Blattbüschel und Nebenwurzeln treibend, ausgebreitete Rispe. Juli bis September. Auf feuchten Wiesen, besonders an Fluß- und Bachufern und Grabenrändern. Ein gutes Futtergras, liefert seiner nachsprossenden Blatttriebe wegen im Grummettrieb viel Masse, da es eins der spätesten Gräser ist.

Wiesen-Rispengras (*Poa pratensis*). Ausdauernder Erdstamm mit langen, kriechenden Ausläufern und glattem, kahlem, $\frac{1}{6}$ bis $\frac{2}{3}$ m langem Halm, kegelförmiger, gleichseitiger Rispe. Kommt je nach dem trockneren oder feuchteren Standort in vier Formen vor. Juni und später. Ueberall und auf Kiefernwiesen, seiner vielen Ausläufer wegen zur Ausfüllung der leeren

Rasenstellen kaum zu entbehren; ein gutes Futtergras, jedoch nur als Untergras von Bedeutung.

Gemeines Rispengras (*P. trivialis*). Ausdauernder, rasenbildender Stod; mit etwas rauhem, $\frac{2}{3}$ bis 1 m hohem Halm und Blattstcheiden (hierdurch von dem vorigen leicht zu unterscheiden), mit kegelförmiger Rispe und wagerecht abstehenden, dünnen Aesten. Juni bis Juli. Ueberall auf fruchtbaren, besonders auf feuchten und Kieselwiesen; ein sehr gutes Futtergras mittlerer Höhe mit reichlichen Blatttrieben.

13. Gemeines Knaulgras (*Dactylis glomerata*). Ausdauernder, rasenbildender Stod; $\frac{1}{3}$ bis 1 m hoher Halm, meist vereinzelt Rispenäste. Mai bis Juli. In Gebüsch, an trockenen Stellen, niemals auf Kieselwiesen und deshalb hier nicht anzufinden. Ein vorzügliches Futtergras auf kräftigen Aekern, weil es rasch nachtreibt und mehrere Schnitte giebt.

14. Fluthendes Süßgras oder Mannaschwingerl (*Glyceria fluitans*). Ausdauernder, Ausläufer treibender Erdstamm, im Wasser fluthende Halme, auf trockenerem Standort niederliegend. Rispe mit langen Aesten. Mai bis Juli. In Gräben und Bächen, auch an den Rändern. Weil nassen Standort liebend, auf Wiesen unbrauchbar, obwohl von Futterwerth. Samen als „Frankfurter Schwaden“ im Handel.

Großes Süßgras (Mielitz) (*Gl. aquatica s. spectabilis*). Ausdauernder Erdstamm mit starken Ausläufern; aufrechte, dicke, 1 bis 2 m hohe Halme; große, gleichseitige Rispe mit abstehenden Aesten. Juni bis August. Ein hohes Schilfgras; stellenweise an Teichen und Flußufer in großen Beständen. Wird als Heu vom Rinde gern aufgenommen.

15. Mittleres Zittergras (*Briza media*). Kleiner, ausdauernder Busch und mitunter mit kurzen, ausläuferartigen Trieben, $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{2}$ m langen, aufrechten Halmen, rundliche Rispe. Mai bis Juli. Auf trockenen Wiesen, ein gutes Futter, aber kurzes Untergras.

16. Gemeines Kammgras (*Cynosurus cristatus*). Ausdauernder, §. 69. rasenbildender, buschiger Stod; $\frac{1}{4}$ bis $\frac{2}{3}$ m hohe, straff aufrechte, glatte Halme; Rispe gleich breit vom Grunde bis zur Spitze. Juni bis Juli. Auf Wiesen und Grasplätzen, geringe Futtermengen liefernd; auf den norddeutschen Marschweiden in Blüthe vorkommend, weil das Vieh es nicht gern frißt; sein Futterwerth nach Menge und Güte daher vielfach überschätzt.

17. Schaffschwingerl (*Festuca ovina*), je nach der Güte des Standortes in fünf Abarten auftretend. Dichtbuschiger, ausdauernder Stod, meist mit zahlreichen, $\frac{1}{6}$ bis $\frac{2}{3}$ m hohen Halmen; aufrechte, zusammengezogene Rispe. Mai bis Juli, an trockenen Orten, an Wegen, in Wäldern und Gebüsch häufig. Nur Weidegras, aber vom Rinde weniger, von den Schafen gern aufgenommen.

Rother Schwingerl (*F. rubra*). Ausdauernd; aufrechte, vereinzelt, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ m hohe Halme. Juni, Juli. Auf trockenen Wiesen und Rainen,

gedeiht aber auch auf Kieselwiesen und liefert hier ein zartes Untergras, welches mit seinen Ausläufern die leeren Stellen ausfüllt.

Wiesenschwingel (*F. pratensis*). Ausdauernder, rasenbildender (einzeln buschiger) Stoc; glatte, $\frac{1}{2}$ bis 1 m hohe Halme, meist am Grunde gekniet; aufrechte, vor und nach der Blüthe zusammengezogene Rispe. Juni, Juli. Ueberall auf Wiesen und Grasplätzen; vorzügliches Futtergras mit reichlichen Blattbüscheln, von mittlerer Höhe und Blüthezeit. Eignet sich zum Grassbau auf fruchtbarem Acker und darf auf keiner Kieselwiese fehlen.

Kohrschwingel (*F. arundinacea*). Ausdauernd, stärker als der vorige, $\frac{2}{3}$ bis $1\frac{1}{3}$ m hoch; ausgesparnte Rispe. Juni, Juli. Stets nur an nassen Orten, Ufern und Gräben; gern vom Vieh aufgenommen, paßt aber nicht auf Kieselwiesen.

18. Aufrechte Trefse (*Bromus erectus*). Ausdauernder, buschiger, rasenbildender Stoc; kahle, aufrechte, $\frac{1}{3}$ bis 1 m hohe Halme; schmale Rispe-Mai, Juni, August. Kalkhold auf trocknen Grasplätzen und an Wegen. Mittelmäßiges Futtergras.

Wiesentrefse (*B. racemosus*). Einjähriger Stoc, wenige, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ m hohe Halme, meist schmale, traubenförmige Rispe. Mai, Juni. In wärmerem Klima, auf fruchtbaren, etwas feuchten Wiesen, wegen des starken Samenausfalles meist gesellig wachsend. Als Futter brauchbar, aber nicht auf Kieselwiesen seiner kurzen Dauer wegen.

Weiche Trefse (*B. mollis*). Einjähriger Stoc mit wenig 8 bis 10 cm hohen Halmen und aufrechter Rispe. Mai, Juni und später. Auf feuchten Wiesen kümmerlich; überall an Wegen und bei Ortschaften, durch starken Samenausfall reichlich nachwachsend. Samen dient zur Verfälschung, z. B. des englischen Raygrases. Nicht ohne Futterwerth, aber für Kieselwiesen ganz nutzlos.

19. Englisches Raygras (*Lolium perenne*). Ausdauernder, buschiger, rasenbildender Stoc; glatte, $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ m hohe Halme; zweizeilige Aehre, mit zahlreichen Aehrchen. Juli bis September. Gemein auf trocknen Wiesen und Grasplätzen und an Wegen. Gutes Futtergras, auf trockenem Standort leicht erhärtend und dann nur für Pferde brauchbar. Kommt niemals auf Kieselwiesen vor und ist deshalb nicht in die Samenmischung zu nehmen. Dagegen zu kurzdauerndem Grassbau auf kräftigem Acker, hauptsächlich für Parks, geeignet, wobei feinblättrige Abarten Verwendung finden. Trotz der reichlichen Saat erscheinen in seinem Rasen bald leere Stellen, weil eine einzelne Grasart für sich nicht lange ausdauert.

Italienisches Raygras (*L. italicum*). Kaum zweijähriger, buschiger oder rasenbildender Stoc mit $\frac{1}{3}$ bis 1 m hohen Halmen. Aehre mit zur Blüthezeit abstehenden Aehrchen, die bei der vorigen Grasart dicht an der Spindel anliegen. Schon im ersten Jahre reichlich tragendes, gutes Futtergras das auf kräftigem Boden rasch nachtreibt und besonders bei Güllebewässerung mehrmals geschnitten wird. Als Ueberfrucht für jede Grassaat sehr empfehlenswerth; wintert aber leicht aus.

II. Die Samenmischung der Süßgräser.

Es liegt nahe, hierbei von der Analyse natürlicher Grasbestände auszugehen, um daraus auf die Zusammensetzung künstlicher Grasnarben zu schließen. Bei der außerordentlichen Verschiedenheit der natürlichen Faktoren, welche, wie das Klima, der Boden, sein Culturzustand und das Rieselwasser, die Vegetation des Graslandes abändernd beeinflussen, ist es indessen gewagt und unthunlich, aus solchen wenigen örtlichen Beobachtungen allgemeine Schlüsfolger abzuleiten, welche doch überall den gewünschten Erfolg verbürgen sollen.

Alle künstlichen Grassamenmischungen sind und bleiben daher nur tastende Versuche, welche auch durch Art, Zeit und Pflege der Aussaat in kurzer Zeit eine nach Qualität und Quantität abgeänderte Gräserflora hervorrufen, weil Niemand im Stande ist, gleich von vornherein das Richtige zu treffen. Man muß sich dessen bewußt sein und seine Maßnahmen derart bemessen, daß die weitere Entwicklung neuer Grasnarben, in wirthschaftlicher Weise eingeleitet, dem freien Walten der Natur überlassen werden kann.

Ein rationeller Grasbau ist durchaus nicht so einfach und billig, wie viele andere Culturen, obwohl es sich bei den Gräsern um wildwachsende Pflanzen handelt, die keine Stiefkinder des Klimas und Bodens unserer Breiten sind. Schon die Beschaffung guter reiner Grassamen macht Schwierigkeiten und Kosten, welche durch richtiges Ansprechen der maßgebenden Verhältnisse abgemindert werden können. Inwieweit dies zutrifft, geht aus den folgenden Betrachtungen hervor.

1. Die Pflanzenzahl nach Flächeneinheiten.

Um für Bemessung der erforderlichen Saattmengen einen allgemeinen Anhalt zu gewinnen und besonders den Standraum festzustellen, welchen die verschiedenen Gräser einzeln in einer geschlossenen Narbe beanspruchen, haben Sinclair, Hanstein und Langenthal die Anzahl der Pflanzen und speciell der Gräser bestimmt, welche sich auf einem Quadratfuß natürlicher Wiesen und Weiden vorfinden.

Auf metrisches Maß umgerechnet, ergaben sich folgende Verhältnisse:

	Pflanzenzahl		Standraum jeder Pflanze in qcm
	pro qm	qcm	
1. Auf einer Rieselwiese nach Sinclair . . . (Hierunter 18 320 Gräser.)	19 332	1,933	0,517
2. Auf einer reichen alten Weide	11 733	1,173	0,852
3. Auf einer Rieselwiese bei Zwingenberg (Bergstraße) nach Hanstein	19 680	1,968	0,508
4. Auf desgleichen bei Bendenberg (Odenwald) nach Hanstein (Hiervon 12 080 Gräser und 800 Kräuter.)	12 880	1,288	0,776
5. Auf trockner, unbewässerter, mit Compost gedüngter Wiese nach Hanstein (Hiervon 8014 Gräser und 2666 Kräuter.)	10 680	1,068	0,936

§. 72. Dr. Schenk bezweifelt den Werth solcher Zählungen für die Feststellung der Saattmenge, indem er geltend macht, daß nach seinen eigenen Versuchen es kaum möglich sei, die wirklichen, d. h. aus je einem Samenkorn erwachsenen Grassstöcke aus dem Rasen heraus zu präpariren. Deshalb habe Sinclair nicht diese allein, sondern auch zugleich die daraus erwachsenen Sprossen gezählt; man könne also hier nicht ohne Weiteres auf die Zahl der nöthigen Samenförner schließen, um einen gleich dichten Rasen zu erzielen. Aus einem einzigen oder nur wenigen Samenförnern erwachsen bei richtiger Behandlung ein einziger bezw. einige wenige Stöcke, welche nach ein bis zwei Jahren eine relativ große Fläche einnehmen und alle übrigen schwächeren Pflänzchen unterdrücken.

Die volle Berechtigung dieser Anschauungen folgt aus dem oben über die eigenthümliche „Bestockung“ ausdauernder Gräser Gesagten; denn ihre Vermehrung erfolgt ja nicht aus dem Samen allein, vielmehr wesentlich auch durch unterirdische Sprossen: „die Gräser wandern“ und breiten sich in dem Maße aus, als sie nicht im Kampfe ums Dasein durch kräftigere Pflanzen zurückgehalten oder gar unterdrückt werden.

Ohne dieses biologische Walten der Natur würde es mit der Ansaat von Grasflächen und bei der hierbei vielfach bethätigten Sorglosigkeit häufig recht mangelhaft bestellt sein.

Entweder wird zu dünn gesät, und es bleibt dann genügender Raum für die Vermehrung durch Ausläufer, was indessen einen Verlust an Zeit und Ernteertrag bewirken kann. Sät man dagegen zu dicht, so kommen die überflüssigen Pflanzen nicht zur vollen Geltung und es tritt eine Verschwendung an Saatgut und baaren Ausgaben ein.

Wer diese nicht scheut, wird sein Vorgehen mit der größeren Sicherheit des Erfolges entschuldigen, in kürzerer Zeit einen dichteren Rasenschluß zu erzielen; im Besonderen kommt dabei häufig auch die Erwägung zur Geltung, daß die Qualität der künstlichen Grassamen sehr zu wünschen übrig läßt, und es schwierig ist, reine keimfähige Waare, besonders bei kleinem Bedarf sicher zu beziehen. Dieses zugegeben, ist doch nicht zu übersehen, daß die Ansaat von Rieselwiesen und die Bildung eines geschlossenen Rasens durch ihre in der Regel feuchte Lage, besonders aber durch die Möglichkeit einer beliebigen Anfeuchtung des Landes gesicherter ist, wenn dafür gesorgt wird, daß die Ranten der ohnehin erforderlichen Rieselrinnen von vornherein mit Rasen eingefast werden, welche es ermöglichen, die Gräbchen bordvoll mit Wasser wiederholt zu füllen, um das zwischenliegende Gelände in dem Zustand der Frische und Feuchte zu erhalten, welcher eine raschere Keimung und Bestockung einzuleiten vermag. Eine gut besamte Rieselwiese ist als ein „Treibbeet“ für Gras anzusprechen. Bei einem solchen kunstgerechten Vorgehen ist es wirtschaftlich unrichtig, die für die Weiden und Futterfelder auf Ackerland erprobten Aussaatmengen und Mischungen von Gräsern und Klearten ohne Weiteres

auch auf Kieselwiesen anwenden zu wollen. Es müssen vielmehr besondere hierbei erprobte Maßnahmen zur Anwendung kommen¹⁾.

Beide Verfahrensweisen haben aber die Verwendung guten und preiswürdigen Saatgutes mit einander gemein.

¹⁾ Wie schwierig es ist, in der Natur der Dinge wohlbegründete Maßnahmen und Folgerungen dieser Art an Stelle des bei Ansaat von Kieselwiesen bislang häufig befolgten Schlendrians in die größere Praxis überzuführen, zeigen u. a. die Zweifel, welche den Ausführungen des Verfassers durch den Botaniker Dr. Wittmack, Professor an der landwirthschaftlichen Hochschule zu Berlin, in seiner für die dort studirenden Culturtechniker bearbeiteten „Botanik der Wiesenpflanzen“ geworden sind. In einer Anmerkung bemerkt derselbe, daß ihm auf briefliche Anfrage von Dr. Schenk in Siegen die Nachricht zukam, „es seien diesem keine größeren Ansaaten von Kieselwiesen nach des Verfassers Vorschrift bekannt geworden“. Diese Aussage erklärt sich sehr einfach daraus, daß das Wiefengelände in der näheren und weiteren Umgebung von Siegen ungewöhnlich stark parcellirt ist, und daß Neuanlagen selten und dann nur auf kleineren Flächen vorkommen, während bei dem Umbau der Wiesen der bestehende Rasen sehr sorgfältig abgeegelt und wieder aufgedeckt wird, es sich also dort unmöglich um größere Ansaaten handeln kann. Die Antwort des Dr. Schenk war daher eine ganz correcte und mußte auch verneinend ausfallen, als Dr. Wittmack gleichzeitig anfragte, ob ihm die Grasmischung bekannt sei, welche Verfasser bei der Ansaat des Frankfurter Rennplatzes angewendet habe. Zur Steuer der Wahrheit sei hierzu bemerkt, daß es sich dort um keine Kieselwiese handeln konnte und deshalb eine für trockenere Gelände bemessene völlig erfolgreiche Grasmischung, aber nicht nach veralteten Recepten gewählt wurde. — Dagegen hat Verfasser noch im Frühjahr 1899 eine einige 20 Morgen große aufgelassene feuchte Teichfläche in Holstein mit seiner für Kieselwiesen empfohlenen Grasmischung besäen lassen, welche trotz der großen Dürre des Nachsommers und der Unmöglichkeit, die gleichzeitige zum Reifen bestimmte Haferjaat anzufeuchten, gut bestanden und ungeschädigt durch den Winter gekommen ist. So viel zur Beruhigung des Professors Wittmack, die er auch schon daraus schöpfen konnte, daß Dr. Schenk als der genaueste Kenner und wissenschaftliche Forscher auf dem Gebiete des Gras- und Siegener Wiesenbaues anzusehen ist und die Vorschrift des Verfassers für die Ansaat von Kieselwiesen auf seine langjährigen Erfahrungen hin mit bearbeitet und gebilligt hat.

Die botanischen Kenntnisse des Professors Dr. Wittmack in allen Ehren. Wenn derselbe aber in seiner oben angezogenen Abhandlung seinen Zuhörern, besonders studirenden Culturtechnikern, noch empfiehlt, die Saatmenge des gemeinen Rispengrases (*Poa vulgaris*) entgegen der Vorschrift des Verfassers zu verringern, so übersieht er, daß dies eins der nahrhaftesten Gräser auf Weiden und Wiesen ist und durch seinen dichten Wuchs auch das Untergras und damit die Erntemenge wesentlich vermehrt. Auch die Vorschriften, welche Professor Wittmack für die Auswahl und Ansaat von Gräsern giebt, können nicht gebilligt werden, da sie sich nur in alten ausgefahrenen Geleisen bewegen, während es doch Aufgabe der Wissenschaft, also hier der angewandten Botanik ist, Vorurtheile auszumergen und einen vernünftigen Fortschritt in Grasbau zu fördern.

Ein bewußtes culturtechnisches Vorgehen greift nur dann Platz, wenn Lehren geboten werden, welche nicht nur morphologisch, sondern auch biologisch berechtigt sind. Dazu gehört scharfe Naturbeobachtung und durch Erfahrung geschultes Wissen und Können, die nicht am Studirtisch, sondern nur in bewußter Praxis erworben werden können.

2. Der Gebrauchswerth der Samen¹⁾

§. 73. (*G*) folgt aus ihrer relativen (procentualen) Reinheit (*R*) und Keimfähigkeit (*K*) in Procenten nach der Formel: $G = \frac{R \times K}{100}$.

Enthält z. B. eine Samenprobe von Fuchsschwanz nach den Bestimmungen einer Samencontrolstation 46 Proc. reinen Samen, von denen aber nur 1 Proc. keimfähig ist, so ist sein Gebrauchswerth $G = \frac{46 \cdot 1}{100} = 0,46$.

Wenn aber bei gleicher Reinheit in einem anderen Fall 7 Proc. keimen, so beträgt der Gebrauchswerth $0,46 \times 7 = 3,22$ Proc. an reiner keimfähiger Waare.

In welcher weiten Grenzen Reinheit und Keimfähigkeit und hiernach der Gebrauchswerth der für Wässerungswiesen wichtigeren Grasamen wechseln, folgt u. a. aus nachstehenden Bestimmungen der Samencontrolstation Zürich nach gefälliger Mittheilung von Dr. Stebler, wobei die Minima, weil sie öfters auf sehr geringe Procente zurückgehen, weggelassen sind.

	Reinheit		Keimfähigkeit		Gebrauchswerth		Mittlere Samenzahl in einem Kilogramm reiner Saat
	mittlere Procente	höchste	mittlere Procente	höchste	mittlere Procente	höchster	
1. Fuchsschwanz	85	98	30	76	25,5	74,5	1 250 000
2. Französisches Raygras .	66	98	65	90	42,9	88,2	460 000
3. WiesenSchwingel	84	99	77	99	64,7	98,0	900 000
4. Gemeines Rispengras . .	80	97	44	95	35,2	92,2	6 200 000
5. Wiesen-Rispengras . . .	85	98	43	75	36,6	73,5	5 200 000
6. Fioringras	72	98	81	97	58,3	95,1	16 000 000
7. Italienisches Raygras .	92	100	66	96	60,7	96,0	660 000
8. Timothygras	97	100	88	99	85,4	99,0	2 900 000
9. Gemeines Kammgras . . .	88	99	56	97	49,3	96,0	2 800 000
10. Rother Schwingel	78	99	37	90	28,9	89,1	1 500 000
11. Gemeines Knaulgras . . .	74	99	60	95	44,4	94,1	1 500 000
12. Ruchgras	82	97	24	63	19,7	61,1	1 700 000
13. Englisches Raygras . . .	94	99	73	96	68,6	95,0	570 000

3. Die Zahl reiner Samen pro Kilogramm²⁾.

§. 74. Es ist bei dem Gebrauch der Tabelle zu beachten, daß die beigefügte mittlere Zahl reiner Samen in einem Kilogramm nur eine annähernde sein

¹⁾ Vergl. Kobbe, Handbuch der Samenkunde. 1876.

²⁾ Vergl. Jenzsen, Kulturwerth der Handelssaaten. Landw. Jahrbücher 1879, S. 170 u. f.

kann, weil die Güte der Samen derselben Gräser auf einem und demselben bestimmten Standort, je nach der abweichenden Witterung verschiedener Jahrgänge eine wechselnde ist, wie viel mehr also auf mehr oder minder fruchtbaren Standorten in weiten Grenzen abändern muß, weshalb die einzelnen Autoren, welche, wie z. B. Nobbe, Hanstein, Jenßen u., solche Zählungen vornahmen, zu sehr ungleichen Ergebnissen kamen. Mit diesem Vorbehalt kann und muß indessen aus der Zahl der Samen im Kilogramm und aus dem jedesmaligen Gebrauchswerth ein annähernder Schluß auf die Zahl brauchbarer Samen abgeleitet werden, welche etwa mit einem bestimmten Saatgewicht auf eine Flächeneinheit entfallen.

Beträgt z. B. der Gebrauchswerth von Fuchsschwanz 25 Proc., so enthält 1 kg $0,25 \times 1250000 =$ nur 312500 feinsfähige Samen.

Die Samenanzahl in 1 kg läßt zugleich einen Schluß auf die sehr abweichende Feinheit der Samen zu, was bei Ausführung gemischter Saaten für ihre nach Futterwerth und Erntemasse gleichmäßige Berücksichtigung wichtig und zu beachten ist.

4. Die Auswahl der Wiesenpflanzen.

Es würde unzweckmäßig und verwerflich sein, wie dies leider geschieht, §. 75. aus dem Vorkommen der auf natürlichen Wiesen und Weiden der Gegend beobachteten Gräser und Kräuter zu schließen, daß nur diese angesäet werden dürften, weil darin nur allzu häufig unfruchtbare und wenig nahrhafte Gräser und Unkräuter auftreten, die auf Culturland keine Stätte finden sollten.

Eine Kieselwiese ist, brauchbares bezw. gutes Wasser vorausgesetzt, eine Cultur, mittelst welcher thunlichst große Erträge eines nahrhaften Futters erzielt werden sollen, und diese sind nur dann gewährleistet, wenn die „edelsten“ Gräser und Kräuter angebaut und ihr ständiges Gedeihen selbst da durch sachgemäße Pflege und Düngung gesichert wird, wo Bodenart, Lage und ein minder gutes Wasser zu wünschen übrig lassen.

Bei der Auswahl und Ansaat sind neben den einjährigen, wie weiche §. 76. Trefse (*Bromus mollis*), einjähriges Rispengras (*Poa annua*) unbedingt auszuschießen:

1. Diejenigen, welche nicht im Stande sind, eine gleichmäßige Narbe zu bilden, also die reinen Busch- und Binsengräser, wie *Aira caespitosa*, *Festuca duriuscula*, *Nardus stricta*;
2. welchen der Standort auf der Kieselwiese nicht zusagt, und zwar:
 - a) die Waldgräser, wie Hain- und das Sudeten-Rispengras (*Poa nemoralis* und *sudetica*), Riesenschwingel (*Festuca gigantea*) u. u.,
 - b) die Wasser- und Ufergräser, wie das fluthende und große Süßgras (*Glyceria fluitans* und *spectabilis*), das späte Rispengras

(*Poa serotina*), rohrartiges Glanzgras (*Phalaris arundinacea*), Rieselenschwingel (*Festuca arundinacea*) zc. zc.,

- c) die Gräser des trocknen Bodens: gemeines Knaulgras (*Dactylis glomerata*), gemeines Straußgras (*Agrostis vulgaris*), Ruchgras, weiches Honiggras (*Holcus mollis*), rother Schwingel (*Festuca rubra*), englisches Raygras (*Lolium perenne*), Blatthalmrispengras (*Poa compressa*).

3. Diejenigen Gräser, welche zu wenig Blattmasse bilden, um reichliche Erträge zu liefern, wie gemeines Rammgras (*Cynosurus cristatus*), gemeines Zittergras (*Briza media*), Goldhafer (*Avena flavescens*) u. a.

4. Gräser, welche wie das wollige Honiggras (*Holcus lanatus*), dem Vieh durch die Behaarung, oder wie das Ruchgras, durch starken Geruch zuwider sind.

Es bleiben sonach die eigentlichen Wiesengräser des §. 64 zur Auswahl und Verwendung, eine Mittelform zwischen Dueden- und Buschgräsern.

Daneben treten noch eine ganze Reihe von minderer und geringer Bedeutung für Wiesen in trockenen Lagen auf, wie das Ruchgras (*Anthoxanthum odoratum*), das englische Raygras (*Lolium perenne*), das weiche und wollige Honiggras (*Holcus mollis* und *lanatus*) zc.

Neben den eigentlichen Wiesengräsern sind auch Duedengräser auf Rieselwiesen vollberechtigt, wie das Fioringras (*Agrostis alba*), weil sie mit ihren sprossenden Ausläufern alle leeren Zwischenräume bald ausfüllen.

Die Buschgräser dagegen, wohin auch das englische Raygras in mehr isolirtem Stand neigt, passen für dichten Rasen nicht, weil sie stets abgesonderte und meist harte Büsche (Bülten) bilden und das gleichförmige Rasengebilde stören.

Es bleiben sonach einzig und allein als wirklich gute und „edle“ Gräser für die Ansaat der Rieselwiesen übrig: Fuchsschwanz, französisches Raygras, Wieselenschwingel, Wiesenlieschgras, gemeines und Wiesen-Rispengras und Fioringras, zu welchem noch als Ueberfrucht für das erste Jahr das vorzügliche italienische Raygras oder, wo dies in kalten Lagen nicht fortkommt, zu gleichem Zwecke der gewöhnliche Saathafer oder Buchweizen aushülfsweise hinzutreten können.

Diese wenigen Gräser bilden eine gedeihliche Saat für Rieselwiesen in den verschiedensten Gegenden und für mittlere und leichte Schwemmböden. Man sollte daher den landläufigen Recepten gegenüber, welche ganz unberechtigt eine größere Zahl von Grasarten aufzählen, von vornherein um so weniger zugänglich sein, als viele anderweite Gräser, welche ja für nichtberieselte trockene Wiesen und Futterfelder immerhin mehr oder minder berechtigt sein mögen, auch meistens schwieriger oder nur mit größeren Kosten in wirklich brauchbarer Saatwaare zu beschaffen sind.

Die Ansaat von Kräutern, insbesondere von Kleearten, auf Kiefern- §. 77. wiesen ist vielfach üblich und doch nur bedingt berechtigt. Es handelt sich dabei wesentlich um ausdauernde Pflanzenarten, wie z. B.:

Weißklee (*Trifolium repens*); er verträgt zwar feuchte Lagen, erfordert aber nach Werner 78 qem pro Pflanze und hemmt die Entwicklung der Gräser, ohne entsprechende mähbare Masse zu liefern, welche die Sense fassen kann. Sein Anbau ist daher mehr schädlich als nützlich, besonders wenn zur Bodendeckung und Bindung im Ansaatjahre mehr als $\frac{1}{4}$ kg reiner feiner Samen pro Hektar ausgestreut wird; 1 kg enthält im Mittel 1650000 Körner.

Vulkenklee (*Trifolium pratense perenne*), englisch cowgrass, mit safrigen, etwas kriechenden Wurzeln, erfordert 27 qem pro Pflanze, findet sich in England auf Weiden, liebt aber die Trockene mehr als die Feuchte. Sein theurer Samen ist daher in der Grasmischung völlig entbehrlich; 1 kg enthält im Mittel 625000 Samen.

Schwedischer oder Bastardklee (*T. hybridum*) verträgt die Feuchtig- keit und etwas gebundenen Boden, breitet sich aber ungemein und dicht aus (pro Pflanze 22 qem); sein kleiner, öfters verfälschter Samen ist theuer und darf nur in geringen Mengen eingesät werden. Die schwächeren Triebe neigen zum Einknicken und Faulen; die Mischung mit Halmgräsern wirkt dem entgegen; 1 kg enthält im Mittel 1600000 Samen.

Hopfen- oder Schneckenklee (*Medicago lupulina*), könnte für Kiefern- wiesen noch am ersten empfohlen werden, da er die Feuchte liebt und je nach der Saatzeit im Frühjahr oder Herbst nur ein- bis zweijährig ist, also bald aus der Grasmischung schwindet, der er dann als Ueberfrucht gedient hat. Von seinem großen billigen Samen kann 1 kg pro Hektar verwendet werden.

Wird nun auch durch Einmischung von Roth- und Weißklee- saaten die Nähr- kraft des Heues vermehrt, und tragen hierzu noch die Ein- saaten von wild- wachsenden Leguminosen bei, deren Samen indeß theuer ist und schwierig feimt, so erschweren sie doch sammt und sonders den Gräsern den Kampf ums Da- sein durch ihre tiefgehenden Wurzeln auf Zeit und lassen, wenn abgestorben, größere Lücken, die erst allmählich ausheilen.

Daselbe ist auch, obwohl vorübergehender, der Fall bei den sogen. Schutz- oder Ueberfrüchten, als welche, abgesehen von dem nicht nachtheiligen, weil zweijährigen italienischen Raygras, gewöhnlich bei der Frühjahrssaat Hafer und bei Herbstsaat Roggen dient. Man sollte aber nur höchstens $\frac{1}{10}$ der Klein- saaten oder von jenem nicht mehr als 12 bis 20 kg pro Hektar und von diesem nur 10 bis 15 kg aussäen.

Mitunter wird auch Kümmel (*Carum carvi*) als Gewürzpflanze bei- gemischt. Er erträgt die Beschattung der Gräser, wächst auf den verschiedensten Böden gut nach, verträgt Feuchte, nicht aber stockende Masse, ist grün ein gesundes Futter, sollte aber nur mit geringen Mengen in das Saatgemisch der Gräser eingesprengt werden.

5. Samenbedarf.

a) Allgemeines.

§. 78. Eine sachgemäße, den verschiedenartigen natürlichen und Culturverhältnissen durchaus zutreffend angepasste Bestimmung des wirklichen Samenbedarfs für die Flächeneinheit (Ar oder Hektar) begegnet unverkennbaren Schwierigkeiten.

In §. 72 wurde gezeigt, daß hierzu die Auszählung der Pflanzen eines Quadratfußes natürlich geworbener Wiesen und Weiden und ein hieraus allein abgeleiteter Schluß auf den Saatbedarf für eine bestimmte Flächeneinheit nicht genügen kann.

Auch die aus Erfahrung abgeleiteten Angaben in der Literatur lassen zu wünschen übrig, weil sie früher der Feststellung des Gebrauchswerthes durch die Samencontrolstationen entbehrten und Mischungen von großer Verschiedenheit enthielten.

So empfiehlt Hanstein für Wässerungswiesen 109 kg Saatgut pro Hektar, ein Gemisch aus 12 Grasarten, darunter auch englisches Raygras, Goldhafer, Rnau- und Rammgras, welche nach §. 67 bis 69 hierzu nicht geeignet sind.

Dagegen verlangt er für feuchte Wiesen mit fruchtbarem Boden nur 91 kg Saatgut, 'gemischt aus' 10 Grasarten von ähnlicher Zusammensetzung. Hanstein hat aber auf spätere Studien hin diese Gewichte herabgesetzt; gleichwohl aber die Wichtigkeit reiner Saatwaare voll und ganz erkannt. Auch hat er die Kenntniß der verschiedenen Samen durch Wort und Zeichnung gelehrt.

Für die Siegener Rieselwiesen rechnet man nach Dr. Schenk 18 kg auf den Morgen, oder rund 70 kg auf das Hektar. Dieses Gewicht genügt vollständig, wenn (nicht verunkrautete) gute Samen des Handels zu Gebote stehen.

Alle solche anderweiten Angaben sind nur **Bruttogewichte**, weil darin reine und unreine Saat in sehr wechselnden Mischungen zusammengefaßt werden; sie dürfen nicht mit den **Nettogewichten** der reinen keimfähigen Samen verwechselt werden, wie solche in jeder Bruttoprobe des Handels in sehr abweichenden Mengen enthalten sind. Wer bei seinen Samenbezügen sicher gehen will, sollte daher nur bei einer Handlung kaufen, welche einer, jeden Verkaufsposten revidirenden Controlstation untersteht und für bestimmte Gebrauchswerthe der einzelnen Samenarten Garantie leistet; jede Grasart ist einzeln zu liefern, um den Gebrauchswerth controliren zu können.

Erst dann läßt sich mit der nöthigen Bestimmtheit aus den Bruttogewichten auf die Nettogewichte der wirklich nuzbaren Reinsaat schließen und diese kann auf das relativ geringste Maß abgemindert werden.

Denn bei der Berechnung des Saatgutes für irgend eine Flächeneinheit sollte man nur von dem **Nettogewichte** der Reinsaat ausgehen.

Kauft man z. B. für die Ansaat eines Hektars 100 kg Brutto, so können darin bei mittleren Gebrauchswerthen aller Einzelposten 60 kg Reinsaat enthalten sein; die unreine Saat beträgt sonach 40 Proc. der Lieferung.

Ueber 50 kg Reinsaat pro Hektar sollte man niemals hinausgehen; es genügen vielmehr schon 40 kg, und selbst 35 kg sind als ein noch genügendes Mittel, besonders in graswüchsigem Lagen, anzusehen, vorausgesetzt, daß die durchschnittlichen Gebrauchswerthe höhere als in der Tabelle S. 84 sind. Denn man darf nicht übersehen, daß die Saatmenge für Kieselwiesen nicht mit derjenigen des nichtbewässerbaren Acker- und selbst des Weidlandes zusammentrifft und daß besonders auch die Mischung der Grasarten nach abweichenden Grundsätzen zu bewirken ist. Vornehmlich aber sollte man bei der Zusammenfügung der Mischung für Kieselwiesen von der üblen Gewohnheit abgehen, eine Unzahl von Grasarten darin aufzunehmen.

b) Zusammensetzung der Mischung.

Für die Ansaat von Kieselwiesen genügen die sieben ersten in der Tabelle S. 25 angegebenen edlen Gräser vollkommen, wobei italienisches Raygras an Stelle des Fuchsschwanzes treten, bezw. als Ueberfrucht und Zuschlag dienen kann. §. 79.

Denn es kann zweifelhaft sein, ob man den Fuchsschwanz in jede Mischung aufnehmen soll, da er besonders große Ansprüche an Boden und Wasser macht; auch läßt die Qualität seines theuern Samens öfters sehr zu wünschen übrig. Seine Blüthezeit fällt so früh, daß sie meist durch Spätfröste leidet, und die Fruchtknoten werden öfters durch die massenhaft auftretenden Larven der *Cecidomyia tritici* aufgezehrt.

Sein späteres Auftreten in der Mischung ist indeß nicht ausgeschlossen, wenn der Boden der Kieselwiese durch Düngung irgend welcher Art sich verbessert, weil alljährlich zahllose taube und keimfähige Grasamen der verschiedensten Grasarten in das Kieselwasser und durch dasselbe auf die Wiese gelangen.

Es ist dies leider auch mit Unkrautsamen der Fall und diese pflanzen sich um so eher fort, je lückenhafter der eigentliche Grasbestand ist, was indessen auf gut gepflegten Kieselwiesen nicht vorkommen darf.

Von den oben erwähnten sechs bis sieben Grasarten sollten stets annähernd **gleichviel** keimfähige Körner ausgesät werden, also keines der einzelnen Gräser den Vorrang behaupten. Denn sie sind trotz ihrer vegetativen Eigenthümlichkeiten als von durchaus gleichem Werth für den Ertrag der Kieselwiesen anzusehen und ergänzen sich gegenseitig in der Herstellung eines fruchtbaren Rasens als Gräser erster Ordnung. Hierin liegt ihre große Bedeutung für rationelle Wiesencultur. Wenn sie nichtsdestoweniger bei den folgenden Berechnungen mit abweichenden Gewichten in die Mischung eintreten, so ist dies in der sehr verschiedenen Anzahl ihrer feineren oder gröbereren Samen pro Kilogramm und in ihrem sehr wechselnden Gebrauchswerth begründet. Auch ihre Häufigkeit

oder Seltenheit im Handel kann geringfügige Abweichungen örtlich und zeitlich nöthig machen.

c) Berechnung der Mischung.

§. 80. Den Ausgangspunkt bildet die Kenntniß der mittleren Körnerzahl im Kilogramm reiner Saatwaare, die allerdings in weiten Grenzen wechseln, indeß in jedem Einzelfalle nach den Angaben der controlirenden Samenstation durch die stets erfolgende Gewichtsangabe von 1000 Körnern jeder Grasart festgestellt und danach abgeändert werden kann¹⁾.

Kennt man die Körnerzahl in einem Kilogramm der einzelnen in die Mischung aufzunehmenden Gräser, so ergibt sich daraus die Gesamtzahl derselben, die in der nachstehenden Tabelle für sieben Arten mit 32910000 angenommen ist.

Nummer	Grasarten	Mittlere Körnerzahl im Kilogramm Reinsaat	Gewichtseinheiten der Mischung	Reinsaat 40 kg Nettogew. pro Hektar mit ohne Fuchsschwanz		Mittlerer Gebrauchswert Proc.	Bruttogewicht der Gesamtfaat mit ohne Fuchsschwanz	
				kg	kg		kg	kg
1.	Fuchsschwanz . . .	1 250 000	12,80	6,545	—	30	21,816	—
2.	Franzöf. Raygras .	460 000	34,78	17,783	21,262	42	42,340	50,624
3.	Wiesenfchwingel .	900 000	17,78	9,092	10,870	64	14,206	16,984
4.	Gem. Rispengras .	6 200 000	2,58	1,319	1,577	35	3,769	4,506
5.	Wieserispengras .	5 200 000	3,77	1,927	2,305	36	5,353	6,403
6.	Fioringras	16 000 000	1,00	0,511	0,611	58	0,881	1,053
7.	Timothygras . . .	2 900 000	5,52	2,823	3,375	85	3,321	3,971
	Summa	32 910 000	78,23	40,000	40,000		91,686	83,541
	Italien. Raygras .	660 000	24,24, auch als etwaige Ueberfrucht u. Zuschlag					
		33 570 000	102,47					

Daraus folgen die Gewichtseinheiten reiner Samen mit welcher die einzelnen Grasarten in die Mischung eintreten, wobei die Art mit den

¹⁾ Nach freundlicher Mittheilung von Dr. Stebler-Zürich wiegen 1000 Körner reiner echter Samen von guter Durchschnittswaare (vergl. 2. Auflage des I. Theiles des Wertes dieses Verfassers „Die besten Futterpflanzen“, S. 28):

Alopecurus pratensis . . .	0,800 g	Agrostis vulgaris	0,085 g
Lolium italicum	1,880 „	Phleum pratense	0,340 „
„ perenne	1,940 „	Avena pubescens	2,760 „
Arrhenatherum elatius . . .	3,280 „	Cynosurus cristatus	0,400 „
Festuca pratensis	1,780 „	Festuca rubra	0,740 „
Poa trivialis	0,160 „	Trisetum flavescens	0,240 „
„ pratensis	0,220 „	Koeleria cristata	0,460 „
„ nemoralis	0,200 „	Dactylis glomerata	0,940 „
„ serotina	0,280 „	Briza media	0,660 „
Agrostis alba	0,080 „	Anthoxanthum odoratum	0,600 „

kleinsten Samen, hier das Fioringras, als Einheit zu setzen ist¹⁾. Die Summe der sieben Einheiten ist 78,23.

Für eine Rieselfwiese genügen 40 kg reiner Samen, denn es entfallen damit auf das Hektar 182,4 Mill. keimfähiger Samen oder auf das Quadratcentimeter 1,82, also ebensoviele als im Mittel von Hanstein auf einem Quadratcentimeter gezählt wurden (§. 71), obwohl allerdings zuzugeben ist, daß dies eine schwierig zu erreichende Gleichmäßigkeit der Vertheilung und des Aufgehens voraussetzt. Dagegen werden die Ausläufer sehr bald die kleinen Lücken füllen.

Aus der Summe (78,23) und den einzelnen Gewichtseinheiten folgt das Nettogewicht der Grasarten für ein bestimmtes Nettogewicht reiner Saat (hier 40 kg pro Hektar) nach der Proportion: $78,23 : 12,80 = 40 : x$ mit 6,545 oder rund 6,5 kg für den Fuchschwanz zc.

Soll das italienische Raygras an Stelle des Fuchschwanzes in die Mischung eintreten, so beträgt die Summe der Gewichtseinheiten (anstatt 78,23) mehr, und zwar $78,23 - 12,80 = 65,43 + 24,24 = 89,67$.

Die Einzelgewichte der Tabelle sind zwar auf drei Decimalstellen, welche Gramm bedeuten, berechnet, können aber für die Praxis abgerundet werden.

Da ganz reine Saat im Handel nicht vorkommt, so sind die berechneten Einzelgewichte nach ihren für jede Samenprobe festzustellenden Gebrauchswerten umzurechnen²⁾. In der obigen Tabelle sind mittlere Procente eingesetzt, die in Wirklichkeit unter- und überschritten werden.

d) Kosten des Saatgutes.

Die Handelspreise der Grasamen sind nach dem Ausfall der Ernte und nach Qualität verschieden; diese ist aber, und nicht allein der Preis, entscheidend. Die Mischung der Tabelle kann bei den eingesetzten Einzelpreisen für 142 Mk. 9 Pf. pro Hektar beschafft werden. §. 81.

	Saatgewicht pro Hektar	Preis	
		pro Kilogramm	im Ganzen
1. Fuchschwanz	21,8 kg	180 Pf.	39,24 Mk.
2. Französisches Raygras	42,3 "	150 "	63,45 "
3. Wiefenschwingel	14,2 "	180 "	25,56 "
4. Gemeines Rispengras	3,8 "	120 "	4,46 "
5. Wiefenrispengras	5,4 "	100 "	5,40 "
6. Fioringras	0,9 "	90 "	0,81 "
7. Wiefenlieschgras	3,3 "	96 "	3,17 "
	<u>91,7 kg</u>		<u>142,09 Mk.</u>

¹⁾ 3. B. für den Fuchschwanz mit $\frac{16\ 000\ 000}{1\ 250\ 000} = \frac{1600}{125} = 12,8$; für den Wiefenschwingel mit $\frac{16\ 000\ 000}{900\ 000} = \frac{160}{9} = 17,78$ zc.

²⁾ Fuchschwanz erfordert bei Reinsaat 6,545 kg; beträgt sein Gebrauchswert 30 Proc., so müssen statt deren pro Hektar $30 : 100 = 6,545 : x = 21,8$ kg angekauft werden.

Ein guter Samen muß möglichst unkrautfrei sein und erfordert zu seinem Gedeihen ein gut vorbereitetes, schollenfreies, klar und fein ver-ebnetes und ein gedüngtes Land. Wer hierbei Arbeit und Kosten spart, verschwendet das in theurem Samen angelegte Capital und verliert an Zeit, bis ein befriedigend geschlossener Rasen hergestellt ist.

Nachsaaten sind immer lästig und ungewiß, — ja mißlingen nur allzu häufig; völlig wiederholte Neusaaten sind vorzuziehen. Wer hierzu genöthigt ist, ist kein Culturingenieur in der vollen Bedeutung des Wortes; in der belgischen Campine hat der leitende Bauingenieur sieben Jahre bedurft, bis auf den ersten dort gebauten Siegener Rücken eine Grasvegetation erwachsen war¹⁾.

e) Ausführung und Pflege der Saat.

§. 82. Bei Ab- und Auftrag von Erde ist stets die oberste humose Erdschichte der Wiesen zur Bildung der Saatfläche und des eigentlichen Keimbettes zu benutzen, wenn die Saat sicher gedeihen soll. Durchaus fehlerhaft ist es daher, den roheren Untergrund nach oben zu bringen.

Die Aussaat sollte, wenn irgend möglich, bei feuchtwarmer Witterung und nicht vor den Maifrösten stattfinden, weil die jungen Graskeime und Spitzen sehr leicht erfrieren und selbst empfindlicher als die Keimblätter des Sommergetreides sind. Es ist auch selten nöthig, Hafer oder besser Buchweizen als Deckfrüchte mit auszusäen, wenn durch Füllung der Gräbchen mit Wasser die zum Keimen nöthige Bodenfrische erhalten werden kann.

Muß die Aussaat der Gräser Ende August oder im September erfolgen, so ist Winterroggen als Schutzfrucht um so weniger entbehrlich, je kälter die Winter eintreten. Da die Keime, besonders des Staudenroggens, schon im Herbst sich stärker ausbreiten und die Entwicklung der gefeimten Gräser behindern, so dürfen nur 25 kg Roggen pro Hektar ausgesät, und dessen Triebe müssen im nächsten Frühjahr zeitig gemäht werden. Spätere Anfeuchtung im Spätherbst ist hierbei nicht angebracht, dagegen ein Walzen zeitig im Frühjahr sehr nützlich.

Eine nach vorherbeschriebenen Grundsätzen sachgemäß bewirkte Beschaffung der Saatwaare verbirgt nur dann sicheren Erfolg, wenn die Aussaat selbst richtig bewirkt wird.

1. Die Grasamen sind ihres abweichenden specifischen Gewichtes und ihrer sehr verschiedenen Feinheit wegen jede für sich allein auszusäen;

¹⁾ Die größte, aus Waldboden angerodete Fläche, welche Verfasser „berast“ hat, ist der in seiner Grasnarbe und mit seinem schattigen Sattelplatz unter alten Eichen einzig dastehende Rennplatz zu Frankfurt a. M. Die im Vorjahre seiner Gründung von ungeübter Hand bewirkte Ansaat war völlig mißglückt und das sehr bedeutende Anlagecapital für nicht controlirten und zu tief untergebrachten Samen ging verloren. Die zweite, völlig neue Ansaat mit erprobtem Samen und nach vorstehenden Grundsätzen bemessener Mischung dagegen brachte schon im ersten Jahre eine für die ersten Rennen im Herbst genügend geschlossene Narbe.

es dürfen deshalb nur die gleich großen, bezw. gleich schweren gemischt ausgesät werden.

2. Dies ist auch deshalb dringend geboten, weil die feinen Samen nur dann gleichmäßig keimen und aufgehen, wenn sie verschieden tief untergebracht werden.

3. Zuerst wird die etwaige Deckfrucht (Hafer, Roggen, Buchweizen oder italienisches Raygras) gesät und mit einer leichten Egge untergebracht; die mittelgroßen Grassamen sollten nur auf größeren Flächen mit Dornscheife oder Kettenegge, auf kleineren mit dem Rechen eingebracht werden.

4. Die feinsten Grassamen, besonders das Fioringras, werden zuletzt gesät und dürfen auf der Oberfläche nur angeklopft, bezw. mit Fußbrettern oder einer leichten glatten Walze angedrückt werden.

Bei kleinen Samenmengen kann das gleichförmige Ausstreuen über größere Flächen durch gutes Vermischen mit lockerer, gesiebter Composterde sehr erleichtert werden. Ueberhaupt müssen sich auch die einzelnen Saatgänge kreuzen.

Die Bestockung der jungen Gräser wird im Frühjahr durch zeitiges und wiederholtes Abmähen, sobald sie mit der Sense zu fassen sind, wesentlich gefördert. Jedem Mähen sollte ein Ueberwalzen folgen; denn die Gräser lieben einen geschlossenen Boden und je lockerer das Erdreich von Natur ist, um so günstiger wirkt der Druck der Walze.

Nur sollte sie nicht bei feuchtem Wetter, weil bei gebundenem Boden eine dem jungen Grase schädliche Krustenbildung zu befürchten ist, sondern nur bei trockener Witterung Anwendung finden.

Alle diese Kunstgriffe benutzt der Gärtner, wenn er in den Parks rasch einen geschlossenen Rasen und sogar aus einer einzigen hierfür minder geeigneten Art, dem englischen Raygras, welches ein natürliches Buschgras ist, bilden will.

Er erreicht dies nur durch ungewöhnlich dichte Saat auf Zeit und muß wiederholt den Rasen umgraben und neu ansäen, sobald im Kampfe ums Dasein viele Pflanzen verkümmern und die überlebenden sich in Buschform entwickeln, womit der Schluß der Narbe verloren geht. — Der hohen Kosten und längerer Dauer wegen werden daher große Parkflächen besser mit einem geeigneten Grasgemisch angesät.

Die künstliche Düngung der Wiesen.

§. 83. Die in der Einleitung S. 7 und 8 mitgetheilten Analysen lassen die Art und Menge der Aschenbestandtheile erkennen, welche den Wiesen in den Ernten ständig entzogen werden und entweder im Kieselwasser oder durch künstlichen Dünger oder in beiden zugleich ersetzt werden müssen, wenn die Erträge mit der Zeit nicht zurückgehen sollen.

Dem Umstande gegenüber, daß es für große Wiesenflächen an Kieselwasser gänzlich oder zeitlich fehlt, oder seine Menge und Beschaffenheit für eine gründliche Düngung nicht hinreichen, um die Erträge zu erhalten oder zu steigern, ist es geboten, auf neuere günstige Versuche mit methodischer künstlicher Düngung um so mehr ausführlicher einzugehen, als die beiden wichtigen Aschenbestandtheile Kali und Phosphorsäure im Kainit und Thomasschlackmehle zu so billigen Preisen angeboten werden, daß sie wie auf Ackerland, so auch auf Wiesen eine vermehrte Anwendung lohnen.

Professor Dr. Paul Wagner-Darmstadt hat über deren Wirkung und Anwendung gründliche Versuche gemacht¹⁾. Er empfiehlt, auf ein Ar Wiese (100 qm) 8 kg Thomasmehl und 5 bis 10 kg Kainit in frischem innigen Gemenge im Herbst, auch während des Winters, zu streuen oder — wenn die Wiese überschwemmt, bezw. bewässert wird — das Thomasmehl im Herbst und den Kainit im Frühjahr nach erfolgter Bewässerung anzuwenden.

Dies würde auf das Hektar (100 Ar oder 4 Morgen) 800 kg Thomasmehl und 600 bis 1000 kg Kainit (auf den Morgen 200 kg bezw. 150 bis 250 kg) ausmachen.

Denn Wagner berechnet, daß zu einer Production von 10 000 kg Heu — eine Ernte, welche auf den besten Siegener Kieselwiesen pro Hektar erzielt wird — 500 kg Thomasmehl mit 16 Proc. Phosphorsäure, also $5 \times 16 = 80$ kg Phosphorsäure nöthig sind und deren Kaufpreis und Nebenkosten etwa 24 Mk. betragen, was für 100 kg Heu 24 Pf. an Kosten betrage.

¹⁾ Vergl. Düngungsfragen, Heft IV u. f., Berlin 1893. Die Versuche wurden auf der früher Scipio-Mannheim, jetzt von Heil-Worms gehörigen Wiese Güttenfeld-Seehof ausgeführt, welche in Fries' Wiesenbau, 2. Auflage 1866, vom Verfasser S. 384 u. f. beschrieben ist.

Er will also 300 kg Thomasmehl oder $3 \times 16 = 48$ kg Phosphorsäure mehr, als der eigentliche Bedarf der Gräser ist, verwendet wissen ¹⁾.

Wagner geht dabei von der Erwägung aus, daß auf längere Zeit ungedüngten, also durch Beerntung ausgeraubten Wiesen kleinere Düngergaben keinen durchschlagenden Erfolg haben und nur Ueberschußdüngungen rentabel sein können. Auch bedürfe es selbst eines ganzen Jahres, bis die nach Phosphorsäure hungernden Pflanzen sich so weit erholt und gekräftigt hätten, daß die größere Düngergabe zur Wirkung gelange; ein einjähriger Düngerversuch entscheide daher für den endlichen und mehrjährigen Erfolg nicht: die Wirkung in der Zeit müsse abgewartet und mit zu kleinen Düngergaben dürfe nicht operirt werden.

Wagner belegt dies mit folgendem Versuch:

Zu Bayerseich wurden 4 Parzellen von $\frac{1}{16}$ Hektar — jede im Verhältniß von 800 kg Thomasmehl pro Hektar — einmal und mit 600 kg Kainit (pro Hektar) jedes Jahr gedüngt. Nach der einmaligen Düngung mit Phosphorsäure war der Mehrertrag in Kilogramm in den Jahren:

1890	1891	1892	1893	1894	1895	1896	1897	im Ganzen:
750	2300	2600	1450	2950	1300	1050	1405	13800 kg

also im Mittel aller acht Jahre 1725 kg.

Mit Ausnahme des überaus dürren Jahres 1893 war daher der Mehrertrag bis zum fünften Jahre steigend und wenn auch in den letzten drei Jahren fallend, dennoch acht Jahre lang nachweisbar.

Zwei andere Versuche ergaben pro Hektar an Heu:

		Bayerseich	
		ungedüngt	800 kg Thomasmehl
1890	1750 kg		2350 kg
1891	1750 "		4800 "
		3500 kg	7150 kg
		+ 3650 kg.	
		Hüttenfeld: Oberer Seehof	
		ungedüngt	800 kg Thomasmehl
1894	2150 kg		3100 kg
1895	2550 "		8900 "
		4700 kg	12000 kg
		+ 7300 kg.	

¹⁾ Nach Wolff (S. 8 der Einleitung) bedürfen 1000 kg normales Wiesenheu 16 kg Kali (100 kg also 1,6 kg) und 4,3 kg Phosphorsäure (100 kg also 0,43 kg). Wagner verlangt hiergegen sogar den doppelten Bedarf an Phosphorsäure.

Hüttenfeld: Unterer Seehof	
	800 kg Thomasmehl
1894	1500 kg
1895	1450 "
	2950 kg
	2250 kg
	7350 "
	9600 kg
	+ 6650 kg.

Selbstredend wurde bei diesen Versuchen neben Thomasmehl auch Kainit gegeben, da der Boden an Phosphorsäure und Kali verarmt war.

Die äußerst geringen Erträge der ungedüngten Parcellen zeigen, daß der Boden dieser Wiesen thatsächlich ausgeraubt war, mithin ein unmittelbarer Vergleich mit einer gut gepflegten und bewässerten Wiese, die im Mittel immerhin in zwei Schnitten 4000 kg Heu und 2000 kg Grummet pro Hektar bringen kann, nicht richtig sein würde.

Die Wiese auf dem oberen Seehof mit einem Ertrage von 2350 kg im Mittel von zwei Jahren war noch die bessere, wohl deshalb, weil sie zum Verrieseln mit allerdings ungenügenden Wassermengen eingerichtet, früher etwas mehr düngenden Schluff erhalten haben mag.

Es wäre daher erwünscht gewesen, wenn die Versuche zu Hüttenfelde-Seehof nicht auf die künstliche Düngung allein, sondern auf besonderen Parcellen auch noch auf künstliche Düngung bei gleichzeitiger, wenn auch beschränkter Bewässerung (oder Anfeuchtung) erstreckt worden wären, um festzustellen, welche Ernteerfolge mit künstlichem Dünger und Kieselwasser zugleich zu erzielen gewesen wären.

Denn so erwünscht jedem Kieselwirth auch der Mitgebrauch der künstlichen Düngung neben der natürlichen durch fließendes Wasser sein muß und so sehr er veranlaßt ist, außer durch dieses auch mittelst Thomasmehl und Kainit seine Ernten noch über 6000 kg Rauhfutter pro Hektar zu steigern, so wird er doch dem großen Bedarf seines Ackerlandes an Kunstdünger gegenüber von vornherein an dessen Deckung denken und erst dann zu einer forcirten künstlichen Düngung der Wiesen schreiten, sobald jener befriedigt ist, oder die Ernte seiner Kieselwiese dauernd unter 6000 kg Heu *z.* zurückbleibt.

Denn die bewässerte Wiese bezw. Weide ist ja die einzige Culturart, welche es in passender Lage zum Wasser gestattet, die ungeheueren Düngerschätze, wenn auch nur zum kleineren Theile, zu sammeln, welche alljährlich durch unsere Bachläufe dem Culturlande verloren gehen.

Es bleiben dann immerhin noch viele Hunderttausende von Hektar Wiesen übrig, welche nicht oder nur ungenügend bewässerbar sind und durch künstliche Düngung in der von Wagner vorgeschlagenen Art, wie auch die Kieselwiesen der Bocker Heide (Westfalen) zeigen (§. 22 Anm.), vortheilhaft in ihren Erträgen gehoben werden.

Die Frage, wo eine Verwendung von künstlichem Dünger und in welcher Höhe auch auf Wiesen geboten ist, kann aus obigen Gründen nicht allgemein

und richtig beantwortet, sondern muß örtlich nach den gerade vorliegenden culturellen und den persönlichen Verhältnissen des Nutznießers erwogen und entschieden werden.

Es ist dabei aber nicht nur die Erntemenge der ungedüngten Wiese und die Sicherheit derselben in den einzelnen Jahren, sondern wesentlich auch ihre Qualität, also ihre Nährkraft mit entscheidend und diese kann, selbst bei gleichbleibenden Erträgen, durch die von Wagner vorgeschlagene starke Düngung wesentlich aufgebeffert werden.

Während Wolff den Gehalt der Heuasche, S. 8 der Einleitung, im Mittel vieler Analysen nur auf 1,6 Proc. Kali und 0,43 Proc. Phosphorsäure berechnet, hat Professor Wagner bei den oben angezogenen Versuchen in der Heuasche weit höhere Procente an Phosphorsäure festgestellt:

zu Bayerseich		und	Hüttenfeld-Seehof	
bei ungedüngt	gedüngt		bei ungedüngt	gedüngt
0,21 Proc.	0,54 Proc.		0,32 Proc.	1,64 Proc.
also + 0,33 Proc.			also + 1,32 Proc.	

während der Kaligehalt sich zwischen 0,8 und 2,6 Proc. bewegte.

Naturgemäß geht der Phosphorsäuregehalt der Pflanzenasche mit dem Gehalt an Eiweiß in den Futterstoffen parallel; beide sinken und steigen mit einander. In dem Maße also, als die Thomasmehldüngung den Procentgehalt an Phosphorsäure erhöhte, wurde das Heu reicher an Eiweiß (Protein) und damit auch an Nährkraft. Diese günstige Wechselwirkung muß für die Würdigung obiger Düngungsergebnisse und der Futterqualität wohl beachtet und darf nicht unterschätzt werden, weil sie gleichbedeutend mit einer wesentlichen Vermehrung an stickstoffhaltiger Nährsubstanz in der Wirtschaft ist.

Denn die im Thomasmehl neben der Phosphorsäure enthaltenen 50 Proc. Aegkalk rufen auf der Wiese die Keime der Leguminosen und Schmetterlingsblüthler hervor, welche das Vermögen besitzen, durch ihre Wurzelknöllchen den freien Stickstoff der Luft zu binden und zur Eiweißbildung zu verwenden, weshalb die in dem Grasbestande nach der Düngung mit Phosphorsäure neu auftretenden Kleearten u. den Nährwerth des Futters nothwendig verbessern müssen.

Eine kräftige Düngung der Wiesen mit Thomasmehl verbürgt daher eine doppelte Wirkung: sie erhöht den Ertrag und verbessert den Nährwerth, aber nur dann, wenn es den Pflanzen gleichzeitig nicht an aufgeschlossenen Kali- und anderen Nährsalzen fehlt. Es muß daher auch der etwaige Bedarf und die Größe der Kainitgabe neben der an Thomasmehl als Wiesendünger besonders erwogen werden.

Je nach der Natur des Bodens der Wiesen und seiner Entstehung aus den verschiedensten verwitterten Gesteinen ist auch ihr Gehalt an aufgeschlossnem Kali sehr verschieden, während der Gehalt an Phosphorsäure fast überall relativ noch mehr zurücktritt.

Wenn die Krume der Wiesen aus Thon- und Glimmerschiefer und felspathhaltigem Gestein entstanden oder durch Kieselwasser befruchtet ist, das solche Gebirgsarten durchflossen hat, so ist in der Regel eine Düngung mit Kainit nicht oder mindestens nicht alljährlich in stärkerem Maße nöthig, wie dies unbedingt der Fall ist, wenn die Entstehung des Bodens auf Kaliarmuth schließen läßt, was auf unbewässerten und ausgeraubten Wiesen nur allzu häufig zutrifft.

In solchen Fällen muß stets die von Wagner angerathene gleichzeitige Düngung mit Thomasmehl und Kainit Platz greifen.

Wiesen dagegen, welche regelmäßig, selbst nur mit geringeren Wassermengen bewässert werden, erhalten im fruchtbaren Schlick eine genügende Menge Kali und bedürfen daher keiner jährlichen Kainitgabe. Ob eine solche nicht, dennoch und in welcher Stärke gegeben, den Ertrag erhöhen und bei gleichzeitiger Bewässerung lohnend sein würde, muß durch vergleichende Versuche für die betreffende Verklüftung festgestellt werden.

Man beachte hierbei, daß es nicht immer und allein der Kaligehalt des Kainits ist, welcher den Ertrag erhöht, weil darin neben Kali auch Chlor, Schwefelsäure, Natron und Magnesia enthalten sind, und alle diese Stoffe ergänzend und aufschließend auf Boden und Pflanzen einwirken, es sich also bei der Kainitdüngung um verwickelte chemische und biologische Prozesse handelt, welche nicht beliebig aus einander zu halten sind.

Es kann daher bei vergleichenden Düngungsversuchen mit verschiedenen Kainitmengen nur das relative Verhältniß der Erntevermehrung örtlich nachweisen, ob und wie viel Kainit neben Phosphorsäure bei gleichzeitiger Bewässerung zu verwenden lohnend erscheint.

Es darf hier nicht unbesprochen bleiben, daß Fälle vorgekommen sind, wo die Thiere das mit Thomasmehl und Kainit gedüngte Wiesen- und Weidefutter verschmäht oder ungern angenommen haben sollen; auch wurde dem Verfasser in Holstein mitgetheilt, daß sich das Wild von den Feldern, welche jene Düngung erhalten hatten, nach anderen Revieren verzogen habe.

Wie dem nun immer sein mag, so steht fest, daß die Düngung mit Thomasmehl jene Mißstände um so weniger verschuldet haben kann, als die Phosphorsäure den Eiweißgehalt des Futters und damit seine Nährkraft und Schmachhaftigkeit vermehrte. Verfasser hat selbst in Holstein festgestellt, daß eine Weide mit schlechtem, wolligem Grasbestand, der den täglichen Milchertag der Kuhheerde zeitlich verminderte, nach erfolgter reichlicher Düngung mit Thomasmehl allein von den Kühen sehr gern angenommen wurde und eine reichlichere Milchausbeute zur Folge hatte.

Es kann daher, wo die angeführten Mißstände wirklich eingetreten sind, nur die Kainitdüngung die Ursache gewesen sein, und sicherlich weniger der Gehalt an Kali als vielmehr das gleichzeitige Vorkommen von Chlor, Schwefelsäure und Magnesia, deren Geschmack und Wirkung den Thieren widerlich und ungesund gewesen sein mag.

Aber auch dies darf nicht von der Kainitdüngung abschrecken, sondern mahnt nur, ihre zeitliche Anwendung, die besonders auf Weiden nicht zu spät im Frühjahr geschehen sollte, richtig zu bemessen. Bei feuchten Mähe- und Kieselwiesen kann Kainit weniger nachtheilig werden, weil seine Salze löslich sind, in die Grasnarbe eindringen und der directen Wirkung auf die Thiere entzogen werden. Es warnt aber Professor Wagner davor, den schweren Lehm- oder Thonboden wiederholt und reichlich mit Kainit zu düngen, weil solche Böden hart und undurchlässig werden, was besonders auf Kieselwiesen schädlich wirken muß.

Es erübrigt zum Schluß noch, die Anstellung vergleichender Versuche mit künstlichem Dünger auf Kieselwiesen näher zu besprechen. Hierbei ist zwischen Wiesen in frischer oder feuchter Lage und solchen zu unterscheiden, welche bewässert oder künstlich angefeuchtet werden können.

Versuche auf Wiesen erster Art in der Wageredten genäherter Lage können ohne Weiteres mit den oben angegebenen Düngermengen eingeleitet werden, um von vornherein und innerhalb zweier auf einander folgender Jahre eine sichere Wirkung zu erzielen und hieraus auf die geringere oder größere Rentabilität der Düngung zu schließen.

Bei Kieselwiesen dagegen ist zu beachten, welche Wassermengen ständig oder vorübergehend verfügbar sind und welche düngende Wirkung das Wasser an den mittleren Ernten, bemessen nach der Flächeneinheit, ergeben hat, weil hiernach erst die Größe der Düngergabe gegenüber der Wagner'schen Vorschrift durch den Versuch festzustellen ist.

Geht man davon aus, daß 6000 kg Raufutter pro Hektar in zwei Schnitten auf einer Kieselwiese eine gute Ernte ist, so werden auch schon weniger als 8 kg Thomasmehl und 5 kg Kali auf 100 qm (Ar) eine wägbare Mehrernte sichern, weil man es in der Hand hat, durch anfeuchtende Bewässerung (nach italienischer Methode) in trockenen Zeiten die Ungunst der Witterung zu bekämpfen und eine raschere Wirkung des Düngers zu erzielen. In dem Maße aber, als die Mittelernte der Wiese in Folge zeitweisen Mangels an Kieselwasser und geringerer Dungkraft unter 6000 kg heruntergeht, empfiehlt es sich, die versuchsweise Düngergabe entsprechend zu erhöhen, weil man stets im Auge behalten muß, daß die Wagner'schen Versuche auf Wiesen vorgenommen wurden, welche ungedüngt nur 1750 bis 2550 kg (allerdings wohl nur in einem Schnitt?) gebracht hatten, ein so geringer Ertrag, wie er selbst bei geringer Pflege auf einer Kieselwiese nicht vorkommen sollte.

Wagner empfiehlt Versuchsparcellen von einem Ar, also von 10 m im Quadrat, und zwar für jede Düngung drei, im Ganzen also 12 Parzellen abzumessen und kräftig abzupflücken, auch wohl mit durchgehenden Gräbchen zu scheiden, drei ungedüngt zu lassen und diese zwischen die gedüngten einzuschalten. Von den übrigen neun werden drei mit je 8 kg Thomasmehl und 5 bis 6 kg Kainit (beide innig mit Torfmehl zusammengemischt), drei nur je mit 8 kg Thomasmehl und die letzten drei nur mit je 5 bis 6 kg Kainit

gedüngt. Es empfiehlt sich, die verschieden gedüngten durch einander anzuordnen, und zu den Versuchen eine Fläche auszuwählen, welche möglichst gleichmäßigen Boden und dieselbe Feuchte hat.

Auf nahezu wagerechten Flächen kann die Lage der rechtwinkligen Parcellen eine beliebige sein; bei Nieselwiesen dagegen, welche stets ein ausgesprochenes Hauptgefälle haben müssen, in dessen Richtung das Wasser überläuft, müssen alle Parcellen streng in dieser Richtung angeordnet werden, und um auch in diesem Falle völlig zu verhüten, daß Düngerstoffe von einer Parcellen auf andere geschwemmt werden, dürfen dieselben nicht dicht zu einander, sondern nur in entsprechender Entfernung getrennt und nur so angeordnet werden, daß die Anfeuchtung jeder Parcellen für sich geschehen kann, und sorgsam erfolgt. Wird nun auch die exacte Durchführung der Düngungsversuche durch die gleichzeitige Wassergabe schwieriger, so sind doch nur in dieser Weise für rationelle Wiesenpflege entscheidende Belege gesichert. Denn die künstliche Düngung für sich allein ist nur eine einseitige Maßregel, gewinnt aber eine noch weit größere Bedeutung, wenn sie auch den Besonderheiten der Nieselwiesen sachgemäß angepaßt wird.

Die Rentabilität einer künstlichen Düngung der Wiesen ist nicht nur von agriculturtechnischer, sondern wesentlich auch von betriebswirthschaftlicher Bedeutung u. a. in der Richtung, daß das Düngercapital thunlichst rasch umgeschlagen werden muß, also in kurzen Fristen dem Viehstande im Futter und den Feldern im Stalldünger wieder zu Gute kommt. Je länger dieser Proceß sich hinzieht, und wie der Versuch in Bayerseich zeigte, mehr als acht Jahre erforderte, um so mehr wächst das im Dünger vorgelegte Betriebscapital im Laufe der Zeit und der Zinsenverlust an.

Wagner verlangt für eine Volldüngung pro Hektar

800 kg Thomasmehl zu 4,50 Mk. pro 100 Kilogr.	36,00 Mk.
500 „ Kainit zu 3,50 Mk. pro 100 Kilogr. . .	10,50 „
	<hr/>
im Ganzen also	46,50 Mk.

ohne etwaige besondere Nebenkosten, was für die Düngung von 1000 Hektar Wiese rund 50000 Mk. beträgt.

Da nun nach Phosphorsäure und Kali hungernde Wiesen im Deutschen Reich nach Hunderttausenden Hektar zählen und einer Verbesserung dringend bedürfen, so werden sich die erforderlichen einmaligen Düngungskosten auf Millionen berechnen, welche der gedrückte Landbau der Neuzeit, besonders in bäuerlichen und Parcellenwirthschaften, um so schwieriger aufbringt, als schon dem Ackerlande aus vielfachem Mangel an Betriebscapital nicht entfernt die nöthige künstliche Volldüngung zugeführt werden kann.

Auch ist wohl zu beachten, daß viele, durch Kunstdünger erzielte Mehrerträge des Ackerlandes unmittelbare Marktwaare sind, was für den größten Theil der Feuernte nicht zutrifft, die ja erst durch die Thiere zu minderem Nutzpreise umgesetzt werden und nach Jahr und Tag in Form von Stallmist

aufs Feld gebracht, sehr verspätet in klingender Münze in die Tasche der Landwirths zurückfließt.

Das sind unbezweifelbare Thatsachen, die durchaus nicht von steigender Verwendung der im Sinne einer geregelten naturgemäßen Ersatzwirthschaft völlig berechtigten und anzustrebenden künstlichen Düngung der Wiesen abhalten, wohl aber die Schwierigkeiten andeuten sollen, welche der wünschenswerthen Verwendung von Thomasmehl und Kainit auf Wiesen im großen Maßstabe entgegenstehen und in der schwierigen Beschaffung des dazu erforderlichen bedeutenden Betriebscapitales in kurzen Fristen gipfeln.

Auch dürfen die verlockenden Berechnungen der Wagner'schen Versuche nicht zu dem volkswirthschaftlichen Irrthume verführen, als könne die künstliche Wiesendüngung die Bewässerung und Anfeuchtung der Wiesen, wo sie möglich und selbst nur in beschränktem Maße durchführbar ist, irgendwie völlig ersetzen; im Gegentheil, beide Methoden sollen und werden sich gegenseitig ergänzen und dieses Ziel muß vom Landwirth und Techniker in richtiger Bemessung ins Auge gefaßt und angestrebt werden.

Dann ist und bleibt auch für den Grasbau das Wort Pindar's von ausschlaggebender Bedeutung:

„Das Herrlichste ist das Wasser!“

Zweite Abtheilung.

Besonderer oder technischer Wiesenbau.

1. Technische Grundlagen.

§. 84. In der ersten Abtheilung sind die landwirthschaftlichen Grundsätze der Wiesencultur niedergelegt. Der Endzweck der Wiesenbautechnik ist dagegen auf die rationelle Verwendung des Wassers, dessen Leitung und Theilung und die Einrichtung und Unterhaltung der dazu erforderlichen Anlagen oder sogenannten Wasserbauten gerichtet.

Es kommen dabei die einschlagenden Gesetze der verschiedenen Staaten über die Benutzung des Wassers, mathematische Vorarbeiten, der Erdbau, Schleusen- und Brückenbau &c., überhaupt die Grundsätze der Wasserbaukunst mit besonderer Rücksicht auf den Wiesenbau zur Anwendung.

Nur bei stetem Vorhandensein des Wassers rentiren größere Bodenumformungen, werden Vermessungen, Nivellements, Wehr- und Grabenanlagen &c. nothwendig, sind Entwässerungen geboten und geregelte Bewässerungen ausführbar.

§. 85. Zu einer jeden Entwässerung und Bewässerung ist ein angemessenes Gefälle der Fläche erforderlich, weil nur dann die zur Entwässerung nöthige Vorflut beschafft, oder die für Wässerungswiesen gebotene Flächenneigung künstlich hergestellt werden kann, wenn solche nicht schon in genügendem Maße natürlich vorhanden sein sollte.

Wasser und Gefälle sind sonach die beiden hauptsächlichsten Grundlagen der Wiesenbautechnik.

Das Gefälle wird durch Niveliren oder Abwägen gefunden, indem man die Höhenlage zweier oder mehrerer Punkte, wie ihre etwaigen Unterschiede direct untersucht, Höhen und Tiefen gegen einander durch Rechnung vergleicht und das Ergebniß graphisch darstellt.

Die Wichtigkeit exacter Nivellements für die Ausnutzung des Nieselwassers auf natürlichen und Kunstwiesen und die Kenntniß der neueren ver-

besserten Methoden, besonders in Anwendung auf Flächen nivellements und hieraus folgende Erdarbeiten lassen es zweckmäßig erscheinen, die neuesten Verfahrensweisen in einem Anhang zu erläutern ¹⁾.

Denn der Wiesenbautechniker muß fertig zu nivelliren verstehen, was er nur durch fortgesetzte Uebung erlernt. Für exacte Arbeit genügt das sogenannte Augenmaß nicht, obwohl es für die allgemeine Beurtheilung der Gefällverhältnisse und der darauf zu gründenden Anlagen nöthig, ja unentbehrlich ist und, wenn durch längere Zeit geübtes exactes Nivelliren controlirt, in oft überraschender Weise zutreffend entwickelt werden kann.

2. Von dem Gefälle.

Der Techniker hat bei dem Wiesenbau das Gefälle von Linien und von Flächen zu untersuchen, um es richtig ausnutzen zu können. §. 86.

Er unterscheidet hierbei das absolute von dem relativen Gefälle.

Das absolute Gefälle spricht sich in dem gemessenen Höhenunterschiede zweier oder mehrerer Punkte aus. Zwischen zwei oder mehreren gleich hoch liegenden Punkten ist kein natürliches Gefälle vorhanden. Es kann aber künstlich hergestellt werden, indem man einzelne in bestimmter Richtung liegende Punkte durch Abtrag der Erde tiefer oder andere durch Auftrag höher legt.

Hat man z. B. zwischen zwei Punkten einer Linie *a* und *b* einen Höhenunterschied der natürlichen Oberfläche von 2 m gefunden, um welchen *a* höher als *b* oder umgekehrt liegt, so folgt daraus die Möglichkeit, ein dieser Differenz entsprechendes absolutes Gefälle, etwa in der Sohle eines Grabens, herzustellen.

Dieses absolute Maß genügt aber dem Culturtechniker für die Einrichtung von Wasserleitungen und Ueberrieselungen nicht. Es muß vielmehr der Höhenunterschied von 2 m auf die Entfernung der beiden Punkte (ausgedrückt in Meter) bezogen und so das relative Gefälle gefunden werden. Denn dieses allein giebt einen bestimmten Anhalt für die Beurtheilung der größeren oder geringeren Geschwindigkeit des Wassers, womit es sich in einem Graben oder über die Wiese hin auf der nivellirten Linie *a b* bewegen wird.

Der Uebersichtlichkeit wegen drückt man größere (relative) Gefällverhältnisse in Procenten, kleinere in pro Mille aus.

Liegen *a* und *b* mit dem absoluten Höhenunterschied von 2 m in einer Entfernung von 25 m, so folgt daraus ein relatives Gefälle von $\frac{2}{25}$ m, d. h. auf jedes Meter lassen sich $\frac{200}{25}$ oder 8 cm = 0,08 m oder 8 Proc. (8 %) Fall entwickeln.

Betrüge dagegen die Entfernung von *a* nach *b* 250 m, das relative Gefälle also $\frac{2000}{250}$, so kommen auf jedes Meter 8 mm oder 0,008 m = 8 pro Mille (8 $\frac{0}{100}$ ²⁾).

¹⁾ Vergl. auch Dünkelberg-Friesz, a. a. O. S. 143 u. f.

²⁾ Seit allgemeiner Einführung des metrischen Maßes sollten Gefällbezeichnungen wie 1:1250 etc. nicht mehr vorkommen, sondern stets auf 100 und 1000 bezogen werden.

§. 87. Neben dem Gefälle von Linien kommt das der Flächen in Betracht, insofern die Wiesen eine ausgesprochene Neigung nur nach einer bestimmten Richtung oder verschiedene, also wechselnde Neigungen nach abweichenden Richtungen und in beiden Fällen ein geringeres oder größeres Gefälle zeigen.

In den meisten Fällen wird sich aber die durchschnittliche stärkste Gefällrichtung der ganzen Fläche oder einzelner Abtheilungen der Wiese, das sogen. generelle oder Hauptgefälle, erkennen und ermitteln lassen.

Dasselbe kann im Ganzen betrachtet entweder nur nach der Breitedimension der Wiese, oder nur nach ihrer Länge, oder nach Länge und Breite zugleich vorliegen, und im letzten Falle weder allein auf den Linien, welche die Breite der Wiese, noch auf denjenigen, welche die Länge der Wiese bezeichnen, gemessen oder dargestellt werden, sondern es liegt alsdann mehr oder minder diagonal zwischen beiden Richtungen.

In diesem Sinne spricht der praktische Wiesenbauer von Breiteder Länge- oder Diagonalfälle. Die Richtung des letzteren wird sich derjenigen nach der Breite oder nach der Länge um so mehr nähern, je stärker das eine vor dem andern Gefälle ausgesprochen ist. Liegt dagegen ein ebenso großes relatives Gefälle nach der Breite wie nach der Länge vor, so muß das diagonale genau eine mittlere Richtung zwischen beiden haben ¹⁾.

Das Hauptgefälle einer Wiese liegt stets in der Richtung, in welcher aufgeleitetes Wasser überrieseln würde, wenn man sich die kleineren Erhöhungen und Vertiefungen ausgeglichen und die Wiese als geneigte Ebene denkt.

Je nachdem die Neigung einer Wiese und ihre Lage gegen die Weltgegenden mehr oder minder verschieden abwechselt, muß dies auch mit der Süd- oder Nord- u. c. Richtung des Hauptgefälles der Fall sein und es entstehen dadurch natürliche Abtheilungen und ungleiche Erwärmung, was bei Einrichtung der Berieselung insofern zu beachten ist, als es auf den Ertrag der Sonnen- und Schattenseiten der Wiese von Einfluß ist.

a) Bestimmung des Hauptgefälles.

§. 88. Die Richtung des Hauptgefälles liegt immer senkrecht zu den über eine Fläche abgesteckten Horizontallinien.

Es sei ab , Fig. 9, horizontal, so ist xy die Richtung des Hauptgefälles ²⁾.

Auf unebenem Terrain abgesteckte Horizontallinien verlaufen in Curven und Winkeln und deuten dadurch die wechselnde Neigung der Fläche und die Verschiedenheit der Gefällrichtungen an.

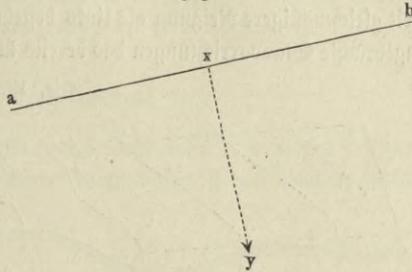
¹⁾ Vergl. Dünkelberg-Fries a. a. O. S. 168.

²⁾ Gemäß dem Lehrsatze, daß der kürzeste Weg zwischen einem Punkte (y) und einer Linie (ab) nur durch eine Senkrechte bezeichnet wird. Jede andere (gegen die Horizontale geneigte und mit derselben ungleiche [spitze und stumpfe] Nebenwinkel bildende) Linie würde ein geringeres relatives Gefälle ergeben.

Ist $c' c'' c'''$ u., Fig. 10, eine auf dem Terrain abgesteckte, gebrochene Horizontale, so stellt die punktirte Linie $m n$ die mittlere Richtung derselben und jede darauf gefällte Senkrechte das in dieser letzteren Richtung liegende mittlere Hauptgefälle dar.

Zeigt aber die Horizontale stärkere Krümmungen, wie in der Fig. 11, so sind dadurch sehr abweichende Gefällrichtungen und zwar bei x ein Zurückweichen (Einsenkung oder Mulde) des Geländes, bei y aber ein Vorspringen (Erhöhung oder Rücken) desselben angedeutet.

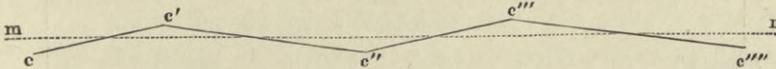
Fig. 9.



§. 89.

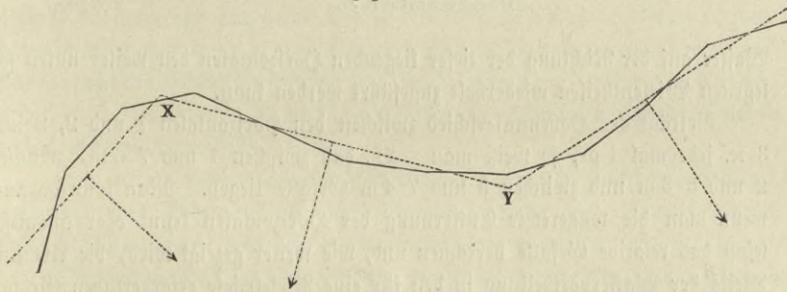
Die Horizontallinien, welche mit einem Nivellirinstrument über eine Wiese abgesteckt, nöthigenfalls geometrisch aufgenommen und auf eine Karte aufgetragen werden, oder auch aus einem Netz von nivellirten Punkten auf dem Lageplan entwickelt werden können¹⁾, sollten stets einen und denselben Höhenabstand haben, und geben dann das einfachste Mittel ab, die wechselnden Gefällverhältnisse

Fig. 10.



einer jeden Fläche graphisch darzustellen, sowie hieraus die Art und Weise der Entwässerung und Bewässerung auf dem Papiere oder auf der Wiese selbst zu entwerfen.

Fig. 11.



Je geringer das Gefälle der Wiese ist, um so niedriger muß dieser Höhenunterschied der Horizontalen gegriffen werden und darf dann etwa nur 0,25 bis 0,5 m betragen, weil auf wenig geneigten Wiesen die Horizontalen allzu weit aus einander zu liegen kommen, während dieselben bei stark geneigtem Terrain bis zur Höhe eines Meters und mehr über einander liegen können.

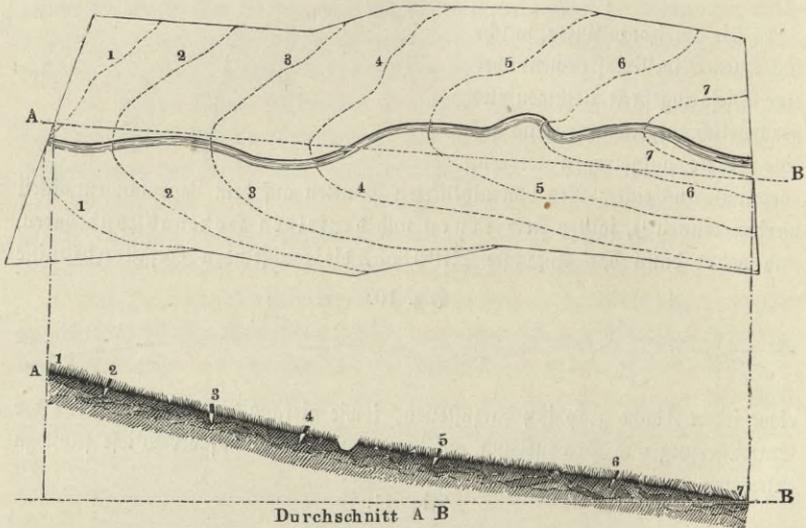
Die Darstellung der wechselnden Verhältnisse eines Wiesenthales durch

¹⁾ Vergl. Culturingenieur Bd. 1, S. 286 u. den betr. Anhang.

Horizontalen ist in Fig. 12 veranschaulicht und mittelst eines Durchschnittes auf der Linie *AB* näher erläutert.

Es ist daraus leicht ersichtlich, daß das Gefälle auf dem rechten Ufer des Baches relativ größer als auf dem linken Ufer ist, weil hier die Horizontalen weiter, dort aber näher an einander liegen; daß oberhalb der Wagerichten 1 beiderseits zwei Dreiecke unbewässert liegen bleiben müssen, wenn der Bach nicht oberhalb (auf fremdem Besitz) gestaut werden darf; daß rechts vom Bache eine weit gleichmäßigere Neigung als links besteht, und daß durch einige in dem Bach angebrachte Stauvorrichtungen das bereits über die oberen Wiesentheile geflossene

Fig. 12.



Wasser auf der Richtung der tiefer liegenden Horizontalen den weiter unten gelegenen Wiesentheilen wiederholt zugeführt werden kann.

Beträgt der Höhenunterschied zwischen den Horizontalen 1 und 2, 2 und 3 zc. jedesmal 1 m, so weiß man z. B., daß zwischen 1 und 7 6 m, zwischen 2 und 5 3 m und zwischen 3 und 7 4 m Gefälle liegen. Man kann daraus, wenn man die wagerechte Entfernung der Horizontalen kennt oder ausmisst, leicht das relative Gefälle berechnen und, wie weiter gezeigt wird, die Art und Weise der Wasservertheilung in den für eine Kieselwiese erforderlichen Gräben und die erforderlichen Wassermengen zc. feststellen.

b) Gefällgrößen.

§. 90. Zur Orientirung darüber, was man unter starkem oder schwachem Flächengefälle einer Wiese zu verstehen hat, beachte man, daß hiermit stets das Hauptgefälle derselben gemeint ist, einerlei, ob es nach der Länge oder Breite, oder diagonal zu beiden Richtungen liegt (§. 87).

Das Hauptgefälle ist im Sinne der Flächenbewässerung (also nicht der Gräben):

- ein sehr geringes (oder schwaches), wenn es unter 1 cm per Meter, also unter 1 Proc. beträgt;
- ein geringes Gefälle bei 1 bis 3 cm per Meter, oder 1 bis 3 Proc.;
- ein mittleres Gefälle bei 4 bis 7 cm per Meter, oder 4 bis 7 Proc.;
- ein starkes Gefälle bei 8 bis 10 cm per Meter, oder 8 bis 10 Proc.;
- ein sehr starkes, wenn es mehr als 10 Proc. beträgt¹⁾.

3. Der Wasserbedarf²⁾.

Es ist schwierig, ja unmöglich, über den Wasserbedarf der Wiesen bestimmte allgemein gültige Angaben zu machen. Denn dieser Bedarf wechselt (absolut und relativ) nach

§. 91.

1. der Güte des Wassers;
2. der Beschaffenheit des Bodens und des Untergrundes;
3. der jedesmaligen Witterung und dem Klima im Allgemeinen;
4. der Größe der zu bewässernden Fläche und
5. deren Hauptgefällgrößen; endlich je nach
6. dem Zweck der Bewässerung, ob damit nur eine Anfeuchtung oder zugleich eine Düngung beabsichtigt wird.

Im Allgemeinen ist anzunehmen, daß die Bewässerung um so sicherer und besser wirkt, je größer die verfügbare Wassermenge und das Gefälle der Fläche ist, und daß viele Anlagen nicht nur wegen Mangels an Wasser, sondern auch an Gefälle quantitativ und qualitativ weniger befriedigende Ernten liefern.

Die Erfahrung zeigt, daß in südlicheren regenarmen Gegenden eine sehr geringe Wassermenge noch guten Erfolg bringt, während in nördlichen Ländern unverhältnißmäßig mehr Wasser erfordert wird. Im ersteren Falle wird noch eine besondere Düngung gegeben und das Wasser dient zu ihrer Auflösung und Vertheilung, während im zweiten Falle eine anderweite Düngung, als sie das Wasser giebt, wegfällt.

Ein lockerer Boden mit durchlassendem Untergrund gleicht einem Filter, ein gebundener Boden mit ähnlicher Unterlage nimmt mehr Feuchtigkeit auf und hält solche länger zurück; ein durchlassender Untergrund staut das Wasser auf.

Die feuchtere Luft der Gebirgslagen macht andauernde Bewässerung behufs der Anfeuchtung öfters ganz unnöthig.

Bei den wechselnden Größen des mittleren Flächengefälles (4 bis 7 Proc.) bleibt die erforderliche Wassermenge ziemlich gleich; bei geringem Gefälle muß sie größer als bei starkem Gefälle auf der gleichen Fläche sein, um die Fortbewegung des Wassers zu beschleunigen und der Versumpfung entgegenzuwirken.

¹⁾ Diese Zahlen geben die Ansichten und Erfahrungen des Verfassers und sind bestimmt, das Verständniß der folgenden Auseinandersetzungen vermitteln zu helfen.

²⁾ Vergl. Dunkelberg-Fries a. a. O. S. 256 u. f.

a) Verhältniß des Wassers zur Fläche.

§. 92. Eine relative Vermehrung einer bestimmten Wassermenge tritt ein, wenn die zu bewässernde Wiese in mehrere Abtheilungen zerlegt, und diese nach einander mit allem vorhandenen Wasser überrieselt werden.

Das Gleiche geschieht, wenn dieselbe Wassermasse zwei- und mehreremal für verschiedene unter einander liegende Abtheilungen benutzt wird. — Dies hat jedoch seine Grenzen in der Güte des Wassers, insofern öfters wiederholte Benutzung einen immer geringeren, düngenden Erfolg mit sich bringt.

Man unterscheidet die jährlich auf ein Hektar Wiese entfallende Wassermenge von der täglichen in den einzelnen Wässerungsperioden verwendeten Menge. So sehr diese nach der Dauer und Vertikalität wechseln kann, ebenso kann auch jene in den einzelnen Jahrgängen je nach der mehr feuchten oder trockenen Witterung verschieden groß sein.

Den natürlichsten Anhalt giebt die wirkliche an den einzelnen Wässerungstagen innerhalb bestimmter Stundenzahl verwendete Menge.

b) Wässerungshöhen.

§. 93. Berechnet man die Höhe der Wasserschichte, welche in 24 Stunden auf die Fläche eines Hektars (10 000 qm) Wiese fließt und sich, unter der Voraussetzung einer ganz wagerechten und unwallten Fläche, daselbst aufstauen würde, wenn nichts davon versänke oder verdunstete, so lassen sich aus der hiernach berechneten **Stauhöhe** die verschiedenen zur Bewässerung verwendeten Wassermengen leicht gegen einander vergleichen.

Auf den ausgedehnten Kieselwiesen der Lombardei und im Süden Frankreichs, wo Sommerregen selten sind, erachtet man allgemein einen Zufluß von 1 Liter per Secunde und Hektar zur Anfeuchtung des Geländes, und um den Regen zu ersetzen, für erforderlich und es wird das Kieselwasser nach Benutzungszeit und Fläche bezahlt.

Da es nicht möglich ist, einen pro Secunde so kleinen Zufluß über 10 000 qm gleichmäßig zu vertheilen, so wird periodisch, etwa wöchentlich einmal überrieselt. Ein Liter per Secunde ist gleich 86,4 cbm in 24 Stunden und einer Stauhöhe von 0,864 cm per Hektar, also in sieben Tagen gleich 604,8 cbm, welche in verhältnißmäßig kurzer Zeit auf einmal über die Felder geleitet, eine normale Vertheilung mit einer idealen Stauhöhe von rund 6,05 cm sehr wohl gestatten.

Solchen wöchentlichen Bewässerungen werden in trockenen Jahren vom 1. April bis 30. September etwa 25 gegeben und führen den Wiesen nicht nur die nöthige Feuchtigkeit, sondern auch bemerkenswerthe Schlichttheile zu, weil die in den Zuflüssen aufgestellten Wassermesser (sogen. Modul) bei höheren zeitlichen Wasserständen auch mehr als 1 Liter per Secunde, ja sogar 1½ Liter und mehr zuführen.

Diese Veriefelungsmethode der südlichen Länder ist auch diesseits der Alpen bei wenig verfügbarem Wasser berechtigt und genügend, wenn den Wiesen entsprechende Mengen künstlichen Düngers gegeben werden (S. 88 u. f.).

Dagegen wird in nördlichen Ländern mit Vorliebe von einer künstlichen §. 94. Düngung abgesehen, wenn größere Wassermengen mindestens im Herbst verfügbar sind und für sich allein genügen, die Wiesen allmählich mit dem im Wasser selbst zugeführten Dünger zu befruchten.

Wie viel Wasser zu diesem Zwecke zu geben ist, läßt sich allgemein nicht bestimmen, sondern muß von Fall zu Fall erfahrungsgemäß festgestellt werden, obwohl hierbei selbst eine gewisse Verschwendung an Wasser vorkommen kann.

So berechnet Vincent für Norddeutschland bei vollkommener (düngender) Bewässerung per Secunde und Hektar 0,121 cbm (121 Liter) oder eine tägliche Stauhöhe von 1,045 m, die indessen in Wirklichkeit schwerlich erreicht wird und, wenn dies der Fall wäre, als übertrieben zu bezeichnen ist ¹⁾.

Wie große Wassermengen auf solcher Grundlage für die Veriefelung ausgedehnter Wiesenflächen nöthig würden und gleichzeitig die Anlagen räumlich beschränken, folgt aus der Erwägung, daß ja die Rieselfzeit eines Tages für die Düngung der Wiesen mit Wasser nicht entfernt genügt, sondern zur Herbstzeit oft wochenlang fortzusetzen ist (S. 41), während für bloße Anfeuchtung während der Vegetationszeit selbst sehr geringe Wassermengen, nach italienischem Vorgang wöchentlich oder selbst in längeren Zwischenräumen, dem Gang der Witterung gemäß, vollauf genügen können.

Mit allen den vorstehenden Vorbehalten sind die folgenden für Mittel- und Süddeutschland bemessenen Größen, gutes Wasser vorausgesetzt, zu beurtheilen und im Sinne einer verschieden starken Düngung pro Hektar anzuwenden.

Tägliche Stauhöhe cm	Tägliche Wassermenge cbm	Zuflüsse per Secunde und Hektar		Bewässerungserfolg
		cbm	Liter	
36 bis 45	3600 bis 4500	0,0416 bis 0,0528	42 bis 53	ausgezeichnet,
30	3000	0,0347	35	sehr gut
24	2400	0,0277	28	gut
15	1500	0,0173	19	genügend

Selbstverständlich werden diese Zahlen durch die in §. 91 aufgeführten wechselnden Factoren nach Ort und Witterung in engeren und weiteren Grenzen abgeändert, und selbst bei dem Anfänger eine gewisse Unsicherheit erzeugen, die er unter Beachtung des Folgenden erst mittelst längerer Erfahrung erkennen und besiegen kann.

¹⁾ Außerdem beruht die Angabe von Vincent auf einem Rechenfehler, da die von ihm benutzte ältere Formel eine zu große Wassergeschwindigkeit und der sandige Boden, worauf er arbeitete, große Wasserverluste durch Versickerung ergibt.

c) Berechnung der erforderlichen Wassermenge.

§. 95. Sollen z. B. 3 ha mit einer Stauhöhe von 24 cm bewässert werden, so ist für die entsprechende Nieselzeit ein Zufluß von 2400 cbm in 24 Stunden oder von 0,0277 cbm (27,7 Liter) per Secunde und Hektar, für 3 ha also von 7200 cbm, oder 0,0831 cbm (83,1 Liter) per Secunde, erforderlich. — Hienach müßte die Wasserzuführung, Vertheilung und Ableitung in den Gräben bemessen werden.

Fehlt es aber an der berechneten Wassermenge, so bleibt nichts übrig, als eine Theilung der Wiese in mehrere Abtheilungen, die nach einander überrieselt werden oder eine wiederholte Benutzung des von den höher gelegenen Wiesen theilen abfließenden Wassers auf die tiefer gelegenen eintreten zu lassen und hierzu gleich von vornherein die nöthigen Einrichtungen für die Vertheilung des Wassers über die Fläche zu treffen.

Zu diesem Zwecke ist die Kenntniß des Grabenbaues nothwendig.

4. Von den Gräben im Allgemeinen.

§. 96. Zur Zuleitung, Theilung und Abführung des Wassers sind Ent- und Bewässerungsgräben verschiedener Art und Construction erforderlich.

Bei aller Verschiedenheit der Gräben in Form und Größe, Gefälle und Richtung, welche je nach ihrem speciellen Zweck, dem Boden und der Wassermenge wechseln, sind die folgenden allgemeinen Gesichtspunkte für den Techniker von Wichtigkeit.

An den Gräben unterscheidet man die Wände oder Wandungen, die Sohle, die Tiefe und die obere Breite. Aus dem Verhältniß dieser wechselnden Größen zu einander geht in jedem einzelnen Falle ein bestimmter Querschnitt (Profil) hervor.

Die Wandungen stehen entweder senkrecht oder geneigt zur Sohle und der Querschnitt stellt im ersten Falle ein Rechteck, Fig. 13, im zweiten Falle ein Trapez, Fig. 14, dar.

Fig. 13.

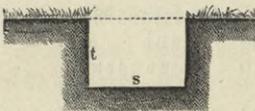
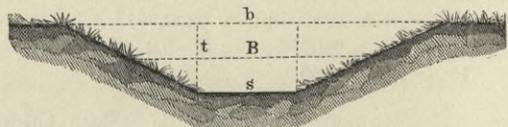


Fig. 14.



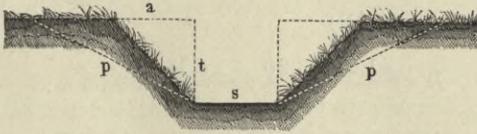
In diesen bedeutet s die Sohle, t die Grabentiefe, b die obere Breite und B die aus Sohle und oberer Breite abgeleitete mittlere Breite.

a) Die Böschung der Gräben.

§. 97. Gräben mit geneigten Wänden sind geböschet und die Anlage der Böschung bezeichnet den Grad des Zurückweichens der Wandung von der senkrechten Richtung.

Der Graben, Fig. 15, hat eine einfache Böschung, weil die Anlage a ebenso groß wie die Tiefe t ist; bei einer zweifachen Böschung (welche die

Fig. 15.



punktierten Linien pp der Fig. 15 andeuten) würde die Anlage gleich der doppelten Tiefe sein. In diesem Sinne spricht man von $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$, $1\frac{1}{2}$ etc. und n facher Böschung.

Man begegnet häufig dem Widerspruche der Besitzer, weil starkes Böschten einen Verlust an tragbarer Grasfläche herbeiführe, was indeß ganz unberechtigt ist, wenn flachere Böschungen mit Rasen belegt und beerntet werden. Ist auch die Erdbewegung bei ihrer Anlage größer, als bei Gräben mit senkrechten Wänden, so ist doch auch ihre Dauer und Unterhaltung sicherer und leichter und man gewinnt aus flachen Böschungen Erde, womit die Zuleitungen aufgedämmt, Rücken formirt und Unebenheiten der Wiesen ausgeglichen werden, ohne daß größere Erdtransporte nothwendig sind.

b) Berechnung des Querprofils.

Der rechtwinklige Querschnitt q , Fig. 13, ist gleich dem Producte der §. 98. Tiefe t in die Sohlenbreite s :

$$q = ts \dots \dots \dots (I)$$

der geböschte Querschnitt q' , Fig. 14, folgt aus dem Producte der Tiefe in die mittlere Breite B :

$$q' = tB \dots \dots \dots (II)$$

B ist gleich der halben Summe aus der Sohle s und der oberen Breite b :

$$B = \frac{s + b}{2} \dots \dots \dots (III)$$

und die Anlage a der Böschung, Fig. 15, ist:

$$a = tn \dots \dots \dots (IV)$$

wobei n das Verhältniß der Anlage zur Tiefe (Böschungsverhältniß $\frac{a}{t}$) bezeichnet.

Die obere Breite b folgt aus der Summe der doppelten Anlage ($2tn$) und der Sohlenbreite:

$$b = 2tn + s \dots \dots \dots (V)$$

Die Formel für den Querschnitt eines geböschten Grabens q' ist sonach:

$$q' = \left(\frac{s + 2tn + s}{2} \right) t = \left(\frac{2s + 2tn}{2} \right) t = (s + tn)t \quad (VI)$$

Es sei die Böschung $1\frac{1}{2}$ fach, die Tiefe $0,9$ m, die Sohle $1,2$ m, so ist die obere Breite (nach V):

$$b = 2 \cdot 0,9 \cdot 1,5 + 1,2 = 3,90 \text{ m};$$

die mittlere Breite (nach III)

$$B = \frac{1,2 + 3,90}{2} = \frac{5,1}{2} = 2,55 \text{ m};$$

und der Querschnitt (Profil) (nach II):

$$q' = 0,9 \cdot 2,25 = 2,295 \text{ qm.}$$

Ober (nach VI):

$$\begin{aligned} q' &= \left(\frac{1,2 + 2 \cdot 0,9 \cdot 1,5 + 1,2}{2} \right) 0,9 = \left(\frac{2 \cdot 1,2 + 2 \cdot 0,9 \cdot 1,5}{2} \right) 0,9 \\ &= (1,2 + 0,9 \cdot 1,5) 0,9 = (1,2 + 1,35) 0,9 = 2,55 \cdot 0,9 = 2,295 \text{ qm.} \end{aligned}$$

§. 99. Sind die Tiefe t , die mittlere Breite B und die Größe der Anlage tn bekannt und es sollen daraus die Sohle s und die obere Breite b bestimmt werden, so ist:

$$b = B + (tn) \quad \dots \dots \dots \quad \text{(VII)}$$

$$s = B - (tn) \quad \dots \dots \dots \quad \text{(VIII)}$$

Ein rechtwinkliger Querschnitt von $1,35$ qm mit $0,9$ m Tiefe und $1,5$ m mittlerer Breite soll eine $\frac{3}{4}$ fache Böschung erhalten, so ist:

die obere Breite (nach VII):

$$b = 1,5 + (0,9 \cdot 0,75) = 1,5 + 0,675 = 2,175 \text{ m,}$$

die Sohle (nach VIII):

$$s = 1,5 - 0,675 = 0,825 \text{ m};$$

und die mittlere Breite (nach III):

$$B = \frac{2,175 + 0,825}{2} = \frac{3,000}{2} = 1,5 \text{ m, wie oben.}$$

c) Die Größe der Böschung.

§. 100. Das Böschchen der Gräben hat zum Endzweck, ein Einstürzen der Ufer zu verhindern, insofern dadurch der Druck der Erde auf die Grabenwand verringert und der Wasserspiegel tiefer gelegt, also die Wasserschichte erniedrigt und die Reibung des Wassers auf der Sohle in dem Maße vermindert wird, als der Druck der niedrigeren Wassersäule geringer ist.

Die Größe der Böschung wechselt deshalb je nach der Bodenart, der Wassermenge, wie ihrer Geschwindigkeit und der Grabentiefe.

Gräben bis zu 15 cm Tiefe werden meist mit senkrechten Wänden in den Rassen und Boden eingeschnitten; mit zunehmender Tiefe erhalten sie

im Thonboden eine	$\frac{1}{4}$ bis 1fache Böschung
„ Lehmboden eine	1 „ 2 „ „
„ Sandboden eine	$1\frac{1}{2}$ „ 3 „ „
„ Torf- und Moorboden eine	$\frac{1}{2}$ „ 3 „ „

unter sonst gleichen Verhältnissen.

Je größer die Wassermenge eines Grabenprofils, die Wassertiefe, das Gefälle der Sohle und die hiervon bedingte Wassergeschwindigkeit sind, um so flacher müssen die Böschungen genommen werden.

Zuleitungsgräben erhalten in demselben Boden eine geringere Böschung, als Ableitungsgräben, selbst wenn beide gleich große Wassermassen führen, weil den ersteren in der Regel nur ein schwaches Gefälle, also eine geringere Wassergeschwindigkeit, dem letzteren aber eine stärkere gegeben werden darf.

d) Tiefe und Sohlenbreite.

Die Tiefe der Bewässerungsgräben wird durchschnittlich geringer, als die §. 101.
der Entwässerungsgräben gefertigt. Dieselbe ist indeß nicht mit der Wassertiefe zu verwechseln, welche bei allen Gräben, über deren Ranten das Wasser nicht überschlagen soll, geringer als die Grabentiefe genommen werden muß, damit ein genügender Grabenbord verbleibt.

Der für eine bestimmte Wassermasse nöthige Querschnitt eines mit geringerem Gefälle auszustattenden Hauptbewässerungsgrabens muß sonach vorwiegend durch die Sohlenbreite erzielt werden, die dadurch meistens das Vielfache der Wassertiefe erhält.

Sohlenbreite und Böschungsverhältniß müssen in derselben Bodenart mit der Wassermenge und ihrer Geschwindigkeit wachsen.

e) Geschwindigkeit des Wassers.

Diese ist in erster Linie durch das Gefälle des Wasserlaufes, in zweiter §. 102.
durch das Maß des benetzten Umfangs und das Material bedingt, aus welchem Sohle und Wände bestehen, weil die beiden letzteren Momente auf den Grad der Reibung, welche den Lauf des Wassers mehr oder minder hemmt, den allergrößten Einfluß haben.

Auch die Vergrößerung der Wassertiefe erzeugt bei gleichbleibendem Sohlengefälle und Querschnitt vermehrte Geschwindigkeit.

Aus diesen Gründen ist die Geschwindigkeit stets in der Nähe der Sohle und der Ufer am geringsten, gegen den Wasserspiegel hin und im Stromstrich, wo sich gewöhnlich die größte Tiefe findet, am größten.

Hieraus erläutern sich die Uferschäden zc., welche durch Hochfluthen der Gewässer eintreten, während letztere bei mittleren Wasserständen ungefährlich verlaufen.

Die Geschwindigkeit im Wasserpiegel läßt sich durch Schwimmer bestimmen¹⁾. Legen mehrere derselben, etwa 6 bis 10, nach einander eine genau abgesteckte und gemessene Bachstrecke, z. B. 40 m, durchschnittlich in 133,5 Secunden, also etwa in einer Secunde $\frac{40}{135,5} = 0,3$ m zurück, so ist dies die gesuchte Geschwindigkeit.

Um hieraus die mittlere Geschwindigkeit des ganzen Wasserkörpers, welcher in einer Secunde den Querschnitt des Baches passirt, zu berechnen und damit ein Urtheil über die Wassermenge zu gewinnen, welche für die Zwecke der Berieselung verfügbar ist, hat man Erfahrungszahlen anzuwenden, welche aus der Geschwindigkeit im Spiegel einen für den Techniker genügend sicheren Schluß auf die mittlere Geschwindigkeit des Baches zu machen gestatten.

Nach Grebenau (a. a. O. S. 470) findet man die letztere erfahrungsgemäß genau genug für größere Bäche und Wiesengraben zu 68,7 Proc. der Geschwindigkeit eintauchender Schwimmer, im obigen Beispiel also zu

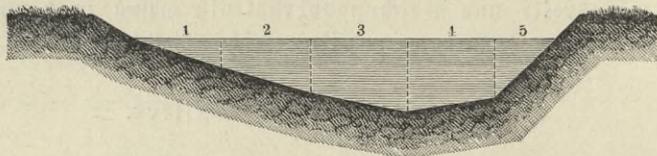
$$0,687 \times 0,3 = 0,206 \text{ m.}$$

Bei größeren Gewässern und ihrer oberflächlich gemessenen Geschwindigkeit empfiehlt Prony den Factor 0,8.

Bei solchen Messungen muß genau gearbeitet werden und sind die Schwimmproben auf einer Bachstrecke vorzunehmen, die bei gleichmäßigem Gefälle annähernd dasselbe Querprofil, also eine thunlichst gleichbleibende Breite und Tiefe hat.

Wenn durch genaue Ausmessung und Sondirung des Wasserstandes in dem Querprofil (Fig. 16) der Flächeninhalt seiner Abschnitte 1 bis 5 etwa zu

Fig. 16.



1,5 qm gefunden worden ist, so folgt daraus, daß dasselbe bei einer mittleren Geschwindigkeit von 0,206 m eine Wassermasse von $1,5 \times 0,206 = 0,309$ cbm (309 Liter) per Secunde führt.

Bei den meist im Laufe des Jahres bedeutend wechselnden Wasserständen selbst kleinerer Gewässer beachte man indessen, daß das meiste Wasser für die Zwecke der Berieselung im Herbst (October und November) erfordert wird und

¹⁾ Nach Grebenau, Taschenbuch, 5. Aufl., S. 461, wählt man dazu Abschnitte von Hopfenstangen oder von Stammholz von 5 bis 10 cm Durchmesser und 5 bis 20 cm Länge (je nach der Tiefe des Gewässers), die man mit Steinen beschwert, damit sie nahehin ganz in das Wasser eintauchen. Auch vertheile man die Schwimmer über die ganze Breite des Spiegels, um einen möglichst richtigen Durchschnitt zu erhalten.

deshalb zu dieser Zeit die Wassermessung angezeigt ist, ohne daß man die höheren, niedrigeren und mittleren Wasserstände anderer Monate außer Acht lassen sollte.

Die Geschwindigkeit kleiner gekrümmter Bäche kann nicht durch Schwimmproben, sondern besser durch einen künstlichen Ueberfall mittelst eines eingesezten Brettes bestimmt werden. Vergl. hierüber Dünkelberg-Fries, Lehrbuch des Wiesenbaues, S. 253 u. f.

f) Berechnung der Wassermengen mittelst Formeln.

Während man sich bei vorstehenden Ermittlungen mit einer annähernden Bestimmung begnügen kann, erfordert eine richtige Vertheilung des Wassers in und über die Wiese, daß die Grabenführungen in ihren verschiedenen Dimensionen und in ihrem Gefälle der Größe der Fläche und den verschiedenen Zwecken der Verieselung so genau als möglich angepaßt werden, damit man bei der Anlage im voraus weiß, wie viel Wasser jeder Abtheilung in gegebener Zeit zufließen wird. §. 103.

Bis zum Jahre 1869 fehlte es an Formeln, welche für die Bedürfnisse des Wiesenbautechnikers einen genügend genauen Anhalt boten, und es ist das Verdienst des Ingenieurs Kutter in Bern, diese Lücke ausgefüllt zu haben¹⁾.

Aus den von ihm berechneten ausführlichen Tabellen lassen sich unmittelbar für eine gegebene Wassermenge per Secunde die relative Wassertiefe, die Sohle, sowie die Gefällgröße bei drei verschiedenen Rauheitsgraden des benetzten Grabenumfangs, und die hieraus resultirende mittlere Geschwindigkeit bei $1\frac{1}{2}$ facher Böschungsanlage entnehmen.

Für Gräben mit größerer oder geringerer Böschung sind die nöthigen Correcturen in einer besonderen Tabelle des §. 108 angegeben.

Da es bei Neuanlagen Sache des Technikers ist, alle Gräben mit bestimmten Profil und ausgeglichenem Gefälle auszuführen und bei einer gut gepflegten Anlage auf deren Erhaltung Rücksicht zu nehmen, so hat durch die Kutter'sche gediegene Arbeit die Wiesenbautechnik eine werthvolle Bereicherung erfahren und kein rationeller Arbeiter wird sich dieser Hilfe ferner entschlagen; selbst für den gewiegten Hydrauliker ist sie eine wesentliche Erleichterung, da sie sich auf Wassertiefen bis zu 6 m und Sohlenbreiten bis 270 m erstreckt.

Die auf S. 114 u. f. folgende, der Arbeit von Kutter entnommene Zusammenstellung hat den Zweck, die Wasserführung kleinerer Gräben und ihre Verhältnisse anzugeben. §. 104.

Die obere der zu einander gehörigen (in Klammern gefassten) Zahlen zeigt die mittlere Geschwindigkeit, die darunterstehende die Wassermenge an.

¹⁾ Vergl. Dünkelberg, Der Culturingenieur, Bd. II, S. 327, und Bd. III, S. 224, und Kutter, Bewegung des Wassers in Flüssen und Canälen. Berlin 1885.

Die Tabellen auf S. 114 bis 117 zeigen, daß bei kleinen Gräbchen mit 0,1 m Wassertiefe und 0,1 bis 0,2 m Sohlenbreite die Zunahme des Gefälles von 0,1 auf 0,2 und selbst auf 0,3 pro Mille beinahe keinen Unterschied in der abfließenden Wassermenge ausmacht, welche etwa 1 Liter pro Secunde beträgt. Nimmt man bei 0,1 pro Mille Gefälle, bei 0,1 m Wassertiefe und 1,12 Liter abfließender Wassermenge senkrechte Uferwände an, so führt nach der Tabelle S. 119 das Gräbchen nur noch 0,4 Liter, bei $\frac{1}{2}$ facher Böschung 0,7 Liter, bei 1 facher Böschung 0,8 Liter, bei 2 facher Böschung 1,3 Liter und bei 3 facher Böschung 1,6 Liter. Man hat nämlich zu berechnen, wie viel Liter von 1,12 Liter zu subtrahiren oder dazu zu addiren sind.

Nicht geböschte Gräbchen von 0,2 m Wassertiefe und 0,1 m Sohlenbreite haben eine um circa 36 Proc. verminderte Wassergeschwindigkeit und führen um circa 47 Proc. weniger Wassermenge, als die Tabelle für 0,2 m Sohlenbreite angiebt.

Wie sich die Berechnung der Rieselrinnen stellt, wenn eine bestimmte, in der Hauptzuleitung zugeführte Wassermenge durch dieselbe, z. B. auf mehrere neben einander und gleichhoch gelegene Rücken vertheilt werden soll, geht aus folgendem, nur die Berechnungsart zeigenden Beispiel hervor:

Ein gut unterhaltener Hauptcanal mit $1\frac{1}{2}$ fachen Seitenwänden und 0,5 pro Mille Gefälle soll pro Secunde 1 cbm Wasser führen, so ergeben sich bei der ersten Kategorie (sehr gut unterhaltene Gräben) und für 0,5 m Wassertiefe:

bei 0,4 m Tiefe . . .	5,0 m Sohlenbreite
„ 0,6 „ „ . . .	2,5 „ „
also bei 1,0 : 2 = 0,5 Tiefe	7,5 : 2 = 3,75 Sohlenbreite.

Das Grabenbord sei 0,25 m; also die ganze Tiefe des Grabens 0,75 m.

Bei einer Irrigationshöhe von 0,45 m und einem Zufluß von 86 400 cbm, beides in 24 Stunden, kann eine Fläche von $86\,400 : 0,45 = 192\,000$ qm = 19,2 Hektar, genügend überrieselt werden. Die Breite der Fläche zu 50 m angenommen, würde ihre Länge 3840 m betragen und es könnten, bei einer Breite von 20 m für jeden einzelnen Rücken, 192 der letzteren auf die Länge von 3840 m neben einander, je nach dem Terrain vielleicht in einzelnen Abstufungen, angelegt werden. Wäre sonach die Fläche jedes Rückens $50 \times 20 = 1000$ qm oder 10 ar, und erforderte einen Zufluß von $1000 \times 0,45 = 450$ cbm in 24 Stunden, also von 18,75 cbm pro Stunde und von 0,00521 cbm pro Secunde = 5,21 Liter, wozu nach S. 388, II. Bd. des Culturingenieurs ein Gräbchen von 0,2 m Sohlenbreite und 0,2 m Wassertiefe, mit 0,1 pro Mille Gefälle bei $1\frac{1}{2}$ facher Böschung genügt. Ist das Gefälle stärker, so müssen die Rinnen weniger tief und schmaler werden, was nach der Kutter'schen Formel auf dem Näherungswege berechnet werden kann (§. 107).

In den Tabellen der zweiten Kategorie (der Rauheitsgrade), S. 114 bis 117, mit dem Coefficienten 0,030 sind Canäle, hier und da etwas steinig, oder etwas Wasserpflanzen (hineinwachsende Gräser), kleine Unregelmäßigkeiten, etwas mangelhafter Unterhalt angenommen.

Die von Ganguillet und Kutter benutzte Formel ist:

$$v = c \sqrt{RJ}$$

worin v (velocitas) die mittlere Geschwindigkeit, c einen variablen Geschwindigkeitscoefficienten, R den mittleren Radius (Flächeninhalt des Wasserquersprofils dividirt durch den benetzten Umfang) und J (inclinatio) Gefälle auf die Längeneinheit bedeuten.

Der Coefficient c ist ein wechselnder und nach den neuesten Untersuchungen von Kutter für die zweite Kategorie der Rauheitsgrade beziehungsweise die beigefügten Werthe R .

Werthe R	Bei einem Gefälle auf 1000 (J)									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Coëfficienten c									
0,1	15,5	16,5	17,0	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,7
0,2	20,0	21,0	21,3	21,5	21,6	21,7	21,8	21,9	22,0	22,0
0,3	23,0	23,8	24,2	24,3	24,3	24,4	24,5	24,6	24,7	24,7
0,4	25,0	26,0	26,3	26,4	26,5	26,5	26,6	26,6	26,7	26,7
0,5	27,3	27,8	28,2	28,2	28,2	28,3	28,3	28,4	28,4	28,4
0,6	28,9	29,2	29,4	29,4	29,4	29,5	29,5	29,6	29,6	29,6
0,7	30,3	30,4	30,5	30,5	30,6	30,7	30,7	30,8	30,8	30,8
0,8	31,4	31,4	31,5	31,5	31,6	31,6	31,6	31,7	31,7	31,7
0,9	32,4	32,4	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5	32,5
1,0	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3	33,3
1,1	34,3	34,1	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0	34,0
1,2	35,0	34,8	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7	34,7
1,3	36,1	35,9	35,6	35,4	35,3	35,3	35,2	35,2	35,2	35,2
1,4	36,3	36,0	35,8	35,8	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7	35,7
1,5	36,9	36,5	36,3	36,3	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2	36,2
1,6	37,4	37,0	36,7	36,7	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6	36,6
1,7	38,0	37,5	37,2	37,1	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0	37,0
1,8	38,5	37,9	37,6	37,5	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4	37,4
1,9	39,0	38,3	38,0	37,9	37,8	37,8	37,8	37,8	37,8	37,8
2,0	39,4	38,7	38,4	38,3	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1	38,1
2,1	39,8	39,1	38,8	38,7	38,5	38,4	38,4	38,4	38,4	38,4
2,2	40,2	39,4	39,1	39,0	38,8	38,7	38,7	38,7	38,7	38,7
2,3	40,6	39,7	39,4	39,3	39,1	39,0	39,0	39,0	39,0	39,0
2,4	41,0	40,0	39,7	39,5	39,4	39,2	39,2	39,2	39,2	39,2
2,5	41,4	40,3	40,0	39,8	39,7	39,5	39,5	39,5	39,5	39,5
2,6	41,7	40,6	40,2	40,0	39,9	39,7	39,7	39,7	39,7	39,7
2,7	42,1	40,9	40,5	40,3	40,1	40,0	39,9	39,9	39,9	39,9
2,8	42,4	41,1	40,7	40,5	40,3	40,2	40,1	40,1	40,1	40,1
2,9	42,7	41,4	41,0	40,8	40,6	40,4	40,3	40,3	40,2	40,2
3,0	43,0	41,6	41,2	41,0	40,8	40,6	40,5	40,4	40,3	40,3
3,1	43,3	41,9	41,4	41,2	41,0	40,8	40,7	40,6	40,5	40,5
3,2	43,5	42,1	41,6	41,4	41,1	41,0	40,9	40,8	40,7	40,7
3,3	43,8	42,3	41,8	41,5	41,3	41,2	41,1	41,0	40,9	40,9
3,4	44,0	42,5	42,0	41,7	41,5	41,4	41,3	41,2	41,1	41,1

Werthe R	Bei einem Gefälle auf 1000 (J)									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Coefficienten c									
3,5	44,3	42,8	42,2	42,0	41,7	41,6	41,5	41,4	41,3	41,3
3,6	44,5	43,0	42,4	42,2	41,9	41,8	41,6	41,5	41,4	41,4
3,7	44,8	43,2	42,6	42,4	42,1	41,9	41,8	41,7	41,6	41,6
3,8	45,0	43,3	42,8	42,5	42,2	42,0	41,9	41,8	41,7	41,7
3,9	45,2	43,5	43,0	42,7	42,4	42,1	42,0	42,0	41,9	41,9
4,0	45,4	43,7	43,1	42,8	42,5	42,2	42,1	42,1	42,0	42,0
4,1	45,6	43,9	43,3	43,0	42,7	42,4	42,3	42,3	42,2	42,2
4,2	45,8	44,0	43,4	43,1	42,8	42,5	42,4	42,4	42,3	42,3
4,3	46,0	44,2	43,6	43,3	43,0	42,7	42,6	42,6	42,5	42,5
4,4	46,2	44,3	43,7	43,4	43,1	42,8	42,7	42,7	42,6	42,6
4,5	46,4	44,5	43,9	43,6	43,3	43,0	42,9	42,8	42,7	42,7
4,6	46,6	44,6	44,0	43,8	43,4	43,1	43,0	42,9	42,8	42,8
4,7	46,8	44,8	44,2	43,9	43,6	43,3	43,1	43,0	42,9	42,9
4,8	46,9	44,9	44,3	44,0	43,7	43,4	43,2	43,1	43,0	43,0
4,9	47,1	45,1	44,4	44,1	43,8	43,5	43,3	43,2	43,1	43,1
5,0	47,2	45,2	44,5	44,2	43,9	43,6	43,4	43,3	43,2	43,2

Für stärkere Gefälle als 1 pro Tausend bleiben die Coefficienten unverändert.

Man ersieht hieraus, daß die Formel von Eytelwein, bei welcher der Coefficient $c = 50,9$ constant beibehalten wird, unmöglich richtige Resultate geben kann, und daß die von Vincent danach berechneten Tabellen zu große Werthe ergeben müssen ¹⁾.

Die Anwendung der Tabelle ergibt sich aus folgendem Beispiel:

§. 106. Es sei die Wassertiefe 0,45, die Sohle 1,00 m und das Gefälle 0,6 : 1000 oder $J = 0,0006$.

Bei $1\frac{1}{2}$ facher Böschung folgt hieraus für ein regelmäßiges Wasserquersprofil in Fig. 14 nach §. 96:

$$(1 + 0,45 \cdot 1,5) \cdot 0,45 = 1,675 \cdot 0,45 = 0,75375 \text{ qm};$$

der benetzte Umfang:

$$1 + 2\sqrt{0,45^2 + 0,675^2} = 1 + 2 \cdot \sqrt{0,2025 + 0,455625} \\ = 1 + 2 \times 0,8114 = 1 + 1,6228 = 2,6228 \text{ m};$$

$$\text{also} \quad R = \frac{0,75375}{2,6228} = 0,288.$$

Mithin liegt $R = 0,288$, nach Tabelle S. 114 auf der Gefällspalte 0,6 : 1000 zwischen

¹⁾ (Vergl. §. 93.) Wenn Pajig in seinem Praktischen Rieselwirth als das Debit eines Grabens von bestimmten Dimensionen 30 Cubikfuß angiebt, und Vincent in dessen Verbesserung 98 Cubikfuß per Secunde berechnet, so zeigt Kutter, daß wirklich nur 66 Cubikfuß, also genau die Hälfte zwischen beiden Angaben, richtig ist. Vergl. Kultur-Ingenieur Bd. II, S. 328.

	21,7	mit dem correspondirenden	R	0,2
und	24,4	" " " "	" "	0,3
	Differenzen	2,7		0,1
	Differenz	0,288 — 0,2 =		0,088.

Also kommt auf Differenz 1:27 und hierauf $27 \times 0,088 = 2,376$, welche zu 21,7 addirt, den Coefficienten c zu 24,076 ergeben.

Dann ist die mittlere Geschwindigkeit v nach §. 105

$$= 24,076 \sqrt{0,288 \cdot 0,0006} = 24,076 \cdot \sqrt{0,00017280}$$

$$= 24,076 \cdot 0,01315 = 0,31659940 \text{ m,}$$

und die Wassermenge m von $0,7537 \times 0,3166 = 0,23862 \dots \text{cbm.}$

In der Rutter'schen Tabelle (Cultur-Ingenieur Bd. II, S. 390 §. 107. und 392) sind bei einem Gefälle von 0,6:1000 und bei einer Sohlenbreite von 1,0 m angegeben:

Für die Wassertiefen	0,4	und	0,6 m,
als Geschwindigkeiten	0,292	"	0,378 m,
und als die betreffenden Wassermengen .	0,188	"	0,432 cbm
			= 188 und 432 Liter.

Die Differenzen der Wassertiefen und Geschwindigkeiten sind:

	0,6		0,378
	— 0,4		0,292
	0,2	und	0,086
also für:	0,1		0,043
	1		0,43
	0,05		0,0215

deun die Differenz der Wassertiefe im obigen Beispiele (0,45) und 0,4 ist 0,05.

Addirt man nun die der Wassertiefe 0,4 angehörige Geschwindigkeit 0,292 zu 0,0215, so erhält man die proportionelle Geschwindigkeit für 0,45 Wassertiefe = 0,3135 m, während oben 0,3238 m gefunden wurden.

Die Differenzen der Wassertiefen und zugehörigen Wassermengen sind:

	0,6		0,432
	0,4		0,188
	0,2		0,244
also für:	0,1		0,122
	1		1,22
	0,05		0,06.

Addirt man daher zu der der Wassertiefe 0,4 zugehörigen Wassermenge 0,188

oben berechnete auf 0,05 treffende 0,06

so erhält man 0,248 cbm,

während im berechneten Beispiel 0,244 gefunden wurden.

Wasser- tiefen	Größen- breiten	G e f ä l l e								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Meter		Geschwindigkeiten in Metern und Wassermengen								
0,1	0,1	0,027	0,042	0,052	0,061	0,070	0,078	0,084	0,091	0,096
		0,001	0,001	0,001	0,001	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002
0,1	0,2	0,031	0,047	0,059	0,070	0,079	0,088	0,096	0,102	0,109
		0,001	0,001	0,002	0,002	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004
0,1	0,3	0,034	0,052	0,064	0,076	0,086	0,095	0,102	0,111	0,118
		0,002	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,005	0,005	0,005
0,1	0,4	0,036	0,054	0,068	0,081	0,091	0,100	0,108	0,116	0,124
		0,002	0,003	0,004	0,004	0,005	0,005	0,006	0,006	0,007
0,2	0,4	0,059	0,088	0,111	0,129	0,144	0,159	0,173	0,186	0,198
		0,007	0,012	0,015	0,018	0,020	0,022	0,024	0,026	0,028
0,2	0,5	0,061	0,092	0,115	0,134	0,150	0,166	0,180	0,193	0,206
		0,009	0,014	0,018	0,021	0,024	0,026	0,028	0,031	0,033
0,2	0,6	0,063	0,095	0,119	0,138	0,155	0,171	0,185	0,200	0,212
		0,011	0,016	0,021	0,024	0,028	0,030	0,033	0,036	0,038
0,3	0,6	0,083	0,124	0,153	0,181	0,203	0,224	0,242	0,260	0,276
		0,026	0,039	0,048	0,057	0,064	0,071	0,076	0,081	0,087
0,3	0,7	0,086	0,128	0,160	0,187	0,209	0,231	0,249	0,267	0,283
		0,030	0,043	0,055	0,064	0,072	0,079	0,086	0,092	0,098
0,3	0,8	0,088	0,131	0,164	0,191	0,213	0,237	0,255	0,274	0,290
		0,034	0,048	0,062	0,071	0,080	0,088	0,096	0,103	0,110
0,3	0,9	0,090	0,134	0,167	0,194	0,217	0,242	0,260	0,280	0,297
		0,037	0,053	0,068	0,078	0,088	0,097	0,105	0,113	0,121
0,4	0,8	0,107	0,158	0,197	0,229	0,257	0,282	0,306	0,327	0,346
		0,060	0,089	0,111	0,130	0,145	0,159	0,173	0,185	0,196
0,4	0,9	0,123	0,179	0,224	0,234	0,263	0,287	0,348	0,372	0,397
		0,074	0,107	0,134	0,142	0,160	0,174	0,209	0,223	0,238
0,4	1,0	0,111	0,164	0,204	0,238	0,266	0,292	0,317	0,339	0,359
		0,071	0,106	0,132	0,154	0,172	0,188	0,205	0,219	0,232
0,4	1,2	0,115	0,170	0,211	0,246	0,274	0,302	0,327	0,350	0,371
		0,083	0,123	0,153	0,178	0,199	0,218	0,237	0,253	0,268
0,5	1,0	0,133	0,193	0,240	0,273	0,311	0,338	0,370	0,397	0,420
		0,123	0,181	0,223	0,239	0,289	0,296	0,342	0,366	0,389
0,5	1,3	0,137	0,198	0,248	0,285	0,320	0,352	0,380	0,409	0,433
		0,140	0,204	0,254	0,293	0,328	0,359	0,389	0,416	0,442
0,5	1,5	0,140	0,204	0,254	0,293	0,327	0,362	0,390	0,419	0,444
		0,158	0,228	0,286	0,332	0,368	0,395	0,440	0,470	0,499

p r o M i l l e.										
1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
in Tausendstel Cubikmeter (Liter).										
0,102	0,112	0,121	0,129	0,137	0,144	0,150	0,157	0,163	0,169	0,175
0,003	0,003	0,003	0,003	0,003	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
0,115	0,126	0,136	0,145	0,154	0,162	0,170	0,178	0,186	0,193	0,200
0,004	0,004	0,005	0,005	0,005	0,006	0,006	0,006	0,006	0,007	0,007
0,124	0,136	0,147	0,156	0,166	0,174	0,183	0,192	0,200	0,208	0,216
0,006	0,006	0,007	0,007	0,007	0,008	0,008	0,009	0,009	0,009	0,010
0,131	0,144	0,155	0,166	0,176	0,185	0,194	0,202	0,211	0,219	0,226
0,007	0,008	0,008	0,009	0,009	0,010	0,010	0,011	0,011	0,012	0,013
0,208	0,228	0,246	0,264	0,280	0,296	0,311	0,324	0,338	0,350	0,364
0,029	0,032	0,034	0,037	0,039	0,041	0,044	0,045	0,047	0,050	0,051
0,217	0,238	0,257	0,275	0,292	0,308	0,323	0,337	0,351	0,364	0,377
0,034	0,034	0,041	0,044	0,046	0,049	0,052	0,053	0,056	0,059	0,060
0,224	0,245	0,267	0,283	0,301	0,317	0,342	0,357	0,371	0,385	0,388
0,040	0,044	0,048	0,051	0,054	0,057	0,068	0,071	0,074	0,077	0,070
0,291	0,319	0,346	0,370	0,392	0,413	0,421	0,440	0,457	0,475	0,507
0,091	0,101	0,109	0,116	0,123	0,130	0,136	0,142	0,148	0,154	0,160
0,300	0,329	0,356	0,381	0,404	0,425	0,445	0,465	0,484	0,503	0,522
0,103	0,115	0,123	0,131	0,139	0,146	0,153	0,160	0,167	0,174	0,180
0,308	0,337	0,364	0,390	0,413	0,435	0,457	0,480	0,497	0,514	0,535
0,116	0,123	0,137	0,146	0,155	0,163	0,168	0,179	0,183	0,194	0,201
0,315	0,345	0,372	0,397	0,422	0,444	0,466	0,486	0,506	0,526	0,546
0,128	0,140	0,151	0,161	0,171	0,180	0,189	0,197	0,205	0,213	0,221
0,365	0,400	0,432	0,462	0,490	0,516	0,542	0,566	0,589	0,611	0,633
0,207	0,226	0,245	0,261	0,277	0,292	0,306	0,319	0,333	0,345	0,357
0,417	0,458	0,497	0,532	0,563	0,594	0,554	0,590	0,614	0,637	0,730
0,250	0,275	0,298	0,319	0,338	0,356	0,373	0,391	0,407	0,423	0,438
0,378	0,415	0,448	0,479	0,508	0,535	0,562	0,587	0,610	0,633	0,656
0,245	0,268	0,290	0,309	0,328	0,345	0,362	0,378	0,394	0,409	0,422
0,391	0,429	0,464	0,495	0,525	0,554	0,581	0,607	0,631	0,655	0,678
0,283	0,310	0,335	0,357	0,379	0,399	0,419	0,438	0,456	0,473	0,488
0,444	0,486	0,523	0,557	0,593	0,625	0,657	0,668	0,689	0,740	0,766
0,411	0,448	0,485	0,518	0,550	0,580	0,602	0,646	0,668	0,689	0,711
0,457	0,500	0,539	0,576	0,612	0,646	0,678	0,707	0,735	0,764	0,791
0,468	0,510	0,552	0,590	0,627	0,662	0,695	0,725	0,754	0,783	0,811
0,469	0,511	0,554	0,593	0,630	0,664	0,696	0,727	0,757	0,786	0,813
0,528	0,577	0,624	0,666	0,708	0,746	0,784	0,818	0,845	0,882	0,914

Wasser- tiefen	Graben- breiten	G e f ä l l e								
		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
Meter		Geschwindigkeiten in Metern und Wassermengen								
0,1	0,5	0,037	0,056	0,071	0,084	0,094	0,103	0,112	0,120	0,128
		0,002	0,003	0,005	0,005	0,006	0,006	0,007	0,008	0,008
0,1	0,6	0,039	0,057	0,073	0,086	0,096	0,106	0,116	0,124	0,132
		0,003	0,004	0,005	0,006	0,008	0,008	0,009	0,009	0,010
0,1	0,7	0,040	0,059	0,075	0,088	0,099	0,109	0,119	0,127	0,135
		0,003	0,005	0,006	0,007	0,009	0,009	0,010	0,011	0,011
0,1	0,8	0,041	0,060	0,076	0,090	0,101	0,112	0,121	0,130	0,138
		0,004	0,005	0,007	0,008	0,010	0,010	0,011	0,012	0,013
0,1	0,9	0,042	0,062	0,077	0,092	0,103	0,114	0,123	0,132	0,141
		0,004	0,006	0,008	0,009	0,011	0,012	0,013	0,014	0,015
0,1	1,0	0,042	0,068	0,078	0,093	0,105	0,116	0,125	0,134	0,143
		0,005	0,007	0,009	0,010	0,012	0,013	0,014	0,015	0,016
0,3	0,3	0,074	0,110	0,137	0,161	0,180	0,199	0,214	0,230	0,245
		0,017	0,025	0,031	0,036	0,040	0,044	0,048	0,052	0,055
0,3	0,5	0,080	0,120	0,148	0,175	0,197	0,216	0,234	0,251	0,267
		0,023	0,034	0,042	0,050	0,056	0,062	0,067	0,071	0,076
0,3	1,1	0,094	0,138	0,171	0,200	0,225	0,250	0,270	0,289	0,308
		0,044	0,063	0,080	0,093	0,105	0,116	0,126	0,135	0,144
0,3	1,3	0,097	0,142	0,175	0,206	0,231	0,257	0,276	0,297	0,315
		0,051	0,074	0,092	0,107	0,122	0,134	0,146	0,156	0,166
0,3	1,5	0,100	0,145	0,179	0,212	0,237	0,262	0,282	0,305	0,322
		0,058	0,085	0,105	0,122	0,139	0,153	0,165	0,177	0,188
0,5	1,7	0,143	0,209	0,260	0,301	0,333	0,370	0,400	0,428	0,454
		0,175	0,252	0,318	0,370	0,408	0,450	0,490	0,523	0,555
0,5	1,9	0,145	0,211	0,266	0,307	0,340	0,377	0,407	0,436	0,463
		0,192	0,279	0,353	0,408	0,452	0,497	0,540	0,577	0,612
0,5	2,1	0,147	0,213	0,272	0,312	0,348	0,384	0,413	0,443	0,470
		0,209	0,305	0,388	0,446	0,496	0,544	0,589	0,630	0,668
0,5	2,5	0,151	0,222	0,277	0,318	0,360	0,394	0,426	0,456	0,483
		0,245	0,361	0,450	0,520	0,585	0,640	0,692	0,740	0,785
0,5	3,0	0,154	0,226	0,282	0,326	0,367	0,402	0,435	0,467	0,495
		0,292	0,428	0,532	0,616	0,692	0,758	0,821	0,879	0,933
0,5	3,5	0,158	0,231	0,297	0,333	0,374	0,410	0,444	0,477	0,505
		0,339	0,496	0,614	0,712	0,800	0,876	0,950	1,018	1,081
0,5	4,0	0,162	0,236	0,292	0,339	0,380	0,417	0,452	0,486	0,515
		0,387	0,564	0,696	0,808	0,908	0,995	1,079	1,157	1,229
0,5	4,5	0,165	0,240	0,296	0,345	0,386	0,424	0,459	0,494	0,523
		0,435	0,632	0,779	0,904	0,016	1,114	1,208	1,297	1,377
0,5	5,0	0,168	0,244	0,300	0,351	0,391	0,431	0,465	0,500	0,530
		0,483	0,700	0,862	1,000	0,124	1,233	1,337	1,437	1,525

p r o M i l l e										
1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
in Tausendstel Cubikmeter (Liter)										
0,136	0,150	0,162	0,172	0,182	0,192	0,201	0,210	0,218	0,226	0,234
0,009	0,010	0,010	0,011	0,012	0,012	0,013	0,014	0,014	0,015	0,016
0,139	0,154	0,167	0,178	0,188	0,198	0,207	0,216	0,225	0,234	0,242
0,011	0,012	0,012	0,013	0,014	0,015	0,015	0,017	0,017	0,018	0,019
0,142	0,157	0,171	0,182	0,192	0,202	0,213	0,221	0,230	0,240	0,248
0,013	0,014	0,015	0,016	0,016	0,017	0,018	0,020	0,020	0,021	0,022
0,146	0,160	0,174	0,185	0,196	0,206	0,217	0,226	0,235	0,245	0,254
0,015	0,016	0,017	0,018	0,018	0,019	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025
0,149	0,163	0,177	0,189	0,200	0,210	0,221	0,230	0,240	0,250	0,259
0,016	0,018	0,019	0,020	0,021	0,022	0,023	0,024	0,025	0,026	0,027
0,152	0,166	0,180	0,192	0,203	0,214	0,224	0,234	0,244	0,254	0,263
0,018	0,019	0,020	0,022	0,023	0,024	0,026	0,027	0,028	0,029	0,030
0,260	0,285	0,307	0,328	0,347	0,365	0,384	0,401	0,418	0,436	0,453
0,058	0,064	0,069	0,074	0,078	0,082	0,086	0,090	0,094	0,098	0,102
0,281	0,308	0,334	0,358	0,378	0,399	0,418	0,437	0,454	0,472	0,489
0,080	0,088	0,095	0,102	0,108	0,114	0,119	0,124	0,129	0,134	0,139
0,326	0,356	0,386	0,402	0,437	0,460	0,482	0,503	0,524	0,544	0,564
0,152	0,166	0,179	0,191	0,203	0,214	0,224	0,234	0,244	0,253	0,262
0,333	0,364	0,396	0,415	0,448	0,472	0,496	0,517	0,538	0,560	0,582
0,175	0,193	0,208	0,222	0,235	0,247	0,260	0,271	0,284	0,295	0,306
0,340	0,372	0,404	0,428	0,459	0,483	0,506	0,529	0,552	0,574	0,596
0,199	0,218	0,236	0,253	0,268	0,283	0,297	0,310	0,324	0,337	0,349
0,479	0,524	0,567	0,607	0,643	0,677	0,712	0,743	0,773	0,802	0,829
0,587	0,642	0,695	0,742	0,788	0,830	0,872	0,910	0,946	0,981	1,016
0,487	0,534	0,579	0,617	0,655	0,690	0,725	0,755	0,787	0,816	0,846
0,646	0,709	0,768	0,820	0,870	0,915	0,959	1,000	1,040	1,080	1,119
0,495	0,544	0,590	0,627	0,663	0,700	0,733	0,765	0,798	0,829	0,857
0,705	0,775	0,841	0,898	0,952	1,000	1,046	1,090	1,134	1,178	1,221
0,511	0,559	0,606	0,645	0,684	0,720	0,755	0,790	0,823	0,853	0,883
0,830	0,906	0,980	1,047	1,111	1,171	1,229	1,284	1,336	1,386	1,435
0,523	0,574	0,620	0,662	0,700	0,737	0,774	0,807	0,842	0,875	0,905
0,986	1,076	1,164	1,243	1,319	1,391	1,460	1,525	1,586	1,646	1,704
0,534	0,585	0,633	0,677	0,718	0,755	0,793	0,827	0,862	0,893	0,924
1,142	1,246	1,348	1,439	1,527	1,611	1,691	1,766	1,836	1,906	1,973
0,544	0,595	0,644	0,689	0,732	0,770	0,807	0,841	0,877	0,909	0,941
1,298	1,417	1,532	1,639	1,735	1,831	1,822	2,007	2,086	2,166	2,243
0,552	0,604	0,653	0,699	0,743	0,782	0,821	0,855	0,889	0,923	0,957
1,454	0,588	1,716	1,833	1,944	2,051	2,053	2,248	2,337	2,426	2,513
0,560	0,613	0,661	0,706	0,749	0,790	0,829	0,866	0,902	0,937	0,968
1,610	1,759	1,900	2,030	2,153	2,272	2,384	2,490	2,588	2,686	2,783

Die Differenz beträgt daher

$$0,248 - 0,244 = 0,004 \text{ cbm, oder 4 Liter,}$$

was unbedeutend ist.

Oder nach der Ergänzungstabelle (Cultur-Ingenieur Bd. III, S. 230) gehören zu 0,6:1000 Gefälle und 0,5 m Wassertiefe bei

	Sohlenbreite	Geschwindigkeit	Wassermenge
	0,9 m	0,329 m	und 0,272 cbm
zu obigen 0,4 Wassertiefe und	1,0 "	0,292 "	0,188 "
Differenzen	0,1 m	0,037 m	0,084 cbm

welche für die Sohlenbreite 1 und Tiefe 0,5 zugezählt werden müßten.

Also $0,329 + 0,037$ und $0,272 + 0,084 = 0,366$ m und $0,356$ cbm.

Hieraus entwickelt sich für Gefälle 0,6:1000 und Sohle = 1.

Wassertiefen	0,4	und 0,5
Geschwindigkeiten v	0,292	0,366
Wassermengen m	0,188	0,356

Die Mittelzahlen sind also:

$$\begin{aligned} \text{für } v &= \frac{0,366 + 0,292}{2} = 0,329 \text{ m} \\ &\text{direct gefunden} = \underline{0,3238} \\ &\text{Differenz} \quad 0,0052 \text{ oder } 5,2 \text{ mm} \\ \text{für } m &= \frac{0,188 + 0,356}{2} = 0,272 \\ &\text{direct gefunden} = \underline{0,2440} \\ &\text{Differenz} = 0,028 \text{ cbm oder } 28 \text{ Liter}^1). \end{aligned}$$

§. 108. Vorstehende Berechnungen und die im §. 103 mitgetheilten Zahlen beziehen sich auf Gräben mit dem Böschungsverhältniß 1:1,5 (§. 103).

Ist die Anlage der Böschung eine andere, so ändern sich Geschwindigkeiten und Wassermassen, wie aus nachfolgender Procenttafel zu entnehmen ist, die wesentlich mit der Wassertiefe wechseln (§. 102).

Ein Graben mit 0,4 m Wassertiefe und 0,5:1000 Gefälle soll eine einfache Böschung (1:1) erhalten; welche Geschwindigkeit hat darin das Wasser und wie viel Wasser führt er pro Secunde? In der Tabelle S. 114 finden wir für 1,0 m Sohle und ein Böschungsverhältniß 1:1,5 0,266 m Geschwindigkeit und 0,172 cbm (oder 172 Liter) Wassermasse.

¹⁾ Es erklärt sich dieser Unterschied damit, daß die Coëfficienten c in den Kutter'schen Tabellen nicht mit großer Schärfe angegeben sind und derselben auch nicht bedürfen, da schon die Wahl der Rauheitskategorie, ob die erste mit $n = 0,025$, oder die zweite mit $n = 0,030$, oder die dritte mit $n = 0,035$ einen großen Spielraum zuläßt. In obigem Beispiele wurde $c = 24,076$ gefunden, während bei Annahme der ersten Kategorie $c = 29,6$ und bei der dritten $c = 20,2$ gefunden wird. Es ist deshalb unnöthig, beim Gebrauche für c andere als ganze Zahlen (ohne Decimalbrüche) anzunehmen. In dem obigen Beispiele würde es deshalb genügen können, $c = 24$ zu setzen.

Nach der folgenden Tabelle bleibt die Geschwindigkeit dieselbe, aber von der Wassermasse 0,172 cbm sind 12,3 Proc., also

$$\frac{0,172 \times 12,3}{100} = \frac{2,1156}{100} = 0,021$$

abzuziehen; mithin führt das abgeänderte Profil nur noch 0,172 — 0,021 = 0,151 cbm oder 151 Liter.

Wassertiefen	Den Böschungsverhältnissen (Verhältniß der Tiefe zur Anlage)									
	1:0	1:0,5	1:1	1:2	1:3	1:0	1:0,5	1:1	1:2	1:3
	entsprechen mittlere Geschwindigkeiten pro Secunde					entsprechen abfließende Wassermengen pro Secunde				
0,1	-16,8	-6,0	-0,3	-0,6	-3,8	-61,0	-33,2	-17,0	+18,4	+43,6
0,2	-15,0	-4,6	-0,2	-0,7	-3,8	-55,2	-31,5	-14,7	+16,3	+39,0
0,3	-13,3	-3,5	-0,1	-0,8	-3,8	-50,0	-29,0	-13,7	+14,4	+35,9
0,4	-11,7	-2,5	0	-1,0	-3,8	-45,0	-27,0	-12,3	+12,6	+32,7
0,5	-10,1	-1,8	+0,1	-1,1	-3,8	-40,5	-25,0	-11,5	+11,0	+29,6
0,6	-8,6	-1,2	+0,2	-1,2	-3,8	-36,8	-22,8	-10,5	+9,8	+27,0
0,7	-7,5	-0,7	+0,2	-1,2	-3,8	-33,5	-21,0	-9,8	+8,8	+24,6
0,8	-6,4	-0,3	+0,3	-1,3	-3,8	-30,4	-19,3	-9,1	+8,0	+22,2
0,9	-5,5	0	+0,4	-1,3	-3,8	-27,5	-17,7	-8,6	+7,2	+20,1
1,0	-4,8	+0,2	+0,4	-1,4	-3,8	-25,4	-16,2	-8,0	+6,5	+18,3

g) Gefälle der Gräben.

Aus den Zahlen der Tabellen von S. 114 bis 117 folgt, daß man für eine bestimmte Wassermasse mehrere Querprofile mit verschiedenem Gefälle wählen kann. §. 109.

So z. B. führt der Querschnitt eines Grabens mit 1¹/₂facher Böschung bei

Wassertiefen	Sohlenbreiten	Gefällen	Geschwindigkeiten	Liter
0,3 m	0,7 m	1:1000	0,300 m	103
0,3 „	0,9 „	0,7:1000	0,260 „	105
0,4 „	1,7 „	0,2:1000	0,164 „	106

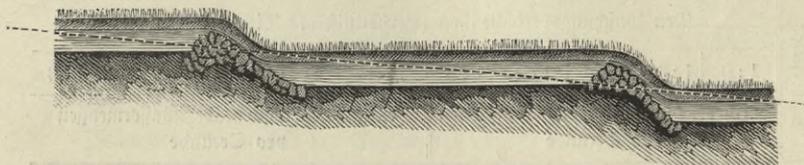
und es ist daher vor allem die Gefällgröße ins Auge zu fassen, die man in jedem einzelnen Falle wählen darf.

Da das Wasser schon bei unbedeutendem Gefälle zum Fließen kommt, und es bei neuen Anlagen Hauptsache ist, ein möglichst großes Terrain mit gegebenen Wassermassen zu beherrschen, das vorhandene Gefälle also recht vollständig auszunutzen (§. 85), so nimmt man für den Zuleitungscanal und für die größeren Bewässerungsgräben, welche einzelne Abtheilungen speisen und deshalb größere Wassermassen führen müssen, ein geringes Gefälle an, welches von 0,1 bis 1,0 m pro Wille betragen kann, während kleinere Bewässerungsgräben mit geringeren Wassermassen, worin das Wasser leicht durch Bewachsen der Ufer und Sohle mit Gras &c.

am Fließen gehindert wird, ein Gefälle von 1 bis 3 auf 1000 erhalten sollten. In dem Maße, als ein größerer Bewässerungsgraben auf seinem Verlaufe Wasser abgiebt, kann sein Gefälle verhältnißmäßig in etwas vermehrt werden.

Abgesehen hiervon muß das Gefälle auf den einzelnen Strecken, soweit sich das durchführen läßt, ein gleichmäßiges sein. Uebersteigt deshalb das Gefälle des Terrains auf den Linien, welche die Richtung der Bewässerungs-

Fig. 17.



canäle anzeigen, die obigen Größen, so staut man das Wasser, wie in Fig. 17 durch kleine Wehre oder Ueberfälle, um es der wagerechten Lage mehr zu nähern.

Diese Beherrschung der Wasserläufe durch Einschaltung von Etagen oder von kleinen Abstürzen ist nicht nur für rationelle Wiesenbauentwürfe und Ausführungen grundsätzlich wichtig und unentbehrlich, sondern ermöglicht auch in der einfachsten und billigsten Weise die Correction der geschiefbeführenden Wildgewässer¹⁾.

§. 110. Dieses wichtige Etagenprincip findet auch häufig auf Entwässerungsgräben Anwendung, obgleich bei diesen stärkere Gefällgrößen, soweit sie in der Terrainlage begründet sind, zulässig werden.

Wie weit man hierin gehen kann, ohne eine Zerstörung der Sohle und Böschungen befürchten zu müssen, hängt außer von der abzuführenden Wassermenge ganz besonders auch von der Beschaffenheit des Erdreichs innerhalb der Grabenrichtung ab²⁾.

Die größte zulässige Geschwindigkeit an der Sohle eines Baches beträgt nach Dubuat und Morin und nach Rutter annähernd bei:

	Sohlen- geschwindigkeit	entsprechende mittlere Geschwindigkeit
lockerer Erde	0,076 m	0,100 m
fettem Thon	0,152 "	0,200 "
Sand	0,305 "	0,400 "
Kies	0,609 "	0,800 "
Kieselsteinen	0,914 "	1,200 "
eifigen Steinen. . . .	1,220 "	1,700 "

¹⁾ Dadurch hat z. B. Jean Riener der oberen Feste (Elsas) ein festes Bett geschaffen, wo sich die Deckwerke der Uferböschungen machtlos erwiesen. Vergl. Barral, Journal d'Agriculture, Avril 1891.

²⁾ Versuche, welche Chanoit und Celineaus anstellten, ergaben, daß ein Wasserstrom von 0,1 m Geschwindigkeit feinen Sand, von 0,2 m groben Sand, von 0,5 m Geröll und von 1,0 m alle Kiesel fortbewegte.

	Sohlen- geschwindigkeit	entsprechende mittlere Geschwindigkeit
Schiefer und Conglomerat	1,520 m	2,000 m
geschichtetem Fels . . .	1,840 „	2,500 „
hartem Fels	3,050 „	4,000 „

Da die Geschwindigkeiten namentlich mit den Wassertiefen, selbst bei einer und derselben Gefällgröße, wachsen (§. 102), so können die Tabellen von Rutter auch dazu dienen, um daraus im gegebenen Falle die den Morin'schen Zahlen entsprechende Gefällgröße zu entnehmen, um daraus auf die Nothwendigkeit oder Entbehrlichkeit einer künstlichen Sicherung der Sohle und Ufer zu schließen.

Selbstverständlich verdienen diese Gesichtspunkte bei praktischen Ausführungen um so mehr Beachtung, je größer die Wassermassen sind, die ein Wasserlauf ständig, oder ein Gebirgsbach vorübergehend führt.

h) Grabenrichtung.

Die Richtung oder der Verlauf der Gräben ist sowohl von ihrem Zweck §. 111. als auch besonders von dem Hauptgefälle der Fläche bedingt, und wird mit Beziehung hierauf durch Nivelliren festgestellt.

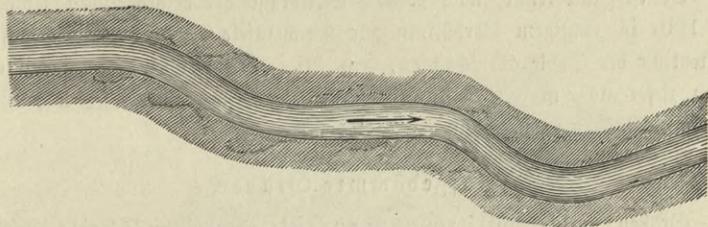
Als allgemeine Regel gelte, die Gräben in möglichst gerader Richtung, oder wo die Terrainbildung dieses nicht erlaubt, in größeren Curven zu führen.

Bei geringem Gefälle und kleinen Gräben, die in einem oder mehreren Winkeln verlaufen, ist eine Abrundung der Ecke nur insoweit nöthig, daß dadurch keine ausgesprochene Verengung des Profils eintritt. †

Dagegen müssen größere Gräben mit stärkerem Gefälle an ihren Winkeln, die immer größer als rechte Winkel sein sollten, abgerundet werden.

Bei diesen sind große Bogen (einfache Curven) oder sogenannte Serpentinaen (Contrecurven), Fig. 18, angezeigt. Solche Curven zieht man

Fig. 18.



im Freien mit dem Erdzirkel, oder bestimmt sie, wenn sie unregelmäßig werden müssen, zwischen nivellirten Punkten nach dem Augenmaß.

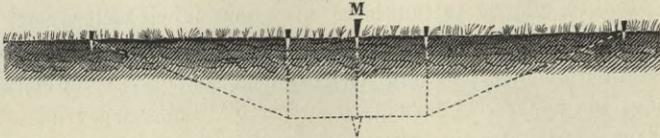
i) Das Abstecken und Anfertigen der Gräben.

Man unterscheidet hierbei die in dem Boden eingeschnittenen von den §. 112. über das Terrain hin ganz oder theilweise aufgedämmten Gräben.

Eingeschnittene Gräben.

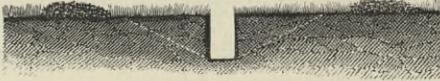
Bei größeren Gräben mit mehr als 1 m breiter Sohle wird deren Mittellinie nivellirt und bezeichnet, indem man im Verlauf derselben sowohl an den Winkelpunkten als zwischen denselben alle 5 bis 10 m Pfähle einrichtet und die halbe Sohle rechtwinklig herüber und hinüber mißt und abpfählt, Fig. 19. Etwaige Böschungen werden dann besonders abgesteckt.

Fig. 19.



Bei schmälern Gräben mit weniger als 1 m Sohlenbreite nivellirt man (an Abhängen) die untere Grabenkante, pfählt dieselbe ab und trägt die ganze

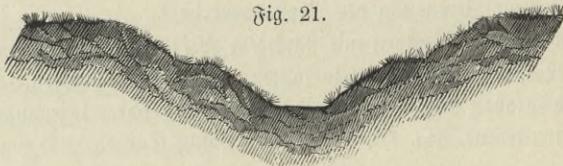
Fig. 20.



Sohlenbreite rechtwinklig nach oben. In ebenem Terrain ist es einerlei, welche Grabenkante zuerst abgesteckt wird. Die in der Längsrichtung des Grabens nöthigen Zwischenpfähle werden in beiden Fällen stets einvisirt.

Hiernach wird die Tiefe des Grabens durch eingegrabene Pfähle, deren Köpfe die Ebene der Sohle bezeichnen, markirt und der Graben mit senk-

Fig. 21.



rechten Wänden bis auf die Sohle ausgeworfen, wobei auf die gleichförmige Einigung der letzteren zu achten ist.

Es ist dann leicht, nach §. 97 die Anlage der erforderlichen Böschung (§. 100) in richtigem Verhältniß zur Grabentiefe rechts und links auf die Seitenlinie der Sohle abzuschragen, Fig. 20. Bei Gräben, die, wenn auch selten, tiefer als 2 m werden müssen, ist die Böschung, wie in Fig. 21, beiderseits mit Absätzen zu versehen.

Aufgedämmte Gräben.

§. 113.

Gräben, welche mit ihrer ganzen Tiefe oder einem Theile derselben über die Wiesenfläche hingeführt werden sollen, erhalten beiderseits kleine Dämme aus Erde und Rasen, Fig. 22.

An einem jeden Damm unterscheidet man die obere Breite als Krone, die innere und äußere Böschung und die hiervon und von der Dammhöhe (oder Grabentiefe) abhängige untere Breite oder Dammsohle.

Die Krone wird mindestens gleich der Grabentiefe, weil sie begangen wird, und die innere Böschung steiler als die äußere abgesteckt.

Die mittlere Breite eines Grabens sei 3,5 m, die innere Böschung einfach und die Tiefe 1,5 m, so ist nach §. 99 die Sohlenbreite 2 m, die obere Grabenbreite 5 m und hierdurch ein Querschnitt von 5,25 qm bestimmt.

Fig. 22.

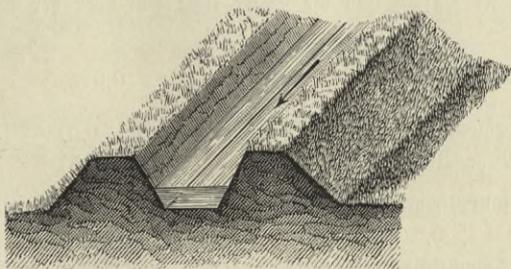
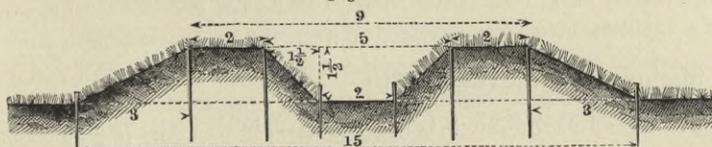


Fig. 23.



Steckt man die Krone nach rechts und links mit je 2 m ab, und giebt nach außen eine zweifache Böschung, so ist die Dammsohle 15 m und die äußeren Kanten der Dammkrone liegen 9 m aus einander, Fig. 23.

Bei Gräben, welche zum Theil eingeschnitten, zum Theil aufgedämmt §. 114. werden, wie in Fig. 24, wird die Kronenbreite nach der wirklichen Damms-

Fig. 24.

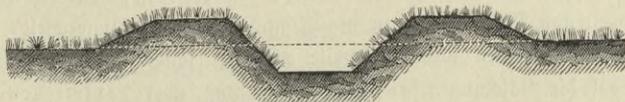
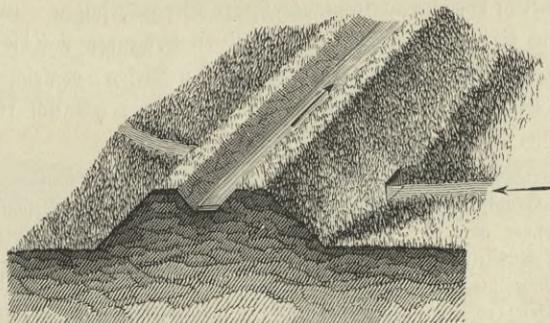


Fig. 25.



höhe bemessen und im Uebrigen ganz nach der im §. 113 angegebenen Weise verfahren.

Auch kommt es vor, daß ein Graben, wie in Fig. 25 (a. v. S.), über eine Vertiefung aufgedämmt und hierbei seine Sohle über den Boden erhöht werden muß.

Der Querschnitt eines Grabens sei 0,75 qm, die mittlere Breite 1,5 m, die Böschung sei $\frac{1}{2}$ fach und die Sohle liege 1 m über der Wiesenoberfläche, so ist

$$\text{die Grabentiefe} \dots = \frac{0,75}{1,5} = 0,5 \text{ m,}$$

$$\text{die Sohlenbreite nach §. 99} = 1,5 - (0,5 \cdot 0,5) = 1,25 \text{ m,}$$

$$\text{die obere Breite nach §. 99} = 1,5 + (0,5 \cdot 0,5) = 1,75 \text{ m.}$$

Die Gesamthöhe der Dämme (Höhe über der Wiese + Grabentiefe) beträgt sonach $1 + 0,5 = 1,5$ m.

Ist die Dammkrone beiderseits = 0,6 m und die äußere Dammböschung zweifach, so ist die obere Breite des aufgedämmten Grabens

$$0,6 + 1,75 + 0,6 = 2,95 \text{ m}$$

und seine untere Breite (Dammsohle)

$$(2 \times 1,5) + 2,95 + (2 \times 1,5) = 2,95 + 6 = 8,95 \text{ m,}$$

wonach die Absteckung leicht zu bewirken ist.

Das Aussteinen der Gräben,

- §. 115. welche aufgedämmt oder eingeschnitten die Wiesen durchziehen, und einer gemeinschaftlichen Nutzung der aufstoßenden Parcellen dienen, wie dies bei Consolidationen und Zusammenlegungen in der Neuanlage von Gräben häufig vorkommt, darf, wenn das Terrain nicht völlig eben ist, sondern in kleinen Erhöhungen und Vertiefungen in der Richtung der Gräben wechselt, niemals in einer und derselben oberen Breite erfolgen, sondern muß mit Rücksicht darauf, daß die Böschungen bei gleicher Neigung, aber verschiedener Höhe und Tiefe mehr oder minder weit in das anliegende Gelände hineinreichen, in ungleicher, diesem Gesichtspunkte angemessener Breite erfolgen. Geschieht dies nicht, und sind die Parcellenbesitzer nicht damit einverstanden, daß die Böschungen in die ihnen zugemessenen Parcellen hineingreifen dürfen, obgleich dadurch der Grasertrag gar nicht geschmälert würde, so ist eine technisch richtige Ausföhrung solcher falsch ausgesteinten Gräben unmöglich¹⁾.

¹⁾ Die Hauptgräben für Ent- und Bewässerung sollten als Gesamteigenthum der Wiesenbesitzer oder der Gemeinde aus dem Privatbesitz ausgeschieden werden. Geschieht die Aussteinerung nach Maßgabe des höchsten Wasserstandes (größte Breite des Wasserspiegels in geböschten Gräben), so können die Steinlinien in geraden Linien verlaufen; es muß dann aber vor der neuen Eintheilung der Parcellen und deren Uebergabe an die Eigenthümer protokollarisch bedungen werden, daß die Böschungen in der erforderlichen wechselnden Breite in die Parcellen hineinspringen dürfen, und deren Ertrag den Besitzern derselben gehört.

5. Von den Gräben im Besonderen.

Die Anlage regelmäßiger Nieselwiesen läßt sich im Wesentlichen auf die richtige Projectirung und Ausführung der für die Zuleitung, Bertheilung und Ableitung des Wassers erforderlichen Gräben zurückführen, weshalb diese im Einzelnen beschrieben werden und nach ihren Besonderheiten genau gekannt sein müssen. §. 116.

Die Gräben bilden das Gerippe der Wiesenanlagen; ist jeder derselben am richtigen Orte, in der erforderlichen Größe und besonders den Gefällverhältnissen der Wiesen entsprechend gelegt, so schließen sich die Flächen selbst natürlich und leicht und ohne außergewöhnlichen Abtrag und Auftrag an die Gräben an.

Wird aber bei der Projectirung und Ausführung der Gräben derart gefehlt, daß sich dieselben nicht dem Terrain soweit als möglich anschmiegen, so ist dies gleichbedeutend mit vermehrten unnöthigen Planirungskosten und geringerem Reinertrage. Vornehmlich kommt dies in parcellirten Wiesengründen in Betracht, wo Viele das zu einer kostspieligen Melioration erforderliche Capital nicht besitzen und es unverantwortlich ist, wenn das Project nicht einfach und zweckgemäß zugleich, also nicht in der rationellsten Weise geplant und durchgeführt wird.

a) Zuleitungsgräben.

Man versteht darunter im Allgemeinen solche Gräben, welche das Wasser zur Wieße führen, es in derselben vertheilen und überrieseln lassen. §. 117.

Es zählen hierhin:

- der Hauptzuleitungsgraben mit dem Transportirgraben,
- der Bertheilgraben mit der Einlaßrinne und
- die Wässerungs- oder Nieselrinnen.

Der Hauptzuleitungsgraben.

Dieser Graben wird, wenn er in großen Dimensionen ausgeführt ist, auch Canal genannt und hat sich in Richtung und Lage der Terrainbildung der-

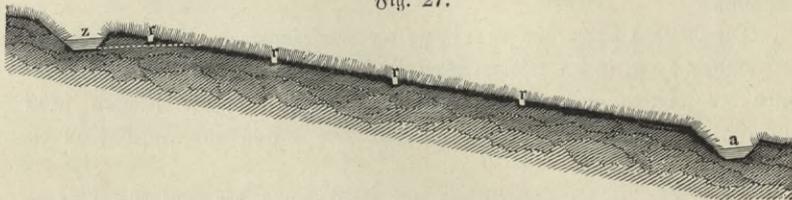
Fig. 26.



artig anzuschließen, daß er stets soweit als thunlich auf den höchsten Punkten der Wieße fortgeführt und hierbei so wenig als möglich in den Boden eingeschnitten, vielmehr, wenn erforderlich, über denselben aufgedämmt wird, Fig. 26 z.

Es erleichtert die Bewässerung ungemein, wenn der Graben bis auf seine Sohle über die Wiese hin entleert werden kann: es wird kein Wasser unnöthig zur Füllung tiefer Gräben gebraucht, welches in den Untergrund eindringt und denselben erkaltet, und das Aufwässern der Wiesen durch Schlickablagerung kann gar nicht, oder nur in weit späterer Zeit eintreten und wiederholten Abtrag nöthig machen. Eine Ausnahme von dieser Regel ist nur auf stärker geneigten Wiesen zulässig, weil hier, wie in Fig. 27 z, das Wasser auch

Fig. 27.



aus einem eingeschnittenen Graben durch eine kurze Rinne im Ufer leicht auf die Wiese gebracht und so der Hauptzuleitungsgraben bis auf die Sohle entleert werden kann.

§. 118. Die Größe und namentlich der Querschnitt des Hauptzuleitungsgrabens bestimmt sich entweder aus der für eine Wiese nach §. 92 und 93 nothwendigen oder aus der gerade nur vorhandenen und verwendbaren Wassermasse.

Bei gleichem Wasserbedarf macht man den Querschnitt besser breit als tief, weil dann weniger hohe Dämme nöthig sind, auch der Druck des Wassers auf Sohle und Wände vermindert wird.

Die Sohle des Grabens legt man im Beginn meistens etwas höher, als die Sohle des Flusses, Baches oder Weihers, aus denen jener gefüllt wird, um sein Verlanden mit Sand und Schlamm zu verhindern, und ersetzt durch die Breite seiner Sohle, was an der Grabentiefe fehlt, da auch die (innere) Böschung, des geringen Gefälles halber, nicht stark genommen werden darf.

Das Querprofil der Hauptzuleitungsgräben verjüngt sich allmählich (in Sohle und Tiefe) in dem Maße, als sie in ihrem Verlaufe Wasser an die Wiese abgeben; nur das relativ geringe Böschungsverhältniß bleibt dasselbe.

Das Gefälle des Grabens ist bereits in §. 109 angegeben; es sollte aber in den ersten 10 bis 12 m etwas stärker als im Verlauf des Grabens sein, damit das Wasser kräftig einströmt¹⁾.

Besser ist es, solchen Gräben zu dem gleichen Zweck in ihrem Beginne

¹⁾ Es ist ein häufiger, bei Zusammenlegungen begangener Fehler, die Hauptzuleitungsgräben mit stärkerem Gefälle, als nöthig und zulässig ist, anzulegen und als Grund hierfür anzugeben, daß sie im anderen Falle, wenn die Wiesenbesitzer das Ausräumen veräumten, nicht mehr das erforderliche Wasser fortleiteten. — Dadurch wird aber nur die Nachlässigkeit bei Unterhaltung der Wasserungsanlagen unterstützt und das Gefälle der Wiese nicht gehörig ausgenutzt.

auf etwa 5 bis 10 m ein etwas größeres (trichterförmiges) Profil zu geben, um die Contraction des einfließenden Wassers an den Grabenwänden zu vermindern.

Transportirgräben nennt man die Verzweigungen des Hauptzuleitungsgrabens, wodurch das Wasser den einzelnen Wiesentheilen zugeführt oder den Wässerungsabtheilungen zugemessen wird. Sie kommen deshalb nicht bei allen Nieselwiesen vor; wo sie aber angelegt werden müssen, findet das in §. 118 über den Querschnitt und das Gefälle entsprechende Anwendung. Natürlich ist ihre Größe, der abgetheilten Wassermenge gemäß, geringer. §. 119.

Unter allen Umständen ist festzuhalten, nie unmittelbar aus den Hauptzuleitungsgräben und Transportirgräben zu wässern, weil es unmöglich ist, die untere Uferkante derselben fortdauernd völlig wagerecht zu erhalten.

Behufs der gleichmäßigen Vertheilung des Wassers über die Wiese sind vielmehr noch die folgenden besonderen kleineren Gräbchen erforderlich.

Es gehören hierher:

§. 120.

Die Vertheilgräben. Je nach ihrer Lage und Richtung unterscheidet man die wagerechten von den geneigten (auch wohl vertical genannten) Vertheilgräben, weil erstere rechtwinklig zum Hauptgefälle angelegt werden.

a) Die wagerechten Vertheilgräben

werden an dem Zuleitungsgraben entlang in den Rasen eingeschnitten, erhalten in der Sohle kein oder nur so viel Gefälle, als der Zuleitungsgraben hat, und liegen stets tiefer als der Wasserpiegel des letzteren.

b) Geneigte Vertheilgräben,

v v', Fig. 29 (a. f. S.), liegen recht- oder spitzwinklig, zum Zuleitungsgraben meist im Hauptgefälle der Wiese, ihre Sohle hat also demgemäß ein mehr oder minder starkes Gefälle.

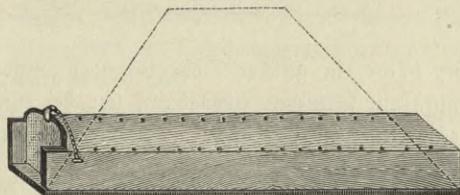
Beide Arten von Vertheilgräben haben eine verschiedene Größe. Je nach Länge, Gefälle und den Wassermassen, welche sie führen sollen, wechselt ihre Breite von 12 bis 30 cm und ihre Tiefe von 9 bis 15 cm. Bei starkem Gefälle wird ihre Sohle, um das Einreißen des Wassers zu verhüten, mit Rasen belegt.

Geneigte Vertheilgräben legt man 18 bis 24 m von einander entfernt.

Um aus der Hauptzuleitung den Vertheilgräben das nöthige Wasser zuzuführen, dient

Das **Einlaßgräbchen**, welches den unteren Grabenbord oder den Damm der Hauptzuleitung durchschneidet, am besten aber durch eingelegte Drain-

Fig. 28.



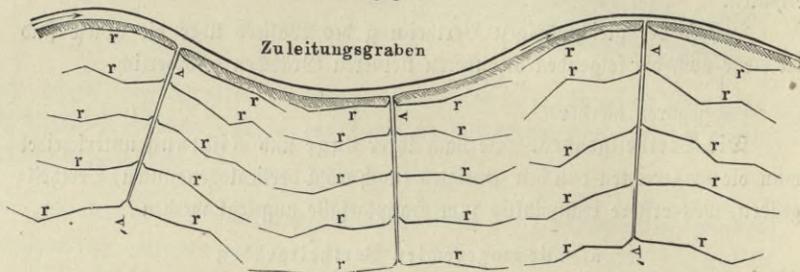
röhren, oder hölzerne oder steinerne Stellfallen, oder einfach aus vier in Kästchenform zusammengenagelten Brettchen, Fig. 28 (a. v. S.), ersetzt wird, deren Oeffnung bei ununterbrochener Wässerung leicht durch einen Schieber oder einen Kastenpfropf zu verschließen ist.

§. 121. Um das durch vorbeschriebene Gräben in der Wiese vertheilte Wasser über deren Oberfläche rieseln zu lassen, sind

Wässerungs- oder Nieselrinnen
erforderlich.

An vielen Orten vertreten solche auch die einem Vogelfuß vergleichbaren, aber unzuweckmäßigen sogenannten Flothen. In Siegen und bei allen ratio-

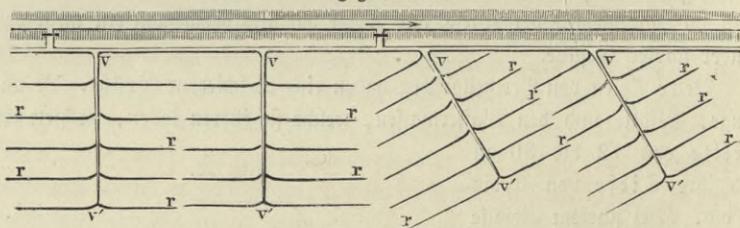
Fig. 29.



nellen Wässerungen anderer Gegenden werden die Nieselrinnen mit wagerechten Uferanten angelegt.

Man unterscheidet Nieselrinnen, welche das Wasser nur über die eine (untere) Grabenkante gleichmäßig überrieseln lassen, von solchen, bei denen es

Fig. 30.



über beide (in gleicher Höhe liegende) Grabenkanten überströmt. Letztere können mit selteneren Ausnahmen nur bei künstlicher Aufdämmung oder bei Veränderung der Oberfläche, erstere aber leicht und vortheilhaft auch auf den unregelmäßigsten Wiesen angelegt werden.

Die Wässerungsrinnen laufen im rechten oder spitzen Winkel (im letzten Fall mit einem sogenannten Einschub) vom Vertheilgraben aus.

Die Entfernung derselben wechselt je nach dem vorhandenen Wasser, sollte aber bei starkem Gefälle der Fläche 10 bis 12 m, bei schwachem 5 bis 6 m nicht übersteigen, weil die Erfahrung lehrt, „je mehr Gräbchen, um so mehr Gras“.

Die Richtung der Rieselrinnen wird gefunden, wenn man vom Bertheilgraben ausgehend, wagerechte Linien auffucht, die auf unebenen Wiesen nicht gerade, sondern in vielgestaltigen Winkeln und Curven verlaufen, *rr* in Fig. 29 (siehe auch Fig. 26 und 27).

Auf ebenen Wiesen liegen dagegen die Rieselrinnen gerade und rechtwinklig zu dem Hauptgefälle, Fig. 30.

Die Größe der Rieselrinnen ist von ihrer Länge bedingt und diese meist gleich der halben Entfernung der Bertheilgräben *vv'* (§. 120), weil jene rechts und links an diese anschließen. Gewöhnlich macht man die Rieselrinnen ihrer geringen Tiefe wegen mit senkrechten Wänden und so breit wie die Werkzeuge, womit sie angefertigt werden, die längsten Rinnen auch etwas breiter; hiernach wechselt die Breite von 12 bis 24 cm. Lange Rinnen, welche das Wasser über beide Ranten überschlagen lassen, legt man gegen das Ende hin etwas verjüngt an.

Die Tiefe wird gewöhnlich geringer als die des Bertheilgrabens angefertigt.

b) Ableitungsgräben.

Hierhin zählen alle Gräben, welche den auf die Wiese gefallenen Regen und Schnee (Meteorwasser) und das hinzugeleitete Rieselwasser auffangen und wegföhren. Sie heißen auch Entwässerungsgräben, wenn sie vornehmlich zur Entfernung des ständigen Quell- und Sumpfwassers oder vorübergehender Fluthen dienen. §. 122.

Der Hauptableitungsgraben, *a*, Fig. 26 und 27, wird in möglichst gerader Linie oder doch in größeren Bogenlinien in die tiefsten Stellen der Wiese gelegt, weil hierdurch das größte Hauptgefälle zwischen der hochgelegten Bewässerung und der Entwässerung hergestellt, auch die Ableitung des in den tieferen Bodenschichten stagnirenden Wassers möglich gemacht wird. In vielen Fällen vertritt ein die Wiese durchströmender Bach seine Stelle, wie in Fig. 12, in anderen ist außer dem Bach noch die Anlage besonderer Hauptableitungen, namentlich in flachen Lagen, nöthig, weil eine Verlegung und Streckung des Baches zu kostspielig würde und doch nur durch geradlinige Richtung der Hauptableitung das größte relative Gefälle derselben erzielt werden kann. Auch kommt es wohl vor, daß zu diesem Zweck der Ableitungsgraben unter einem Bach oder Mühlgraben durchgeführt werden muß.

Dem Hauptableitungs- und Entwässerungsgraben giebt man ein doppelt, ja drei- und mehrfach so starkes Gefälle als der Hauptzuleitung, gewöhnlich das der Fläche (§. 110).

Hat die Wiese ein schwaches Gefälle, so muß für eine recht gleichförmige Bertheilung desselben in der Sohle der Hauptableitung gesorgt werden, und da dies auf langen Strecken ohne große Kosten unmöglich ist, so verbreitert man an den Stellen mit schwächerem Gefälle und gegen das Ende hin, der zunehmenden Wassermenge entsprechend, die Sohle, um den Wasserpiegel thunlichst zu senken.

Umgekehrt kann an Stellen mit stärkerem Gefälle und gegen den Anfang hin das Querprofil der Hauptableitung angemessen verkleinert werden.

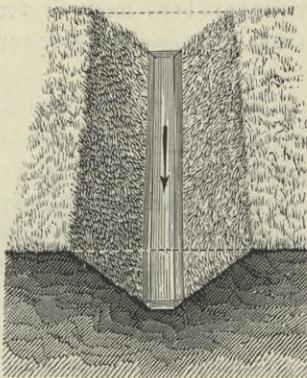
Bei der Bestimmung des erforderlichen Querprofils ist die Wassermenge zu beachten, welche der Wiese bei vollständiger Verrieselung zugeführt wird, also auch der Zuleitung gemäß stetig abzuleiten ist, wenn die Wiese in den tieferen Lagen nicht überschwemmt werden und versumpfen soll. Indessen ist das Gefälle der Ableitungen meistens stärker als das der Zuleitungen.

§. 123. Alle Ableitungsgräben sind in die Wiese einzuschneiden, Fig. 31.

Die Tiefe der Hauptentwässerung hängt von dem Grad der Versumpfung, den wasserführenden Schichten, dem Gefälle der Fläche und der Vorfluth, d. h. von dem Niveau des Punktes ab, wohin der Graben mündet. Bei ebenen Wiesenflächen mit wenig oder gar keinem Gefälle muß häufig das erforderliche Gefälle einzig und allein in zunehmender Tiefe der Grabensohle gesucht und hergestellt werden.

Je größer die abzuführende Wassermasse, je stärker das Gefälle der Grabensohle und je lockerer die Erde ist, um so leichter findet ein Vertiefen der Sohle und als natürliche Folge ein Unterwaschen und Einreißen der Ufer statt (§. 110).

Fig. 31.



der Sohle und als natürliche Folge ein Unterwaschen und Einreißen der Ufer statt (§. 110).

Diesem kostspieligen Uebelstand begegnet man durch Sicherung der Sohle mittelst rechtwinklig auf den Wasserlauf gelegter Holz- und Steinschwellen oder durch Ausstücken der ganzen Sohle mit Steinen an den gefährlichen Stellen, und die Ufer sichert man durch sehr flache (drei- bis vierfache) Böschungen, die man bis unter den Wasserspiegel mit angepflanztem Rase n dicht belegt.

Nur eine haltbare Sohle verhindert die Bildung senkrechter oder unterwühlter Ufer und das hieraus folgende Einstürzen derselben.

Vertritt ein Bach die Stelle des Hauptableitungsgrabens, so muß derselbe nach vorstehenden Angaben behandelt, d. h. in seinem Querschnitt und Gefälle, seiner Richtung und Böschung regulirt und gesichert werden ¹⁾.

¹⁾ Unter Bachregulirung ist nur ausnahmsweise ein Strecken der Bäche, d. h. die Umwandlung eines gekrümmten Bettes in einen geradlinigen Bachlauf zu verstehen, weil hierdurch stets das Gefälle des Wasserlaufs relativ vermehrt und allzu häufig ein Vertiefen der Sohle, eine Unterwaschung und Zerstörung der Ufer, überhaupt eine kostspielige Wiederherstellung und Unterhaltung des Bachbettes bedingt wird. — Nur in ebenen Lagen ist das Strecken der Bäche und kleineren Flüsse

Sehr erschwert ist dies bei Gebirgsbächen und kleinen Flüssen §. 124. mit starkem Gefälle und bedeutenden Frühjahrs- und Herbstfluthen, welche nicht nur Sand und Kies, sondern oft mächtige Kollsteine und Felsblöcke mit sich führen, deren Gewalt die solideste Sohle und Uferböschung häufig nicht widersteht.

Diese müssen mit großer Umsicht behandelt und besonders in Stagen gelegt werden (§. 109).

Wenn ein Bach oder Graben, der zur Ableitung gedient hat, weiter unten wieder zur Zuleitung benutzt und hierzu das Wasser gestaut werden soll, so darf dies nur insoweit geschehen, als dadurch kein schädlicher Rückstau hervorgerufen wird.

Liegt dagegen ein Bach so hoch, daß er nicht als Ableitung für tiefliegende Wiesenflächen dienen kann, so ist für deren gesonderte Entwässerung durch kleinere oder größere Ableitungsgräben (§. 122 und 123) zu sorgen. Dies ist in vielen Fällen um so mehr angezeigt, als eine Verlegung des Baches selbst, von höheren in die tiefsten Stellen der Wiese, meist mit großen Kosten verbunden und schon deshalb thunlichst zu umgehen ist.

Auch läßt sich aus einem hochgehaltenen Bach das Wasser für die Bewässerung weit leichter entnehmen, und man entgeht gleichzeitig den etwaigen Einsprüchen berechtigter Triebwerksbesitzer.

Ableitungsgräben zweiter Ordnung führen das Sumpfs- und Niesel- §. 125. wasser einzelner Wiesenabtheilungen in die Hauptentwässerung und unterscheiden sich von dieser nur durch die geringere Größe des Querprofils. Sehr oft fehlen sie ganz. Dagegen finden sich

Die Ableitungsriinnen allgemein auf rohen und ungebauten Wiesen. Sie werden mit senkrechten Wänden in den Rasen und Untergrund eingesehnt und an ihrem Anfange enger, gegen das Ende hin aber immer breiter gehalten. Ihre Breite wechselt von 12 bis 30 cm.

Unterirdische Abzüge, welche die Entwässerung des Untergrundes und die Ableitung von Quellen auf mehr als 1 m Tiefe bewirken sollen, kamen von jeher bei dem Wiesenbau vor und wurden früher durch mit Steinen und Strauchwerk halbgefüllte, mit Erde und Rasen gedeckte Gräben, neuerdings aber, seit Bekanntwerden der Drainage, mit gebrannten Thonröhren ausgeführt. Diese unterirdischen Abzüge werden in dem Anhang: „Grundzüge der Entwässerung“ besprochen.

Dagegen ist es grundsätzlich fehlerhaft, Wiesen durch Drains systematisch, wie Ackerland, zu entwässern, weil darunter die erforderliche Bodenfrische nothleidet und billigere offene Gräben in den meisten Fällen völlig genügen.

häufiger geboten und nützlich, um die Entsumpfung des Landes zu sichern; in Hügel- und Berggegenden aber darf es nur mit größter Vorsicht angewendet werden.

6. Von den Canälen.

§. 126. Man unterscheidet offene und verdeckte Canäle in Erde, Holz, Stein, Cement (Beton) und gebrannten Röhren.

Erstere führen das Wasser über Vertiefungen, Gräben, Bäche hin und werden bei größeren Dimensionen auch Aquäducte (Brückencanäle) genannt.

Verdeckte Canäle leiten das Wasser durch Erhöhungen und unter Gräben und Dämmen hindurch. Sie werden auch Siphons oder Dükler benannt, wenn ihr Ein- und Auslauf höher liegt als die Sohle des unterirdischen Canals.

Ebenso können nach oben gekrümmte Röhren, welche nach dem Gesetz eines Hebers wirken, zur Entwässerung eines Terrains benutzt werden, wenn ein Ableitungsgraben irgend eines Hindernisses wegen nicht angelegt werden kann.

Die Herstellung größerer Canäle beider Art gehört dem eigentlichen Wasserbau an.

7. Wasserstauungen.

§. 127. Es dienen hierzu sowohl Dämme aus Erde, als Wehre und Schleusen aus Stein, Holz und Eisen.

a) Die Erddämme

zur Formirung von Gräben wurden schon in §. 113 und 114 besprochen.

Auch kommen solche bei der Ansammlung von Wasser, bei Einrichtung von Weihern und Teichen in Betracht.

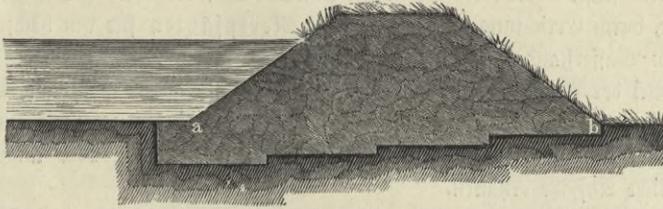
Je höher der Aufstau und die Wassermenge selbst ist, um so sorgfältiger hat die Anfertigung der Staudämme zu geschehen und um so stärker müssen ihre Dimensionen genommen werden. Der Wasser- oder Brustseite des Dammes giebt man eine zwei- bis vierfache, der Außenseite des Dammes eine anderthalb- bis zweifache Böschung. Die Höhe des Dammes ist von der Wassertiefe bedingt und wird stets größer als diese genommen.

Der Kronenbreite giebt man bei Dämmen unter 1,5 m Höhe $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ dieser; bei Dämmen bis zu 2,5 bis 3 m Höhe macht man die Krone der letzteren nahezu gleich und bei noch größeren Wasserstauungen vermindert sich die Krone um $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ zc. der Dammhöhe. Aus diesen Verhältnissen läßt sich in jedem einzelnen Fall die Grundfläche des Dammes, sein Querprofil und mit Zuhilfenahme der Dammlänge die erforderliche Erde berechnen, wobei auf das „Setzen“ der Erde zu achten ist.

Bei der Anfertigung von Staudämmen aus Erde ist besondere Sorgfalt auf innige Verbindung des Dammkörpers mit der Bodenfläche, auf welcher dieser errichtet wird, zu verwenden, um das Durchsickern des Wassers

zu verhindern. Man gräbt zu dem Ende gegen den Teich hin die unterste Bodenschicht in $\frac{1}{3}$ bis $\frac{2}{3}$ der Grundfläche auf, Fig. 32 a b, und rammt solche,

Fig. 32.



wie den ganzen Damkörper, in dünnen, etwa 15 cm starken Schichten fest, plantirt die Böschungen sorgfältig und überdeckt sie mit fruchtbarer Erde und mit Rasen (auf der Brustseite bis zum Wasserspiegel).

Damit bei etwaiger möglicher Ueberfüllung die Krone der Teiche nicht überspült wird, ist ein etwas tiefer als die Krone liegender Ueberfall in der Höhe des normalen Wasserspiegels vorzusehen.

Für Wiesen haben Teiche vorwiegend den Zweck, das Fluthwasser zu §. 128. sammeln, um es in der trocknen Jahreszeit für die Bewässerung zur Hand zu haben. — Zu dem Ende müssen sie bis auf die Sohle entleert werden können, weshalb an der tiefsten Stelle ein Canal aus hölzernen oder eisernen Röhren, welcher beliebig geöffnet und geschlossen werden kann, fest und bindig eingestampft wird.

Nebenbei können diese Teiche zur Fischzucht und als Schlammfänge dienen.

Den Ort für einen Sammelteich wählt man womöglich auf einem nicht zu theuren Terrain, am besten da, wo von drei Seiten ein starkes Gefälle besteht, wohin ein großes Zuflußgebiet sein sämmtliches Wasser ergießt, und schließt die Stelle durch einen Damm quer auf die Thalrichtung ab. Am einfachsten kann dies in hügeligen und gebirgigen Gegenden geschehen.

In Ebenen ist die Anlage schwieriger, weil die Damarbeiten ausgedehnter werden und der Weither so anzulegen ist, daß seine Sohle höher liegt als die Wässerungswiese, wodurch die Wassertiefe eine beschränktere wird.

In solchen Fällen muß die Fläche des Weithers ersetzen, was an seiner Tiefe abgeht, da die Wassermenge in angemessenem Verhältniß zur Wiesenfläche stehen muß, wenn die Anlage für diese wirklich nützlich wirken soll.

Bei kleinen Anlagen können lange Hauptzuleitungsgräben mit großem Querprofil gewissermaßen als Wasserfänger auf kurze Zeit dienen.

b) Wehre und Schleusen.

Diese Stauwerke dienen dazu, das Wasser der Bäche und Flüsse für §. 129. den Zweck der Bewässerung zu heben.

Der hierdurch bewirkte Rückstau darf nie so bedeutend sein, daß oberhalb liegende Grundstücke versumpft werden oder den betreffenden Wassertriebswerken schädliches Hinterwasser bereitet wird. In Fällen, wo dergleichen zu befürchten steht, werden die Rechte der Interessenten, der Wiesen- und Mühlenbesitzer, durch Errichtung von Nicht- oder Wehrpfählen für den höchsten zulässigen Wasserstand gesetzlich gewahrt.

Bei der Anlage der Stauwerke muß nicht allein der mittlere Wasserstand, sondern auch die Fluthhöhe der Wasserläufe ins Auge gefaßt und danach die Stauvorrichtung gewählt und ausgeführt werden oder auch wohl bewegliche Aufsätze erhalten.

Auch in den Gräben sind kleinere Stauwerke nöthig, um den Zu- und Abfluß des Wassers zu regeln.

Zu unterscheiden ist der hydrostatische (scheinbare) von dem hydraulischen (wirklichen) Rückstau. Man findet jenen durch nivellitischen Uebertragen der Höhe des Stauwerkes flußaufwärts in dem Punkt, wo die Horizontale mit dem Wasserpiegel zusammentrifft. Dagegen reicht der wirkliche Stau weiter nach aufwärts, weil der Stauspiegel nicht eben, sondern in einer Curve verläuft, deren Berechnung nach Formeln umständlich ist. Um sicher zu gehen, kann man die Erstreckung der hydraulischen rund etwa $1\frac{3}{4}$ bis 2 fach weiter reichend als die der hydrostatischen Stauweite annehmen.

α. Wehre.

§. 130. Man legt festgeschlossene Ueberfallwehre mit feststehender Krone nur da an, wo das Wasser dauernd in der erforderlichen Höhe gestaut werden darf, und fertigt sie gewöhnlich aus auf die hohe Kante gestellten Bruchsteinen, auch wohl aus regelrecht geformten Haussteinen an, wenn solche haltbar und billig in der Nähe zu haben sind. Allzu große Sparsamkeit ist indeß bei Wehranlagen ungerechtfertigt, weil wiederholte Reparaturen mangelhafter Constructionen die anfänglich bei Neubauten ersparten Kosten mehr als aufwiegen und nebenbei den Endzweck der Wässerung beeinträchtigen können.

Ihrer beschränkten Dauer wegen sind daher auch Wehre aus Zimmerholz oder aus Pfählen, Gerten und Faschinen nur in Ausnahmefällen anzuwenden.

Die Stelle für eine Wehranlage wählt man in einem Wasserlauf da, wo ein stärkeres Gefälle und höhere Ufer oberhalb den unvermeidlichen Rückstau nicht allzu weitreichend und auch für das Culturland schädlich erscheinen lassen.

Die Höhe des Wehres bestimmt sich, außer nach dem Rückstau, noch besonders nach der Lage der Wiese in der Art, daß man womöglich die Wehrkante um das nöthige Gefälle der Hauptzuleitung höher legt als den höchsten Punkt der Wiese, welche bewässert werden kann und soll.

Die Wehrböschung soll stromaufwärts eine ein- bis zweifache, stromabwärts, je nach der Wehrhöhe und der bei Fluthen überschießenden Wasser-

masse, eine viertelhalb-, vier- und selbst fünffache sein. Die letztere läuft zweckmäßig in eine wagerechte Fläche, das sogenannte Vorgestück, aus, auf welcher das herabstürzende Wasser etwas zur Ruhe kommen kann, bevor es auf die unbewehrte Sohle übergeht.

Die einfachste Form der Wehre ergibt sich hieraus wie in Fig. 33, S. 131. oder wenn die Böschung stromabwärts in einer Curve construirt wird, wie in Fig. 34.

Hauptsache ist eine kräftige Fundamentirung und Sicherung des Fußes der Wehre (durch eine gut befestigte Wehrlatte *w*) wie auch der Sohle des Wasserlaufes, um Unterspülungen und Auskolkungen des Wasserbettes zu verhüten. Keisig in Sohle und Uferböschungen in der Richtung des Stromstriches eingelegt und angenadelt bietet hierzu ein erprobtes und einfaches Mittel.

Fig. 33.

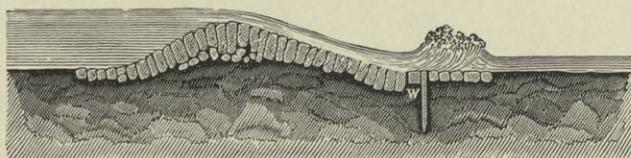
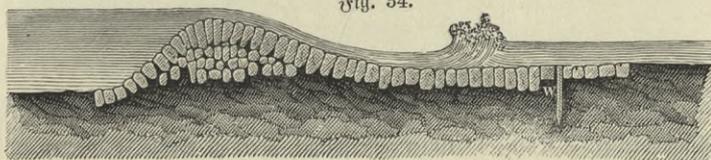


Fig. 34.



Bisweilen werden Wehre durch Aufsatzbretter vorübergehend während der Bewässerung erhöht.

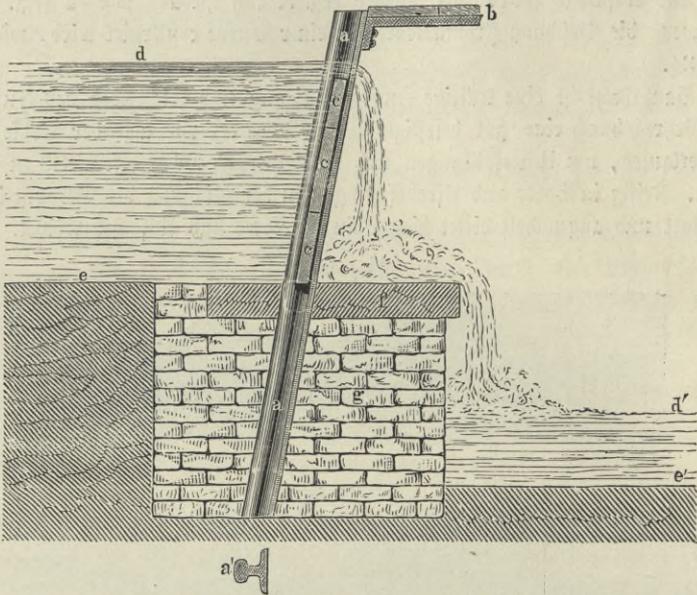
Von den festgeschlossenen sind die beweglichen Wehre zu unterscheiden und diese bilden den Uebergang zu den Schleusen.

Ein einfaches, billiges und leicht zu handhabendes Stauwerk aus Cement-Mauerwerk und Eisenbahnschienen mit Einsehbrettern ist im Durchschnit, Fig. 35 (a. f. S.), gezeichnet und als Abschluß einer Stauetage vom Verfasser bei einer großen Canalanlage völlig bewährt gefunden worden¹⁾.

¹⁾ Durch mehrere solcher sehr einfachen, wasserdicht schließenden und sehr leicht zu behandelnden, billigen Stauwerke wurde auf den Wiesen des Prinzen Wilhelm zu Schaumburg-Lippe bei Ratiboritz (Böhmen) ein aus der Aupa abzweigender Zuleitungschanal mit einer anfänglich 6 m breiten Sohle in einzelne Stauabtheilungen zerlegt, welche durch eingemauerte Röhren das Nieselwasser nach rechts und links mit etwa $1\frac{1}{2}$ m Druckhöhe in die anschließenden einzelnen Hauptzuleitungsgräben vertheilen und die sonst üblichen Schleusenconstruktionen aus Stein und Holz mit kostspieligen und öfters schwierig zu handhabenden Aufziehvorrichtungen völlig entbehrlich machten. Wenn eine rationelle Praxis darin gipfelt, „die Kunst entbehrlich zu

Die auf der Wasserseite mit eisernen Krampen zum Aufziehen versehenen, etwa 0,75 m langen und 35 cm hohen Absatzbretter sind von der Laufdielle *b* aus leicht mit zwei Hakenstangen aufzuziehen und niederzulassen, auch durch Wegnahme der Laufdielle vor dem Eingriff Unberufener zu schützen. Dieses

Fig. 35.



a Längen- und *a'* Querschnitt der Schiene, *b* Laufdielle für Schließen und Öffnen *cc* Einfaßbretter, *d* Ober-, *d'* Unterwasserpiegel, *e* erdige Sohle der oberen, *e'* der unteren Haltung, *f* Hausstein.

Wehr widersteht dem Druck einer Wassersäule von 1,5 m und mehr. Eine Verstärkung desselben wird einfach durch eine zweite umgekehrte Schiene bewirkt,

machen, wo sie nicht nöthig ist, so trifft dies in diesem Falle zu. Man kann nur mit bewußtem Kopfschütteln viele Schleusen betrachten, die einen ganz ungerechtfertigten Aufwand von Haussteinen, Holz und Eisen erfordern, wie sie immer leider seither und ferner die Kosten der Wiesenanlagen belasten, während mit Obigem so leicht und haltbar alle unnöthigen Kosten und Umständlichkeiten zu umgehen sind. Statt dessen gefällt man sich nach wie vor in baulichen Constructions, die über die Ansprüche der Wiesenbesitzer hinausgehen, wo der Techniker doch seinen Stolz darin setzen müßte, relativ billig und dennoch haltbar zu arbeiten. Die besprochene Construction, die oben als Stagenabfall gezeichnet ist, kann selbstverständlich auch noch einfacher mit der Sohle eines Baches verlaufend hergerichtet werden und zu dessen beliebigem Aufstau dienen. Ausgewechselte Eisenbahnschienen sind aus so dauerhaftem Material hergestellt, daß sie durch Verrosten nicht nachleiden, wie dies bei den nur aus Stabeisen und Blech hergestellten kleineren Schleusen leider vorkommt. — Der Wiesenwärter, welcher die obigen Constructions bedient, ist ihres Lobes voll, weil die kleinen schmalen Brettstücke, mit welchen der Wasserstau beliebig geregelt werden kann, sich sehr leicht manipuliren lassen und dennoch wasserdicht schließen.

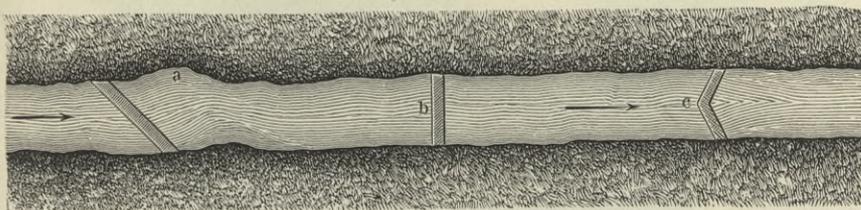
die ebenso tief wie die erste, an diese dicht anschließend eingesetzt, bis zu $\frac{3}{4}$ der Höhe des Wasserstaus hinaufreicht.

Diese Construction ist einer jeden anderen und besonders auch den aus Holz und Mauerwerk gebauten hölzernen Schleusen (s. Fig. 40 und 41) ihrer Einfachheit und großen Haltbarkeit wegen unbedingt vorzuziehen.

Die Breite eines Wehres wird durch die Breite des Wasserlaufes und §. 132. die Festigung der Ufer bestimmt, in welche das Wehr beiderseits 1 bis 1,8 m und selbst mehr reichen muß.

Schräg in das Wasserbett gelegte Wehre, *a*, Fig. 36, um hierdurch die Ueberfallbreite zu vergrößern, sollten bei kleineren und größeren Bächen

Fig. 36.



nicht, sondern nur an breiteren Flüssen gestattet sein, weil bei schmälern Wasserläufen die eine Uferseite *a* immer durch den Wassersturz gefährdet ist. Denn nur rechtwinklig auf den Stromstrich gelegte oder stromaufwärts gebrochene Wehre, Fig. 36 *b* und *c*, bewirken es, daß der Stoß des überfallenden Wassers in der Mitte bleibt und nicht auf das eine oder andere Ufer zerstörend wirkt, weil die Wasserstrahlen immer senkrecht zur Wehrkante überfließen.

In gebirgigen Gegenden sind Wehre vorherrschend, in Ebenen dagegen solch dauernde Stau nicht immer anwendbar.

β. Schleusen.

Unter den bei dem Wiesenbau vorkommenden Schleusen unterscheidet man: §. 133.

1. die Stau- oder Ueberfallerschleusen, welche die Zuführung des Wassers zu den Wiesen bewirken, wenn sie geschlossen sind, von
2. den Schutzschleusen oder Schützen, welche demselben Zweck dienen, sobald sie geöffnet werden.

Die Seitentheile dauerhafter Schleusen werden aus hartgebrannten Ziegeln und Cementmörtel, die Schleusen selbst aus nicht leicht verrostendem Eisen und Holzbohlen hergestellt. Man übersehe bei dem Vergleich der Kosten nicht, daß wiederholte Anfertigung hölzerner Schleusen den höheren einmaligen Betrag für eine steinerne und eiserne Schleuse häufig erreicht, ja übertreffen kann und der frühe Zerfall der Holzconstruction vielfach den Ruin der Bewässerungsanlagen nach sich zieht.

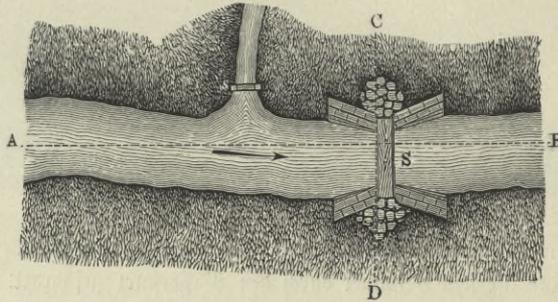
aa. Die Stauschleusen

§. 134. vertreten die Stelle der Wehre in kleinen und größeren Bächen, wo ein dauernder Rückstau schädlich werden kann. Der Bau solcher Schleusen ist schwieriger als der einfacher Wehre aus Bruchsteinen, und sie bedürfen bei der Oeffnung und Schließung einer sachgemäßen Aufsicht, auch bei weniger solider Construction häufiger Reparaturen.

Wie die Wehre errichtet man die Stauschleusen, *S*, Fig. 37, immer an der Stelle im Bach oder Fluß, wo sich die Hauptzuleitung *s* vom Bache abzweigt.

Wo das durch Wehre oder Schleusen aufgestaute Wasser durch eine oberhalb des Stauwerkes in eine oder beide Ufer eingeschnittene Hauptzuleitung

Fig. 37.



nach der Wiese abgeführt wird, dürfen diese nicht unmittelbar oberhalb des Wehres beginnen, weil sonst bei Fluthen Lehm, Sand und Geschiebe in den Graben geworfen und dadurch ein wiederholtes Ausräumen nothwendig gemacht wird. Die Zuleitung sollte daher mindestens 5 bis 10 m oberhalb des Wehres beginnen.

Bei vorübergehendem Anstau durch Schleusen ist jener Gesichtspunkt minder wichtig, aber doch niemals ganz außer Acht zu lassen.

Kleinere Staue werden als Ueberfälle in Hauptzuleitungsgräben und in Transportirgräben nöthig, wenn diese in Absätzen wagerecht fortgeführt werden, Fig. 38. Sie werden aus Holz, besser aus Stein gefertigt und durch ein vorgestecktes Brett geschlossen. Vergl. auch §. 109, Fig. 17.

ββ. Die Schützschleusen

§. 135. oder Schützen sind zum gänzlichen Verschluß der Hauptzuleitungen und ihrer Verzweigungen bestimmt, oder dienen, wenn sie behufs der Bewässerung geöffnet werden, zur beliebigen Bemessung der für die Wiese oder einen Wiesentheil erforderlichen Wassermenge, was durch Heben und Senken des Schutzbrettes jederzeit nach Erforderniß abgeändert werden kann.

Sie heißen daher auch Streichschützen, *s*, Fig. 37 und 40, und werden 1 bis 3 m vom Bache entfernt am Anfang der Hauptzuleitungen aufgestellt.

Die Stechbretter, Fig. 39, sind an jeden beliebigen Ort verstellbare Schlitzen.

Hierhin gehören auch die kleinen Auslaß- oder Kastenschleusen, welche in die Dämme der Zuleitungen eingestampft werden und das Einlaßgrübchen vertreten (S. 120, Fig. 28).

Fig. 38.

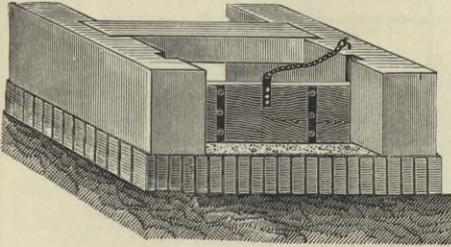
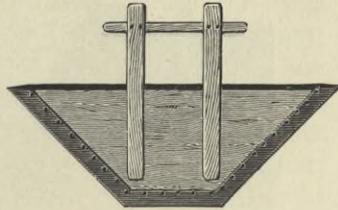


Fig. 39.

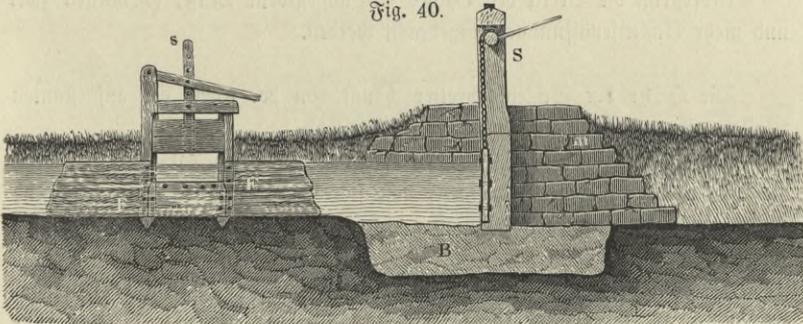


γγ. Schleusen-Construction.

Bei der Construction der Schleusen ist vor Allem die vollständigste Ver- §. 136.
dichtung der Bachsohle unter der Schleuse, also eine genügend tiefe und sichere Fundamentirung derselben zu bewirken. Diese wird selbst bei steinernen Schleusen gewöhnlich mit sogenannten Spundwänden hergestellt, welche aus dicht gefugten und senkrecht in den Boden eingetriebenen Bohlen bestehen, worauf seither stets eine liegende hölzerne Schwelle befestigt wird.

Weit sicherer und einfacher als die Fundamentirung mit Spundwänden ist solche mit grobem Wassermörtel (Gußmörtel oder Beton), B, Fig. 40 und 41 (a. f. S.), welcher gleichmäßig zu einer steinharten Masse erhärtet, mit

Fig. 40.



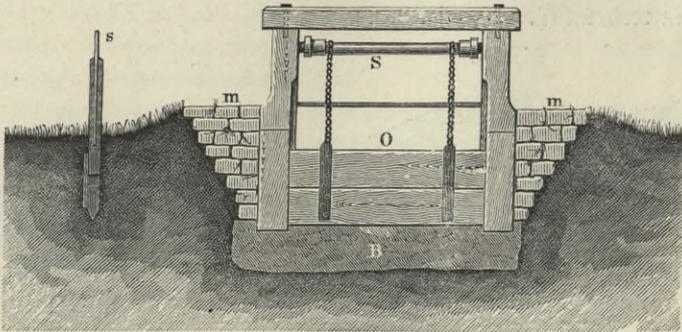
Durchschnitt AB der Fig. 37.

der sich Mauerwerk und Haussteine leicht und innig verbinden lassen. — Selbst hölzerne Schleusen können damit sehr solid fundamementirt werden.

Ein zweiter wichtiger Punkt ist die Befestigung und Verdichtung der Schleusen mit den Ufern, die bei Holzconstruction seither durch sogenannte

Flügelwände *FF*, Fig. 40, bei Steinschleusen durch Flügelmauern *mm*, Fig. 40 und 41, erfolgt, welche entweder mit Beton oder mit thoniger Erde fest eingestampft werden.

Fig. 41.

Durchschnitt *CD* der Fig. 37.

Die Schleusenöffnung *O*, Fig. 41, wird durch Bretter beliebig geschlossen und wieder geöffnet, die sich beiderseits am besten in einem Falze, nicht in einer Nuthe bewegen und bei kleinen Schleusen durch angenagelte Leisten und Hebel, bei größeren durch Ketten oder Zahnstangen mittelst Wellen oder Räder und Kurbeln gehoben und gesenkt werden.

Die in Fig. 35 gezeichnete Wehrschleuse ersetzt diese kostspieligen, oft erstaunlich unpraktisch construirten Hebevorrichtungen — wahre Armutzeugnisse für den Techniker — in der einfachsten Weise.

Die Breite eines Schleusenbrettes darf, um das Aufziehen zu erleichtern, nicht mehr als 1 bis 1,25 m betragen.

Uebersteigt die Breite des Baches das angegebene Maß, so müssen zwei und mehr Schleusenöffnungen angebracht werden.

§. 137. Die Höhe der Schleusenbretter hängt von der Höhe der aufgestauten Wassermasse und von dem Zweck der Schleuse ab.

Bei einer Stau- oder Ueberfallschleuse, *S*, Fig. 40 und 41, muß die Bretthöhe so bemessen werden, daß sich die Hauptzuleitungen genügend füllen, und das entbehrliche Wasser über die Bretter der Schleuse fortstürzen kann.

Diese Art der Schleusen wird also bei der Bewässerung geschlossen. — Geöffnet lassen sie das Wasser ungenutzt über ihre Schwelle abfließen.

Bei den Schützschleusen oder Schützen *s*, Fig. 37, sind dagegen die Bretter, wenn die Bewässerung in Gang ist, ganz oder so weit als nöthig geöffnet, und es fließt das Kieselwasser über deren Schwelle.

Schützen vertreten nie die Stelle der Ueberfallwehre.

Die Einzelheiten der Construction gehören dem landwirthschaftlichen Wasserbau an und erfordern bei größeren Stauen, wenn solche zweckmäßig und nicht unnöthig kostspielig werden sollen, einen erfahrenen Culturtechniker. §. 138.

Die Zusammenstellung der besprochenen Schleusentheile in dem steinernen Stau eines Baches und der hölzernen Schütze der zugehörigen Zu- und Abfuhr sind nach den Linien *AB* und *CD*, Fig. 37, wie in den Längen- und Querschnitten der Fig. 40 und 41 dargestellt.

Schleusen, Schützen und andere hier abgehandelte Einrichtungen sollten, ihrer größeren Kosten für Herstellung und Unterhaltung wegen, der Zahl nach soweit nur immer möglich beschränkt werden. Je weniger eine Bewässerungsanlage dieser Kunstbauten bedarf und dennoch hohe Ernten ermöglicht, um so rationeller und gewinnbringender ist dieselbe, während eine solche mit zahlreichen Stauen und Schützen auch dem oberflächlichen Beschauer eine mangelhaftere Einrichtung verräth¹⁾.

8. Von den Bewässerungssystemen.

Man unterscheidet zwei Hauptsysteme der Bewässerung.

§. 139.

Bei dem einen kann das Wasser nicht auf die Oberfläche der Wiese gehoben werden, sondern wird nur zeitweise in den Canälen und Gräben, welche die Wiesenfläche durchschneiden und in ihren Untergrund so hoch als thunlich angestaut; bei dem zweiten System aber strömt oder rieselt es über die Wiesenoberfläche.

Das erste System umfaßt die An- oder Einstauung, das zweite die Ueberfluthung oder Ueberstauung und besonders die Ueberrieselung.

a) Die Anstauungsbewässerung

oder Einstauung, so genannt, weil das Wasser aufgestaut und kürzere oder längere Zeit in dem Untergrund der Wiesen festgehalten wird, sollte nur da zur Ausführung kommen, wo das in der Wiese vorfindliche oder hinzugeleitete Wasser so tief liegt, daß es nicht auf die Oberfläche gebracht werden kann. §. 140.

In diesem Falle ist weniger eine Düngung als eine Anfeuchtung der Wiese von unten ermöglicht, obgleich auch hierbei die im Wasser gelösten Salze durch die Haarröhrenkraft des Bodens etwas gehoben werden und mitunter selbst feine suspendirte Schlammtheilchen in das Bereich der Grassurzeln gelangen können.

¹⁾ Vergl. über den seither beliebten Schleusenbau u. d. d. Kosten Dünkelberg-Fries a. a. O. S. 407 bis 451 und H. Gamann, technischer Secretär der Landbauinspektion Siegen: Baumaterialien u., Heft I, Preis 1,25 Mk., im Selbstverlag.

Die Ausführung dieses Bewässerungssystems ist vornehmlich da angezeigt, wo eine ebene Wiesenfläche mit sehr wenig ausgesprochenem Gefälle an irgend einer oder mehreren Stellen, durch Grund- und Quellswasser versumpft, bis zur oberen Bodenschicht mit Wasser gesättigt, selbst zur Torfbildung geneigt und mit sauren Gräsern und Moos bewachsen ist.

Solche Verhältnisse bestehen vielfach in Niederungen an eingedeichten und nicht bewallten Flüssen mit geringem Gefälle und in der Nähe von Seen und dem stuhenden Meere, überall da, wo das Grundwasser hoch steht und auf natürlichem oder auch künstlichem Wege mit Maschinen wenigstens zeitweise Vorfluth beschafft werden muß.

So finden sich Anstauungsbewässerungen in großem Maßstabe in den Marschgegenden, besonders auch in Holland, u. a. in dem culturtechnisch interessanten Harlemer Meere, welches seiner Zeit ausgepumpt, durch Canäle entwässert wurde und in welche in trockenen Jahren von dem höher liegenden Ringcanale Wasser eingelassen wird, um den Grundwasserspiegel in der zur Anfeuchtung des Landes von unten nöthigen Höhe zu erhalten.

Aber auch im Binnenlande finden sich versumpfte Ländereien, welche in ähnlicher Weise zu behandeln sind. Die Grundlage dieses Bewässerungssystems ist stets eine sachgemäße Entwässerung.

Durch Ansheben eines oder mehrerer Hauptgräben wird das zur Fortbewegung des Grundwassers nöthige Gefälle in der Sohle (§. 123) und dem Hauptgefälle der Gegend gemäß an ihrer Mündung die erforderliche Vorfluth hergestellt und durch Ableitungsgräben zweiter und dritter Ordnung (die auch mitunter durch starke Drainröhrenstränge ersetzt werden können) die Entwässerung vervollständigt. Die erhaltene Erde wird über die Wiesenfläche verbreitet.

Ein nie verzeihlicher Fehler ist, wenn die Entwässerung eine zu starke wird und dem ausgetrockneten Gelände nicht mehr diejenige Feuchte und Frische erhalten werden kann, welche der Graswuchs bedarf, was ungeachtet den von jeher gemachten trüben Erfahrungen im Kleinen wie im Großen (bei Landesmeliorationen) immer wiederholt vorkommt, wenn der Techniker Vorkehrungen unterläßt, um das Grundwasser während der Vegetationszeit durch Einsetzen und Schließen von Schleusen wieder in das entwässerte Gelände zurückzustauen.

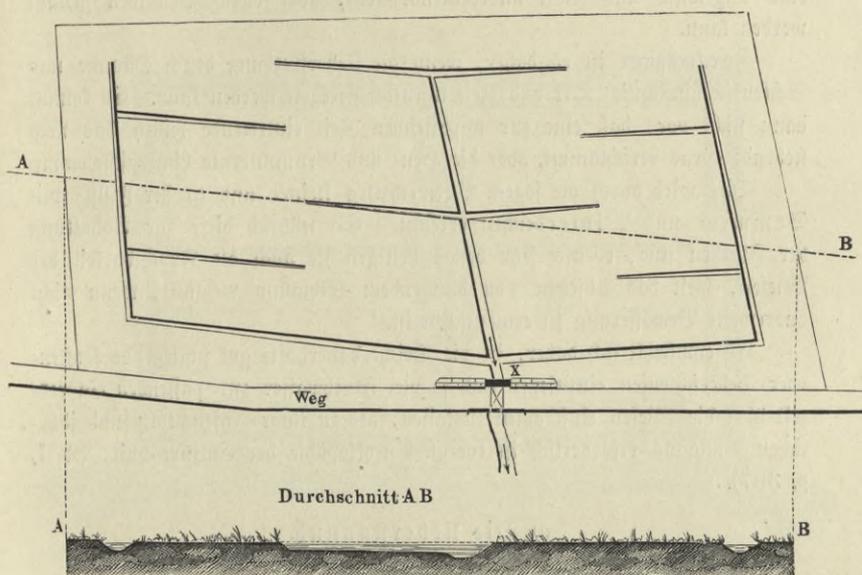
§. 141. Im Kleinen nennt man die Senkung des Grundwassers auch das „Abgraben“ der Wiesen und es wird zum Bewässerungssystem, sobald man für beliebigen Wiederanstau des im Untergrund sich bewegenden Wassers durch Errichtung einer Schleuse x , Fig. 42, an dem Punkte sorgt, wo die Hauptgräben zusammenlaufen oder das Gefälle solches nöthig macht. Man hat es dadurch in der Hand, die Wiese jederzeit trocken zu legen und derselben auch nach Bedarf die zum Wachsthum des Grasses erforderliche Feuchtigkeit zu verleihen. Von November bis April steht die Schleuse offen, in der übrigen Zeit

hält man sie geschlossen und senkt nur zur Zeit der Heuernte durch vorübergehende Oeffnung den Spiegel des Grundwassers.

Man übersehe dabei niemals, daß der Spiegel des Grundwassers durch Schleusen nicht immer wieder beliebig auf die Höhe gehoben werden kann, welche vor der Entwässerung bestand, und daß hiernach von vornherein der Grad der Entsumpfung sorgfältig bemessen werden muß.

Die Anstauungsbewässerung ist eine extensive, billige und um so vortheilhaftere Verbesserung, je größer die Fläche ist, je grundloser der Sumpf, je schlechter das Futter war und je schädlicher stagnirende Feuchtigkeit auf das

Fig. 42.



Klima der Gegend, auf Ackerbau und Viehzucht und die Gesundheit der Bewohner eingewirkt hat.

Nachtheile der Anstauungsbewässerung sind, daß sie nur bei lockerem, durchlassendem Boden und nicht bei thonigem, kaltem Untergrund anwendbar ist, auch dadurch eine Düngung der Fläche mit Compost zc. nicht umgangen werden kann, daß durch tiefe geböschte Gräben Land verloren, und die Wiederaufeuchtung um so langsamer vor sich geht, je dichter der Boden und Untergrund ist. — Auch kann ein allzu hohes und zu langes Anstauen den auf der Wiese hervorgebrachten besseren Gräsern schädlich werden.

Nur bei leichteren lockeren Bodenarten, in wärmeren Lagen und bei rationeller Behandlung kann eine solche Anlage den gewünschten Nutzen bringen, auch den Uebergang zu intensiver ausgebildeten Anlagen bilden.

b) Ueberfluthungen

§. 142. finden ohne künstliche Beihülfe häufig in Wiesengründen statt, die an einem Bach oder Fluß liegen, welche zeitweise anschwellen, aus ihren Ufern treten, die umliegenden Ländereien kürzere oder längere Zeit unter Wasser setzen und dadurch anfeuchten und düngen.

Finden diese natürlichen Ueberschwemmungen zeitig im Frühjahr und Spätherbst und regelmäßig statt, führt das Fluthwasser keine schädlichen Stoffe mit sich, so erhalten diese Wiesen eine kostenlose Düngung, welche alljährlich eine gute Heuernte sichert, während die Gruminternte in trocknen Jahren eine ungewisse und selbst unbedeutende sein, aber durch Beweiden genutzt werden kann.

Zweckmäßiger ist es daher, wenn die Ueberfluthung durch Dämme und Schleusen hinsichtlich Ort und Zeit künstlich geregelt werden kann. Es kommt dann nicht vor, daß eine zur unpassenden Zeit eintretende Fluth das noch stehende Gras verschlämmt, oder die Heu- und Gruminternte hinwegschwemmt.

Dies wird durch die sogen. Bedeichung kleiner und großer Flüsse mit Sommer- und Winterdeichen erreicht. So nützlich diese zur Abhaltung der Fluthen sind, ebenso sehr benachtheiligen sie auch die Fruchtbarkeit der Wiesen, weil das Absetzen von düngendem Schlamm wegfällt, wenn nicht anderweite Bewässerung zu ermöglichen ist.

Es empfiehlt sich daher, in die Deiche dauerhafte gut schließende Kasten- oder Heberschleusen einzusetzen und so viel Fluthwasser zur passenden Jahreszeit über die Wiesen einströmen zu lassen, als zu ihrer Anfeuchtung und jährlichen Düngung erforderlich ist (vergl. Encyclopädie der Culturtechnik, Bd. I, §. 337).

c) Die Ueberstauung.

§. 143. Diejenigen Einrichtungen, womit man das Wasser beliebig auf eine Wiese strömen läßt und kürzer oder länger auf derselben stillstehend oder im Zu- und Abfließen zu erhalten vermag, heißen vorzugsweise Ueberstauungsanlagen.

Die Bedingungen, an welche eine vortheilhafte Einrichtung solcher Anlagen geknüpft sind, lassen sich im Folgenden zusammenfassen:

1. Die Stauwiese muß von einem Bach u. behererrscht sein, der zur Wässerungszeit das erforderliche Wasser liefert.

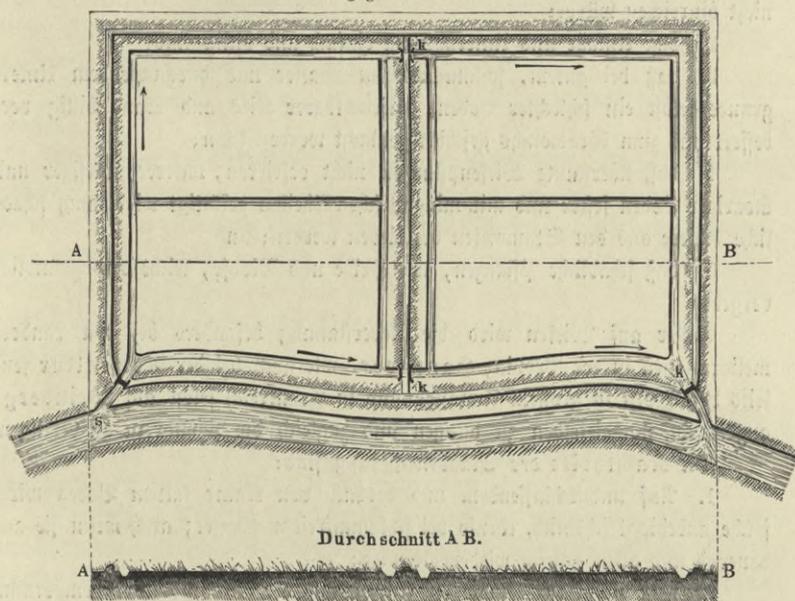
2. Das Gefälle darf in der Fläche gänzlich mangeln, wenn es dabei nur möglich ist, das Stauwasser nach gemachtem Gebrauche wieder völlig zu entfernen.

3. Im Fall die Wiesenfläche einiges Gefälle nach einer oder mehreren Seiten hat, darf dasselbe 1 bis $1\frac{1}{2}$ auf 1000 ($\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{15}$ Proc.) nicht übersteigen, weil sonst

- a) eine geregelte Ueberrieselung möglich und nützlicher sein würde;
- b) die Staudämme, welche das Abfließen des auf die Wiese geleiteten Wassers verhindern sollen, an den tieferen Theilen zu hoch werden müßten;
- c) die Wasserschichte am tiefsten Punkte der Wiese bedeutend höher als im oberen Theile derselben stehen und
- d) bei geringem Zufluß lange Zeit vergehen würde, bis das Wasser die ganze Fläche anfeuchtete und überdeckte.

Je wagerechter die Wiese liegt und je mehr Wasser vorhanden ist, um so §. 144. größer kann man die Stauabtheilungen machen, sollte jedoch das Mittel 10 bis 15 ha nicht wohl überschreiten.

Fig. 43.



Eine jede Stauwiese und jede Abtheilung derselben ist von Dämmen mit wagerechter Krone umgrenzt, welche das angestaute Wasser um den Wellenschlag überragen. Die erforderliche Erde wird aus stark geböschten, durch die Wiese gelegten Hauptableitungsgräben, aus deren bei großen Flächen nöthigen Verzweigungen und unmittelbar aus den Gräben gewonnen, welche an den Dämmen entlang ziehen und ebensowohl zur anfänglichen Vertheilung des Stauwassers, als zur schließlichen Wiederabführung desselben dienen. Auch wird Erde aus etwa erforderlichen Planirarbeiten gewonnen. Fig. 43 giebt Bild und Durchschnitt einer solchen einfachen Anlage.

Das Einströmen des Wassers wird durch eine Schütze *s* regulirt und die Verbindung der einzelnen Abtheilungen gleich dem Ablassen des Stau-

wassers von der Wiese durch Rastenschützen *kk*, die in den Dämmen eingestampft sind, bewirkt.

Bei Ausführung der Staubewässerung, die zeitig im Frühjahr und Herbst stattfindet, muß mit großer Umsicht verfahren werden. Damit die Gräser nicht absterben, beschränke man die Dauer und Zahl der Bewässerungen, soweit es die beabsichtigte Anfeuchtung oder Düngung nur irgend gestatten, wobei auf die Bodenart und Witterung streng zu achten ist. Im Sommer genügt schon ein Einstauen des Wassers in die Gräben, um den Boden frisch zu erhalten.

§. 145. Als Vortheile der Stauwiesen sind hervorzuheben:

1. daß neben unbedeutendem Gefälle auch eine geringere Wassermenge, namentlich im Sommer zur Anfeuchtung genügt, die zu einer Ueberrieselung nicht hinreichen würde;
2. daß Anlage und Unterhaltung einfach und billig sind;
3. daß bei gutem, schlammreichem Wasser und durchlassendem Untergrunde selbst ein schlechter Boden, unfruchtbarer Kies und Sand billig verbessert und zum Graswuchs geschickt gemacht werden kann;
4. daß überstaute Wiesenpflanzen nicht erfrieren, lockerer, torfiger und mooriger Boden fester und mit mineralischen Theilen gesättigt wird, auch schädliche Thiere aus den Stauwiesen vertrieben werden; und
5. daß schädliche Pflanzen, wie Heide und Moose, leicht und gründlich vergehen.

Außer auf Wiesen wird die Ueberstauung besonders bei den Landesmeliorationen in der Provinz Hannover, wie auch bei der Reiskultur jenseits der Alpen in großem Umfange und in Frankreich selbst auf Weinberge angewandt, um dieselben zu düngen und zugleich die Phylloxera zu vertilgen.

Die Nachtheile der Staubewässerung sind:

1. Auf undurchlassendem und deshalb von Natur kaltem Boden wirkt solche unbedingt schädlich, ebenso bei schlammfreiem Wasser; auch wenn sie andauernd und allzu häufig wiederholt wird;
2. hebt die Wasserschichte die Einwirkung der Luft und ihrer Temperatur auf die Graspflanzen fast völlig auf; diese verweichlichen, das Futter wird rauher und weniger nahrhaft und
3. kann daher die Bewässerung zur Vegetationszeit fast gar nicht oder nur in sehr beschränktem Maße ausgeführt werden.
4. Wenn nun auch zum Anfeuchten und Absatz des düngenden Schlicks bei niedrigem Wasserstand nur kurze Zeit erforderlich ist und bei sorgfamer Behandlung eine der Fläche entsprechende Futtermenge erhalten wird, so wird diese doch nie die Güte des auf Kieselwiesen gewonnenen Heus und Grummts haben.

d) Die Ueberrieselung.

Während das benutzte Wasser bei den beiden vorigen Bewässerungs- §. 146.
systemen längere Zeit im Zustande der Ruhe verharret, ist es bei dem System
der Ueberrieselung zur Wässerungszeit, in den Gräben und auf der Wiesen-
fläche, in fortwährender Bewegung, wobei es in dünnen Schichten über den
Rasen fortrieselt und nach dem Maße seiner Zuleitung stetig wieder ab-
geführt wird.

Ist die Oberfläche der Wiese schon von Natur geneigt und im All-
gemeinen eben genug, um eine lebendige Bewegung des Wassers und dessen
vollständige Ableitung zu ermöglichen, so bedarf es nur der Anlage der nöthigen,
dem Terrain sich anschmiegenden Zu- und Ableitungsgräben, des Abtrags
kleiner Erhöhungen und des Ausfüllens geringer Vertiefungen, um die Wiese
regelmäßig bewässern zu können.

In diesem Falle kommt der natürliche Ueberrieselungsbau zur An-
wendung.

Ist dagegen das Gefälle der Wiese ungleich, die Fläche uneben, wechseln
größere Erhöhungen mit ansehnlicheren Vertiefungen, wie im coupirten Terrain
ab, wodurch eine natürliche Bewässerung unstatthaft wird, muß daher die Nei-
gung der Fläche künstlich regulirt, der Rasen abgeschält, die ganze Wiese planirt,
wieder gedeckt und gleichzeitig mit geradlinigen Zuleitungs- und Ableitungs-
gräben in regelmäßigen Entfernungen versehen werden, so geht hieraus der
Kunstwiesenbau hervor.

Im Allgemeinen muß festgehalten werden, daß der natürliche §. 147.
Bau, wo nur immer möglich, als Regel anzusehen, der künstliche
dagegen nur ausnahmsweise anzuwenden ist.

Natürliche Anlagen sind überall da am Orte, wo ein dem Wasser und
der Bodenart entsprechendes, für Entwässerung und Ueberrieselung hinreichendes
Flächengefälle, S. 88 und 90, in der Wiese vorhanden ist, dessen Erhal-
tung und richtige Verwendung, wie es natürlich vorliegt, eine der haupt-
sächlichsten Aufgaben des Wiesenbautechnikers und gleichbedeutend mit einer
rationellen Benutzung des gegebenen Terrains ist. Diese vorausgesetzt, so hat
die Erfahrung unzweideutig gelehrt, daß unter gleichen anderweiten Ver-
hältnissen (Klima, Wasser, Boden &c.) bei mittleren und starken
Gefällgrößen (§. 90) das meiste und beste Gras wächst.

Bei künstlichen Wiesenanlagen handelt es sich dagegen darum, das vor-
handene Gefälle nach Bedarf auf die einzelnen Theile der Fläche passend zu
vertheilen, es durch deren Umformung relativ zu vermehren und zu ver-
mindern, neue Gefällgrößen aufzusuchen und demgemäß das natürlich vor-
handene Terrain für die Zwecke der Entwässerung und Ueberrieselung sach-
gemäß in möglichst billiger Weise umzuformen.

Gegen diese Grundsätze wird nur allzu häufig verstoßen, indem man unter Wiesenbau vorzugsweise das Planiren durch Ab- und Auftrag versteht, um eine Ausgleichung der Unebenheiten und die Herstellung ebener Flächen zu bewirken. Nichts ist unrichtiger, als ein solches Vorgehen, und ganz besonders dann, wenn dadurch das Flächengefälle, welches für die Ueberrieselung so überaus nöthig und erspriesslich ist, vermindert wird.

§. 148. Künstlicher Wiesenbau ist nur dann örtlich und zeitlich angebracht, wenn

1. jederzeit das zur kräftigen Bewässerung nöthige Wasser und in guter Beschaffenheit vorhanden ist;
2. vollkommene Entwässerung möglich und keine schädliche Ueberschwemmung der Anlagen zu befürchten ist;
3. der Boden leicht zu bearbeiten, der Untergrund durchlassend und Rasen auf oder in der Nähe der Fläche vorhanden, oder das Gelingen der Grasanfaat gesichert ist;
4. das erforderliche, oft sehr bedeutende Anlagecapital zu Gebote steht;
5. der Preis der Wiesen vor dem Umbau, wie der Ertrag nach demselben mit den Kosten der Anlage im richtigen Verhältnis stehen und
6. auch auf sachgemäße, sorgsame Pflege und Unterhaltung der Kunstwiesen mit Sicherheit zu rechnen ist.

Zu Zeiten, wo wie jetzt die Handelsverhältnisse dahin drängen, den Landbau extensiver zu gestalten, also die Verwendung von Arbeit und Capital auf die Flächeneinheit zu beschränken, muß der rechnende Landwirth und der Techniker bei rationeller Wiesenwirthschaft von intensiven Methoden, wie sie der Kunstbau bedingt, so weit als thunlich, absehen.

Als oberster Grundsatz der Wiesenbau-Technik sollte unter allen Umständen gelten: den Endzweck der Wiesenverbesserung mit den einfachsten Mitteln so vollständig als möglich zu erreichen.

Es empfiehlt sich daher, den Bauplan so zu entwerfen, daß, wo es irgend angeht, zuerst natürliche Ueberrieselungsanlagen eingerichtet und diese allmählich künstlicher gestaltet werden, was bei einer alljährlichen zweckmäßigen Nachhülfe an Gräben, Dämmen und geeigneten Flächen durch Verwendung des Grabenauswurfes, Uebererden und theilweisen Umbau nicht so schwierig ist, als es Vielen erscheint.

Hierzu reichen niemals technische Kenntnisse im Wasser- und Erdbau allein aus; es müssen vielmehr praktische Erfahrungen landwirthschaftlicher Art für richtiges Ansprechen der klimatischen Boden- und Betriebsverhältnisse hinzutreten und sachgemäß verfolgt werden¹⁾.

¹⁾ Vergl. Dünkelberg, Die landwirthschaftliche Betriebslehre, 1. Bd., S. 43 u. f., S. 233 bis 278. Braunschweig 1889. Ebend. 2. Bd., S. 237 bis 292.

a. Unterscheidung der Ueberrieselungsbauten.

Natürliche wie künstliche Kieselwiesen werden entweder in Hangbau §. 149. oder in Rückenbau (Beetbau) gelegt.

1. Bei dem Hangbau hat die Wiese nur eine einseitige Flächenneigung und das Wasser tritt während der Ueberrieselung nur über die eine (untere) Kante der Kieselgräbchen über. Die Breite der Hangbauten wechselt in weiten Grenzen mit der örtlichen Ausdehnung der Wiesen.

2. Im Rückenbau ist dagegen die Form des Satteldaches in zwei mit seinen nach entgegengesetzten Seiten geneigten, weit schmälern Hangtafeln auf die Wiese übertragen und das Wasser rieselt über beide Kanten derselben Wässerungsrinne gleichförmig über.

Je nach der Höhenlage dieser Rinne unterscheidet man hohe, mittlere und niedere Rücken; je nach der Breite der beiden Rückenseiten schmalen und breiten Rückenbau.

Ob Hangbau oder Rückenbau angelegt werden soll, ist bedingt:

1. von den vorliegenden Gefällgrößen und der Bodenart,
2. von Güte und Menge des verwendbaren Wassers und
3. sollte, soweit thunlich, der Grundsatz leitend sein, Hangbau als Regel, Rückenbau als Ausnahme anzuwenden.

β. Der Hangbau.

Die im Hang liegende Fläche ist die einfachste, gefälligste, am leichtesten §. 150. zu beerntende Form, an vielen Orten, namentlich in Hügel- und Berggegenden, schon von der Natur gegeben, so daß es nur der Anlage der nöthigen Gräben zur Ausführung der Bewässerung bedarf (§. 121, Fig. 29).

Dieser natürliche Hangbau ist daher auch die billigste Anlage. Er ist da angezeigt und ausführbar, wo die Wiesen mindestens 2 Proc. ($\frac{1}{50}$) Flächengefälle haben, obgleich ausnahmsweise auch bei etwas geringerem Gefälle auf durchlassendem Boden, in warmer Lage und bei genügend starkem Wasserzufluß ein rasches Ueberrieseln ermöglicht ist, so daß wie u. a. jenseits der Alpen noch natürlicher Hangbau mit günstigem Erfolg eingerichtet werden kann.

Je kälter dagegen Klima und Lage, je undurchlassender der Boden und je kälter das Wasser ist, um so größer (4 bis 6 Proc.) muß das Flächengefälle sein.

Ebenso kann natürlicher Hang bei dem stärksten Gefälle (30° oder $57\frac{3}{4}$ Proc.), wobei Wiesen noch, wenn auch schwieriger, zu beernten sind, angelegt werden, wenn beim Wässern keine Abrutschungen zu befürchten sind.

γ. Der Rückenbau.

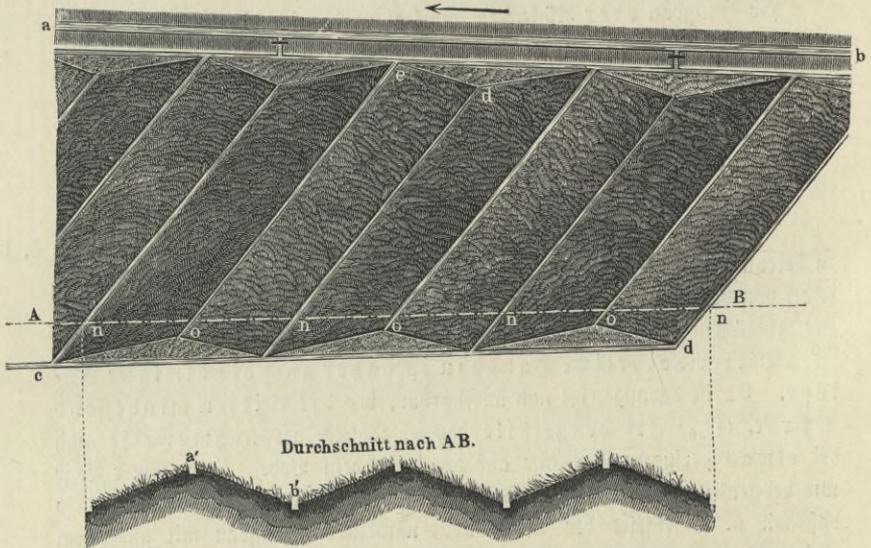
Ist das Gefälle der Wiesenfläche geringer als 2 Proc. ($\frac{1}{50}$), dabei §. 151. der Untergrund mehr oder minder durchlassend, der Boden also zur Versumpfung geneigt, so ist Rückenbau angezeigt, weil dieser

1. das Gefälle der Fläche relativ vergrößert, d. h. das vorhandene absolute Gefälle auf kürzere Entfernungen zu vertheilen erlaubt und

2. die vielen nahe zusammenliegenden Ableitungsgrinnen eine Entfernung des Sumpfs und Kieselwassers und hierdurch die Erwärmung des Bodens wie die Verbesserung der Grasnarbe befördern.

Ist *ab*, Fig. 44, der aufgedämmte Zuleitungsgraben nebst dem wagerecht daran hinziehenden Bertheilgraben und *cd* der Ableitungsgraben für eine Rückenabtheilung, liegen beide Hauptgräben 30 m aus einander und beträgt das Gefälle von der Sohle der Zuleitung bis zum Grabenbord der Ableitung 30 cm, das relative also $\frac{0,3 \times 100}{30} = 1$ Proc. [was für Hangbau nicht genügt (§. 150)], so kann die Firste der Rücken mit ihren wagerechten Kieselrinnen bei *oo* um nahesten 30 cm aufgedämmt werden, während der Bord der

Fig. 44.



mit einigem Gefälle angelegten Entwässerungsgrinnen bei *nn* um ebensoviel tiefer liegt. Vergl. Fig. 44 und den zugehörigen Querschnitt.

Die Entfernung der Kieselgräbchen von den Entwässerungsgrinnen kann 4,5 bis 7,5 m betragen, und das Gefälle von 30 cm zwischen *a'b'* ist in jenem Falle $0,3 : 4,5 = \frac{1}{15}$ oder $6\frac{2}{3}$ Proc., in diesem immer noch $0,3 : 7,5 = \frac{1}{25}$ oder 4 Proc., während, wenn man von der Zuleitung nach der Ableitung eine Hangfläche legen wollte, das Gefälle auf 30 m nur 0,3 m oder $\frac{1}{2}$ Proc. betragen würde.

Von *e* nach *d* ist das Gefälle der Rückenflächen weit geringer, und wenn kein Umbau stattfindet, beinahe gleich Null. In der Mitte des Rückens beträgt es je nach der Breite der Rückentafeln nur $\frac{1}{30}$ oder $3\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{50}$ oder

2 Proc., welche letztere Größe für umgebauten und dabei gelockerten Boden zu wenig ist.

Die Rückenbildung der Fig. 44 ist daher ohne Umbau nicht möglich.

Mit der wachsenden Entfernung der Rieselrinnen von den Entwässerungsgräbchen des Rückenbaues wird das Flächengefälle relativ vermindert und umgekehrt, woraus folgt, daß die wechselnde Breite der Rückentafeln das Flächengefälle mit beherrscht.

Der natürliche Rückenbau, auch Grippenbewässerung genannt. §. 152.

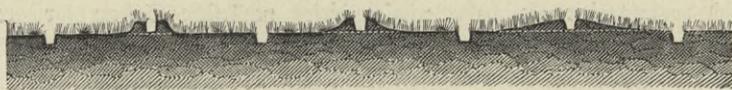
Bei dieser einfachen Bauart werden niedere und schmale Rücken dadurch formirt, daß man ihre Wässerungsrinnen mit Rasen und Erde auf der Wiese aufdämmt und die Neigung der Flächen nach den in die Wiese eingeschrittenen Entwässerungsrinnen hin, mit dem aus diesen und dem alljährlich bei der Grabenräumung gewonnenen Auswurf nach und nach ausgleicht. Auch kann anderweit gewonnene Erde zu diesem Zwecke herbeigefahren werden. Diese allmähliche Umformung zeigt Fig. 45.

Fig. 45.

Erstes Jahr.

Zweites Jahr.

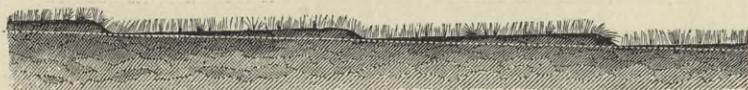
Drittes Jahr.



Bei den relativ geringen Rasen- und Erdmassen, welche aus den schmalen, wenig tiefen Gräbchen gewonnen werden, ist die wagerechte Aufdämmung der Rieselrinnen auf der Rückenfurche der Länge nach beschränkt, mithin auch das Gefälle der beiden Seitenflächen, weshalb nur schmale Rücken von etwa 6 bis 7 m Breite bei dieser Bauart zulässig sind, und die Entwässerungsrinnen relativ nahe bei einander liegen. Es findet aber keine Auflockerung des gewachsenen Bodens statt, und es kann daher das Seitengefälle der Rückentafeln geringer als bei dem künstlichen Umbau genommen werden.

Die Länge der Rücken ist weniger beschränkt; sobald es für die wagerechte Aufdämmung der Rieselrinnen an Rasen und Erde zu mangeln beginnt,

Fig. 46.



und wenn man aus natürlichen Abtragstellen in der Nähe oder durch Heranfahren weiteres Material nicht erhalten kann, setzt man den Rücken ab, und läßt seine wagerechte Rinne in einem tiefer gelegenen Niveau verlaufen. Es bilden sich so natürliche, treppenförmige Abjätze und Stagen von verschiedener Länge in der Mittellinie der Rücken (Fig. 46).

Nachteile des natürlichen Rückenbaues sind:

Das Zerschneiden der Wiese in schmale, von zahlreichen Rinnen begrenzte Streifen, welche das Mähen und die Ernte stören.

Dagegen treten seine Vortheile besonders in durch Grund- und Quellwasser versumpften Lagen mit wenig ausgesprochenem Hauptgefälle hervor, in dessen Richtung die Rücken und die zahlreichen unweit von einander liegenden Entwässerungsrinnen verlaufen, so daß Untergrund- und Kieselwasser rasch abgeführt und Versumpfungen verhütet werden. Dagegen eignen sich natürliche Rücken weniger für an und für sich trockne Lagen, wenn nicht zu jeder Zeit das zur vollen Anfeuchtung nöthige Kieselwasser vorhanden und die Pflege der Anlage eine sorgsame ist.

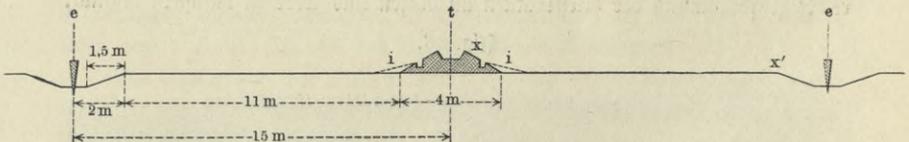
Einfachheit und Wohlfeilheit empfehlen den natürlichen Rückenbau um so mehr, als er nichtsdestoweniger die Möglichkeit einer steten Verbesserung und immer vollständigeren Bewässerung darbietet. Derselbe sollte aus diesen Gründen mehr und mehr auf solchen Ländereien angewendet werden, welche nicht das für den natürlichen Hangbau erforderliche Minimalgefälle von 2 Proc., dagegen mehr Gefälle als der Staubaun bedarf ($\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{15}$ Proc.) (§. 143), entwickeln lassen.

Da die Anlage natürlicher Rücken nur geringe Kosten verursacht und rasch voranschreitet, so hat Verfasser dieses natürliche System für große Flächen und Güter zu einem solchen mit breiteren und längeren Rücken erweitert, welche die Beerntung mit Maschinen und hochgeladenen Wagen gestatten.

§. 153. Das Stagen-Rückenbausystem. Dasselbe steht dem natürlichen Bau näher als dem Kunstbau, weil die Bildung der Rücken ebenfalls durch Aufdämmen auf dem gewachsenen Boden, also nicht durch eigentliches Umgraben des Landes, erfolgt, und das erforderliche Erdmaterial aus flachgeböschten Entwässerungsgräben, also nahebei, gewonnen wird.

Fig. 47 zeigt den Querschnitt eines 30 m breiten Rückens von Mitte zu Mitte der beiden Entwässerungsgräben *ee*, deren in 0,5 m Tiefe liegende Sohle

Fig. 47.



hier zu 1 m angenommen ist; ihre Böschungen sind dreifach und bis zur Sohle mit Rasen belegt. Für jedes laufende Meter Rückendamm, in der Mitte bei *t* auf etwa 4 m Breite, kann das festgelagerte Erdvolumen eines Ableitungsgrabens mit 1,25 cbm (welches gelockert ein größeres Volumen annimmt) dienen, nachdem vorher der Rasen auf etwa 4 m Breite abgeschält wurde und zur Bedeckung der Aufdämmung dient. Der Transporttirgraben der Rücken-

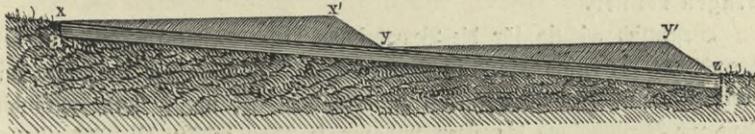
erste ergießt sein Wasser in rechts und links in den Rasen eingeschnittene wagerechte Rieselrinnen, so daß von x zu x' eine Rieselfläche von etwa 12 m Breite liegt. Die aus den Wässerungsgräben selbst entfallenden Rasen und Erde werden zur Ausgleichung der Winkel bei ij und der spätere Grabenausraum alljährlich in gleicher Weise verwendet, so daß (weniger bei sandhaltigen, wohl aber bei lehmigen Boden und durch Schlickablagerung) nach längerer Zeit von x nach x' eine gleichmäßig geneigte, windschiefe Ebene entsteht.

In den ersten Jahren ist zwar das Gefälle der Rückenseiten ungleich vertheilt; da aber der Rasen und gewachsene Boden rechts und links auf 10 m Breite ungelockert liegen bleibt, das Rieselwasser also nur unbedeutend aufsaugt, so ist bei den tiefen Ableitungsgräben eine schädliche Versumpfung nicht zu befürchten.

Will man von vornherein jeder Rückenseite ein mittleres Gefälle von drei Procent sichern, so genügt eine Erhöhung jeder Kinnenkante um $\frac{12 \cdot 3}{100} = 36$ cm. Das Erdvolum eines Ableitungsgrabens reicht aber zur Aufdämmung des Transportirgrabens im Mittel auf 50 cm Höhe hin, und es können die Ueberlaufkanten der Rieselrinnen selbst bis zu $50 - 36 = 14$ cm tiefer liegen, also noch sehr wohl aus dem Transportirgraben auf der Rückenfirste gefüllt werden. Auf den Rückenseiten eingeschnittene wagerechte Rinnen müssen die gleichmäßige Vertheilung des Rieselwassers unterstützen.

Wie das (verzerrte) Längenprofil, Fig. 48, zeigt, ist die oben berechnete Aufdämmung, Fig. 47, nicht überall dieselbe, weil die Aufdämmung

Fig. 48.



der ins Hauptgefälle der Fläche gelegten Etagerücken mit Null beginnt und in wagerechter Lage fortschreitend allmählich gegen die ursprüngliche Wiesenfläche immer höher zu liegen kommt, so daß bald Erdmangel eintritt und wie bei $x'y$ und $y'z$ geböschte Abfälle nöthig werden, über welche die Transportirgräben abfallen. Es ist sonach leicht, die Länge der Etagen immer nach der aus den Ableitungen gewonnenen Erdmasse zu bemessen.

Die Zahl der unter einander liegenden Etagen und die hieraus folgende Länge eines und desselben Rückens sind weniger oder doch nur durch die Größe der Wiesenabtheilungen beschränkt, weshalb 30 m breite und verschieden lange Etagerücken eine Fläche von einem oder mehreren Hektar umfassen, auch Mähmaschinen, Heuwender und Heurechen, wie große Erntewagen unbehindert darauf verkehren können.

Würde oben die maximale Gesamtbreite eines Rückens zu 30 m angenommen, so darf diese nicht immer so groß genommen, sondern muß in

versumpftem, quellreichem Terrain, bei geringem Hauptgefälle der Fläche und auf wenig durchlassendem Boden auch wohl auf 25 m und selbst geringer bemessen werden, was örtlich zu beurtheilen und zu entscheiden ist. Man soll aber dabei nicht zu ängstlich sein, weil tiefe Entwässerungsgräben selbst ein stark versumpftes Terrain dauernd und oft zu stark auszutrocknen gestatten.

d. Der Kunstbau.

§. 154. Kunstwiesen unterscheiden sich besonders von den natürlichen Anlagen dadurch, daß Boden und Untergrund umgegraben, ab- und aufgetragen und hierdurch in ihren physikalischen Eigenschaften, ihrem Verhalten gegen Luft, Wasser und Wärme wesentlich verändert werden.

Der durch Umgraben, Ab- und Auftrag gelockerte Boden saugt das luftförmige und flüssige Wasser leichter auf und ist daher mehr zur Versumpfung geneigt, als bei natürlichen Anlagen, wenn nicht ein stärkeres Flächengefälle eine rasche Ueberrieselung und durchgreifende Entwässerung ermöglicht. Nur gedankenlose Techniker übersehen diesen wichtigen, stets zu beachtenden Grundsatz.

Künstlicher Hangbau sollte daher nie mit weniger als vier Procent Gefälle angelegt werden; der Erfolg ist aber sicherer und besser, wenn das Gefälle sechs und mehr Procent beträgt.

Künstliche Rücken dürfen demgemäß niemals mit weniger als 5 Proc. Gefälle, namentlich in feuchten oder sumpfigen Wiesen gebaut werden.

Nur bei sorgfamer Beachtung dieser Gefällgrößen und des in §. 148 Gesagten werden künstliche Bauten den gewünschten Erfolg bringen können.

Wesentlich wichtig für die Beurtheilung dieser Gefällverhältnisse ist der Stand des Grundwassers in ebenen Lagen. Je mehr sein Aufsteigen zur Oberfläche durch Haarröhrenkraft zu befürchten ist, um so mehr wird die Wiese zur Versumpfung hinneigen und um so höher müssen die Rückenfirsten gehalten, um so tiefer die Entwässerungsrinnen eingeschnitten werden.

Ein tiefes Einschneiden der Bewässerungsrinnen auf den Rückenfirsten ist dagegen immer fehlerhaft, weil damit eine schädliche Wasserergeudung verbunden ist und durch die nicht zu entleerenden Gräbchen eine Versumpfung der Wiese erfolgen kann.

Bei tiefem Grundwasserstand und hohen Rücken ist dagegen bei einem etwaigen geringen Vorrath an Kieselwasser ein Ausdörren der Rückenfirsten und ein Minderertrag zu befürchten, welchem bei durchlassendem Boden durch ein Aufstauen des Grundwassers, soweit als möglich, vorgebeugt werden sollte.

§. 155. Der künstliche Rückenbau nach Siegener Manier.

Diese Bauform bietet dem künstlichen Hangbau gegenüber folgende Vortheile:

1. die Möglichkeit einer leichten und vollständigen Entwässerung;
2. die Nothwendigkeit, jedem Rücken frisches Wasser zuzuführen;
3. die Vergrößerung der Wiesenfläche.

Da auf jeder Seite eines Rückens eine Entwässerungsrinne liegt und man die Rücken je nach Erforderniß schmaler oder breiter und höher oder niedriger legen kann, so ist hierdurch die Entwässerung selbst in feuchter Lage sehr unterstützt und die Bewässerung eine erfolgreichere.

Auch bringt es die Form der Rücken mit sich, daß jeder eine besondere Wässerungsrinne erhalten muß und seine beiden Rückenflächen größer als die Grundfläche sind, auf welcher der Rücken aufgebaut ist. Denn im Querschnitt stellt sich der Rücken als ein Dreieck dar, dessen Schenkel zusammen immer größer als seine Grundlinie sind, und es ist dadurch zweifellos bedingt, daß die geneigte Fläche mehr Gras als ihre wagerechte Projection hervorbringt.

Dies ist um so mehr der Fall, je höher die Rücken bei gleicher Breite, oder je schmaler dieselben bei genügender Höhe aufgebaut werden.

Höhe und Breite der Rücken sind daher stets von einander abhängige und den Erfolg bedingende Größen.

In gedachtem Sinne unterscheidet man schmalen und breiten künstlichen Rückenbau.

Der schmale Rücken trägt auf seiner Firste eine einzige (horizontale) Rieselrinne, die ihr Wasser über beide Uferkanten überfließen läßt (§. 121).

Die Wasserführung dieser im Beginn 12 bis 15, am Ende (Rückengebel) etwa 10 bis 12 cm breiten und ebenso tiefen Rinne beträgt etwa 1 Liter pro Secunde. Nach dieser relativ geringen Wassermenge müssen Breite und Länge bemessen werden.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß für jene Wassermenge und eine normale Durchwässerung, je nach der Wasserqualität und möglichen Dauer der Rieselung, eine mittlere Breite von 3,5 bis 4,5 m für jede Rückenseite befriedigende Ernten liefert, und da man nach §. 151 mindestens 5 Proc. Gefälle geben muß, so folgt aus jenen Breiten eine mittlere Höhenlage der Ranten der Rieselrinne von $\left(\frac{3,5 \times 5}{100}\right) = 17,5$ bezw. 22,5 cm über dem Bord der Entwässerungsrinne, welche Höhe bei der Herstellung noch etwas größer zu nehmen ist, weil neu gebaute Rücken sich setzen.

Da das absolute Hauptgefälle einer Wiese eine natürlich gegebene Größe ist und sich nicht beliebig vermehren läßt, auch die Rücken gewöhnlich in der Richtung desselben angelegt werden, so ist die Bestimmung der Breite für das relative Gefälle sehr wichtig. Mit Rücksicht hierauf ist die Breite einer jeden Rückenseite stets zu bemessen, und gleichzeitig darauf zu achten, daß der Senfenhieb zwischen 1,5 bis 1,8 m beträgt und diese Größen in der Breite der Rückentafeln annähernd in ganzen Zahlen aufgehen.

§. 156. Die Länge der künstlich mittelst Umbau hergestellten schmalen Rücken, die von einer einzigen Rinne gespeist werden, muß mit ihrer Breite, der mittleren und der Giebelhöhe in richtigem Verhältniß stehen; denn je länger der Rücken wird, um so größer muß, dem Hauptgefälle entsprechend, auch die Giebelhöhe, und um so größer kann, ohne das Gefälle zu schwächen, die Breite genommen werden.

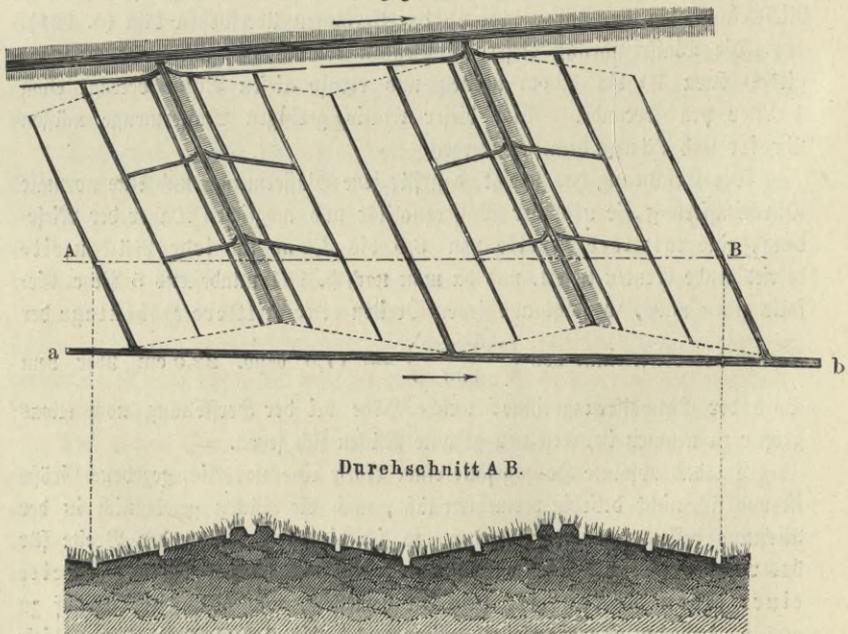
Länge, Breite und Giebelhöhe der Rücken sind hiernach drei von einander und von dem Hauptgefälle abhängige Größen und wechselt erstere zwischen 12 bis 15 m.

Giebt man daher einem Rücken mit 7 m Gesamtbreite eine Länge von 12 bis 13 m, so kann ein 9 m breiter Rücken 15 m lang gemacht werden, wenn die Rieselrinne etwas größer gefertigt wird.

Künstliche schmale Rücken von größerer Länge dürften im Allgemeinen nicht zu empfehlen sein, weil sonst eine Rieselrinne zur völligen Durchwässerung bis zum Giebel nicht hinreicht, die hohe Aufdämmung des letzteren kostspielig wird und die Breite relativ allzu groß genommen werden müßte.

§. 157. Die Beschränkung der Längen- und Breitendimensionen bei dem künstlichen schmalen Rückenbau läßt sich dadurch beseitigen, daß die einzige Riesel-

Fig. 49.



rinne auf der Firste des Rückens durch einen Transportirgraben (§. 119) wie im Etagenrückenbau (§. 153) ersetzt wird, an welchem zu beiden Seiten hori-

zontale Rieselrinnen hinziehen, Fig. 49. Ein so bewässerter breiter Rücken kann als aus zwei relativ breiten Gangtafeln zusammengesetzt betrachtet werden, weil die Rieselrinnen ihr Wasser nicht mehr über beide, sondern nur über eine, die untere Grabenkante der Seitenrinnen, überschlagen lassen (§. 121), und da bei dieser Einrichtung eine beliebige Wasserverwendung und Durchwässerung ermöglicht ist, so kann man die Länge ganz nach der Dertlichkeit bemessen und durch Absätze einen breiten künstlichen Stagenrückenbau (§. 153) leicht zur Anwendung bringen.

Dadurch werden denn auch die zwischen zwei unter einander liegenden Rückenabtheilungen nach Siegener Manier quer liegenden Ableitungsgräben ab, in welche sich die Entwässerungsrinnen der oberen Abtheilung ergießen, entbehrlieh, und die letzteren verlaufen, parallel mit den Transportirgräben auf den Rückengebellen, in der ganzen dem vorliegenden Terrain gemäß anzunehmenden Länge der Rücken.

Es erübrigt daher nur, die mittlere Höhe der künstlichen Stagenrücken mit deren Breite in ein richtiges Verhältniß zu bringen, und den Ausgangspunkt hierfür bilden die erforderlichen Gefällgrößen nach den Seiten, worüber §. 151 zu vergleichen ist. Ist das nöthige Gefälle zu entwickeln, so kann die Gesamtbreite eines solchen Rückens selbst bis zu 30 m erstreckt werden.

Die Länge der einzelnen Stagen, beziehungsweise die Größe des Abfalls der Transportirgräben an den Rückengebellen ist wesentlich von der zum Aufbau der Mittellinie der Rücken erforderlichen Erde abhängig, die seitwärts rechts und links aus der Nähe der Ableitungsgräben gewonnen werden muß.

Indessen haben die künstlich durch **Umbau** hergestellten breiten Rücken §. 158. auch die Nachteile:

1. daß sie das den Rückenbau im Allgemeinen bedingende geringe Gefälle der beiden Rückentafeln allzu sehr schwächen;
2. eine tiefe Lage des Bordes der Entwässerungsrinnen bedingen, wodurch der untere Theil der Seitenfläche dem rohen minder ertragsfähigen Untergrund zu nahe kommt und
3. daß der regelrechte Ausbau breiter und deshalb hoher Rücken, des Erdtransportes nach der Mitte halber, theurer als bei schmälern Rücken wird.

Dagegen bieten dieselben neben technisch unbeschränkter Länge auch die Vortheile:

1. daß die zur leichteren Beerntung bei ausgehnterem schmalen Rückenbau unbedingt erforderlichen Heusfahrten bei breitem Rückenbau ganz wegfällen können, und
2. daß ein Theil der Entwässerungsrinnen des schmalen Rückenbaues entbehrt werden kann, wenn die Menge des vorhandenen Grundwassers schmale Rücken nicht unbedingt erforderlich machen sollte.

In den meisten Fällen lassen sich aber breite künstliche Rücken durch den natürlichen Rücken=Stagenbau (§. 153) vortheilhaft umgehen.

9. Von der Einrichtung der Wiesenbauten.

§. 159. Die Einrichtung der Wiesenbauten besteht in einer zweckmäßigen Anwendung des vorstehend über Gefälle und Wasser, über Grabenbau, natürlichen und künstlichen Hang- und Rückenbau Gesagten auf die mit der Vertikalität äußerst wechselnden Verhältnisse der Wiesen.

Nur aus richtiger Verbindung und Ausnutzung der darüber aufgestellten Erfahrungsgrundsätze erfolgen dem Zwecke vollkommen entsprechende und billige Anlagen.

Bei jeder Wiesenanlage hat man den Entwurf des Bauplans und dessen Ausführung zu unterscheiden.

Die hierzu erforderlichen Instrumente und Werkzeuge, in deren Handhabung der Techniker wohl bewandert sein muß, sind:

1. Nivelirinstrumente mit Libelle und Fernrohr, eine Canal- oder Wasserwage, Visirlatte, Setzwage oder Lothwage, Dossirwage und ein Spiel Visirbrettchen;
2. Meßgeräthe, — der Quadrant oder ein Winkelspiegel, eine Meßkette oder ein stählernes Meßband, 6 bis 12 Absteckstäbe, drei Visirbrettchen, zwei Schnuren 30 bis 50 m lang auf Haspeln, und einige Latzen;
3. eigentliche Handarbeitsgeräthe: das Siegener Wiesenbeil, die Rasenstechschippe, die Siegener Schältschaufel, Rasengabel, Planirhacke, Rasenlatzche und die Handramme. Vergl. Dünkelberg=Fries, S. 142 bis 153 und S. 169 bis 176.

Außerdem noch Gartenspaten, Schaufeln und Hacken, Schieb- und Sturzfarken¹⁾.

A. Das Entwerfen des Bauplanes.

§. 160. Je umfangreicher und in ihren Gefällverhältnissen wechselnder eine Wiese ist, und im Fall Kunstbau beabsichtigt wird, um so vorsichtiger muß bei Feststellung des Bauplanes verfahren, um so sorgfältiger müssen die maßgebenden Factoren erwogen und ausgebeutet werden. Die Grundlage hierfür ist eine Karte mit Flächennivellement. Liegt keine Karte vor, so muß eine solche aufgenommen und in einem Maßstab von etwa 1:1000 gezeichnet werden. Hierauf kann die weitere Orientirung und die Vorarbeit sicher fußen, wenn die Karte nivellitisch entsprechend ergänzt wird. Vergleiche hierüber den Anhang.

Bei kleinen Anlagen und natürlichem Bau ist der Entwurf des Bauplanes

¹⁾ Vergl. Encyclopädie der Kulturtechnik, Bd. II, S. 57 bis 69.

leichter und kann derselbe von einem erfahrenen Techniker bei geringer Übung unmittelbar auf der Wiese abgesteckt werden.

Derselbe hat vor Allem zu untersuchen:

1. das zu benutzende Wasser,
2. das Gefälle und den Boden der Wiese,
3. ihre Lage zum Wasser, sowie ihre Form und Größe.

Bei dem Wasser ist dessen Güte (§. 27 bis 32) und Menge (§. 92 bis 95), seine Höhenlage zur Wiese und namentlich zu beachten, ob eine und welche Stauvorrichtung (§. 113 bis 124) zu dessen Hebung nöthig und möglich ist, d. h. ob dieselbe oberhalb liegenden Ländereien oder Mühlen schädlich werden kann oder nicht. Stellt sich ein nachtheiliger Rückstau heraus, so prüft man, ob entbehrliches und wie viel Wasser etwa oberhalb der Wasserwerke entnommen werden kann, nach dem Grundsatz, das Wasser möglichst dort zu entnehmen, wo es noch hoch liegt, anstatt es aus tiefer Lage durch künstlichen Stau in die Höhe zu pressen und so den umgebenden Boden zu durchfeuchten und zu erkälten.

Zuweilen kann auch eine Vermehrung des Wassers durch Vereinigung zweier oder mehr Wasserläufe ermöglicht werden. Auch gehört hierher die Erbohrung artesischer Brunnen, wie deren für den Zweck der Wiesensbewässerung in neuerer Zeit mehrfach in der Umgegend von Homburg (Rheinbayern) mit gutem Erfolg hergestellt wurden.

Endlich ist zu untersuchen, ob die Zuleitung und Entwässerung auf eignem oder fremdem Besitz erfolgen müßte und wodurch letzteres gesetzlich ermöglicht oder etwa unschädlich umgangen werden kann.

Zur ersten Orientirung über alle diese grundlegenden Momente genügt §. 161. in vielen Fällen ein geübtes Augenmaß; man beachte die Beschaffenheit der Rasennarbe, der Krume, z. B. an Maulwurfschaufen, welche die trockenen Stellen, und wo sie fehlen, häufig Grundwasser anzeigen, die Richtung und Geschwindigkeit natürlicher Wasserläufe und künstlicher Canäle. In Zweifelfällen oder wo, wie in flachen Gegenden und ausgedehnten Wiesengründen, Täuschungen zu befürchten sind, ist besonders die Möglichkeit der Entsumpfung und unschädlicher Wiederableitung des Nieselwassers zu erwägen.

Bei mittlerem Gefälle der Fläche wird diese anfängliche Orientirung durch das Abstecken von Horizontalinien (§. 88 und 90) erleichtert; bei geringem Gefälle nimmt man besser Längen- und die nöthige Zahl von Duerprofilen auf, die man auf denselben Horizont reducirt in absoluten Zahlen auf die Karte der Wiese einträgt.

Bei größeren, amtlich zu prüfenden Anlagen ist ein Anschluß an das Präcisionsnivelement zu suchen und sind hiernach die Höhengoten zu berechnen. Vergl. den Anhang.

Aus der Festlegung einer genügenden Zahl nivellirter Punkte läßt sich die Richtung der Zuleitung (§. 117) und der Ableitung (§. 122

bis 125) des Wassers auf der Karte bestimmen und auf die Wiese übertragen. Hieraus folgt, ob und wo das Wasser höher oder tiefer als die ganze Wiese oder als ein größerer oder geringerer Theil derselben liegt.

Fließt das verwendbare Wasser tiefer als die ganze Wiese und kann es nicht durch einfache Vorrichtungen gehoben werden, so wird unter entsprechenden Verhältnissen nur eine Bewässerung durch Anstauung (§. 140 und 141) in Betracht kommen und eine Ueberrieselung etwa nur durch künstliche Wasserhebung (Schöpfträder, Pumpen¹⁾) oder einen kostspieligen Abtrag der ganzen Wiese möglich zu machen sein. Liegt es dagegen nur tiefer als einzelne Wiesentheile, so können diese auch wohl von der Ueberrieselung ausgeschlossen bleiben, oder etwa durch Anstauung bewässert, auch bei nicht zu großer Fläche abgetragen werden.

Selbstverständlich ist man um so weniger in der Anlage von Wässerungswiesen behindert, je höher das Wasser über der Wiese liegt.

Besondere Beachtung erfordern die oft sehr verschiedenen Bodenarten und der Untergrund im Sinne ihres physikalischen Verhaltens, ihrer Gebundenheit und dem Grad ihrer Durchlässigkeit.

Man untersucht den Boden am besten durch Handbohrer, etwa bis zur Tiefe von 1 m, oder durch Eingraben, wobei besonders auf etwaige Verschiedenheit und Stärke der Schichten, ihren Thon-, Lehm-, Sand- und Mergelgehalt zu achten ist (§. 17 bis 19). — Siehe die Taxationslehre des Verfassers. Braunschweig 1898.

a) Die Wahl und Einrichtung der Ueberrieselungsmethode.

§. 162. Dieselbe hängt wesentlich von dem Gefälle der Fläche, von dem Boden, der Wassermenge, Größe und Form der Wiese und außerdem von persönlichen Verhältnissen der Besitzer und Nutznießer ab (§. 142 bis 158).

Die Richtung des Hauptgefälles bestimmt, je nachdem es ein Längs- oder Breiten- oder ein Diagonalgefälle ist (§. 87), in erster Linie die Lage der für das ganze Terrain etwa nöthigen Entwässerungs- und der Ableitungsrinnen für das Rieselwasser.

Eine zweckmäßige und zugleich billige Anlage wird dadurch gewährleistet, daß aller zu umgehende Abtrag und Auftrag von Erde vermieden und die Anlage der natürlichen Bodengestaltung thunlichst angeschmiegt wird.

Es ist dies am vollständigsten gewährleistet, wenn die geneigten Bertheilgräben des Hangbaues und die Riesel- und Ableitungsrinnen des Rückenbaues mit dem mittleren Hauptgefälle im Allgemeinen zusammenfallen, oder, was dasselbe ist, wenn die Rieselrinnen des Hangbaues dasselbe rechtwinklig durchschneiden.

Denn die Größe des gegebenen Hauptgefälles bestimmt ja die Art des Baues, ob Hang- oder Rückenbau zweckmäßig und nöthig sind.

¹⁾ Vergl. Dünkelberg-Fries, S. 452 u. f.

Boden und Wassermenge (§. 92 bis 95) sind weitere technische Anhaltspunkte, um die Nützlichkeit des natürlichen oder künstlichen Baues zu beurtheilen.

Die Gestalt und Größe parcellirter Wiesen beschränkt häufig die in §. 162 begründete, als leitenden Grundsatz für Einrichtung billiger und rationeller Anlagen festzuhaltende Richtung der Hang- und Rückengrübchen, wenn die Zahl und Lage der Parzellen nicht der Technik des Wiesenbaues entsprechend abgeändert werden kann.

Bei Zusammenlegung und Consolidation der Grundstücke liegt dies aber immer in der Hand des ausführenden Landmessers und die Nichtbefolgung obiger Regel erschwert leider noch allzu häufig die Ausführung rationeller and möglichst billiger Anlagen. Es ist dies ein Beweis, daß die Grundbegriffe des Wiesenbaues nicht mit vollem Verständniß erfaßt und beachtet sind.

b) Gewannen- und Parcellentheilung.

Bei der Regulirung und Zusammenlegung parcellirter Wiesen, womit §. 163. nothwendig eine Vermessung und, bei Vorhandensein von Wasser, auch die Neuanlage einer Bewässerung verbunden ist, kann die letztere sehr vereinfacht und um so billiger und rationeller werden, je mehr Landmesser und Wiesenbautechniker sich gegenseitig verständigen, oder noch besser, wenn beide Fächer in derselben tüchtig geschulten Person vereinigt sind.

Die Begrenzung der einzelnen Wiesenantheile der Gutsbesitzer wird durch Gewannen g (Fig. 50 und 51) und Parcellenlinien p gebildet¹⁾.

Beide werden häufig durch in den Rasen eingeschnittene Gräben und Rinnen bezeichnet und dann als solche ausgesteint.

Es liegt daher nahe, dieselben auch zugleich als Bewässerungs- und Entwässerungsgräben zu benutzen, und es ist nichts dagegen zu erinnern, wenn sie mit steter Rücksicht auf die Richtung des Hauptgefälles der Wiese angelegt und dadurch der Ausführung der Ent- und Bewässerung kein entschiedener Zwang angethan wird.

Bei künstlichen Anlagen und umsichtiger Legung der Gewannen und Parzellen ist dies weniger zu befürchten, weil die dabei vorkommende Planung durch Ab- und Auftrag etwaige Schwierigkeiten leichter umgehen läßt.

Bei natürlichen Anlagen bringt es indeß die Bodengestaltung häufig mit sich, daß eine Benutzung der Parzellen- und Gewannengrenzen als Gräben für die Zwecke der Bewässerung und namentlich auf den letzteren nicht überall leicht und billig durchgeführt werden kann.

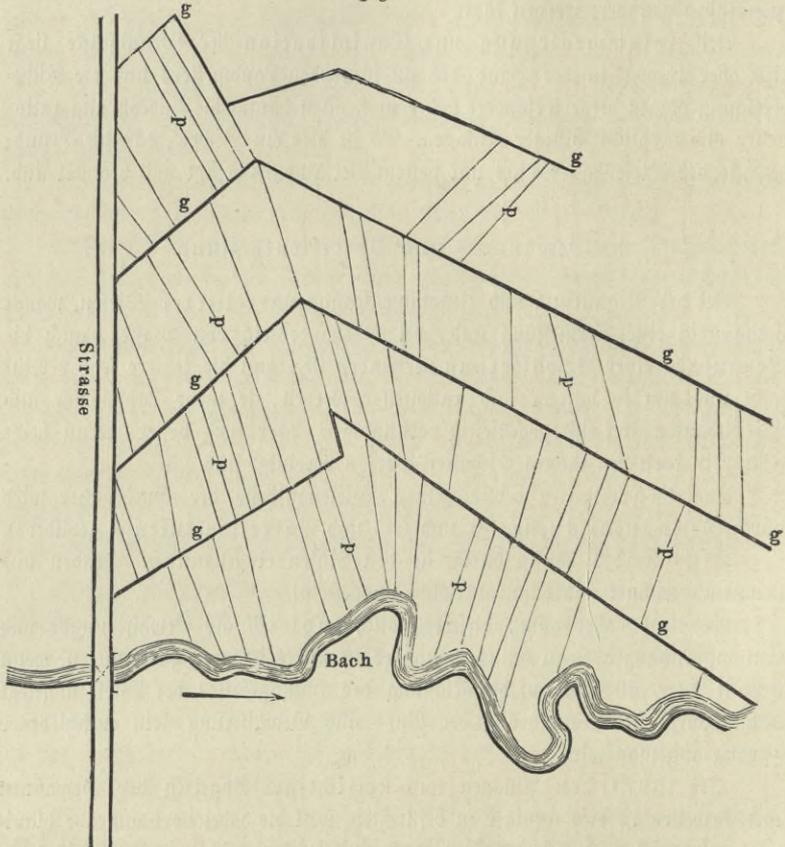
In diesem Falle sollten die Zwecke der Bewässerung und Entwässerung den Ausschlag für die Richtung der dafür erforderlichen

¹⁾ Fig. 50 stellt die Gewannen und Parzellen der nämlichen Wiesenabtheilung vor der Consolidation und Fig. 51 nach derselben dar.

Gräben geben und die Parcellengrenzen getrennt hiervon behandelt werden.

Würde ein Anderes von den Wiesenbesitzern verlangt und von dem Landmesser projectirt, so sollte ein tüchtiger Wiesenbautechniker die Ausführung lieber ablehnen, die ihm keine Ehre bringen kann, weil sie für die Besitzer kostspielig und für deren Wiesen unvortheilhaft ausfallen muß.

Fig. 50.



§. 164. Die Größe der Gewannen in parcellirten Wiesen ist selbstverständlich je nach der Größe der Parzellen eine sehr wechselnde.

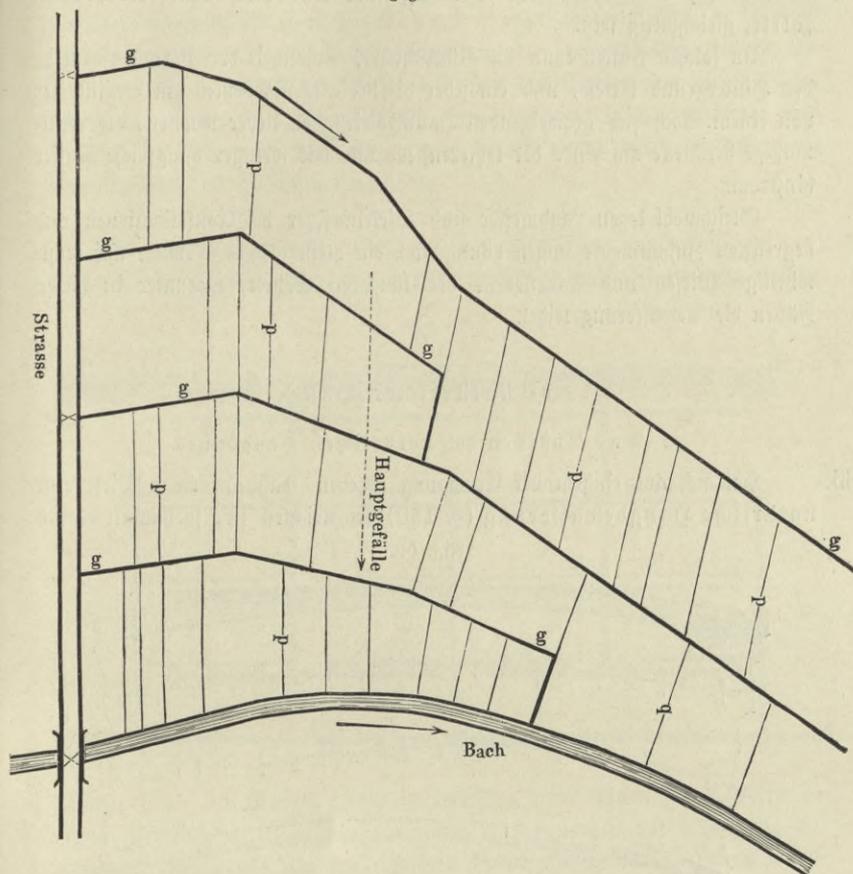
Da diese in allen Fällen durch die Eigenthumsverhältnisse bestimmt ist, so wird die Gewannenbildung hauptsächlich von der Parcellengröße, außerdem auch von der Gestaltung der Oberfläche und der Güte des Bodens bedingt.

Dies berührt indeß weniger die Länge der Gewanne, als vielmehr ihre Breite, welche bei kleinen Parzellen, namentlich bei Hangbau, ein gewisses Maß nicht übersteigen darf, wenn viele Wiesenparzellen nicht zu schmal und dadurch für Anlage und Behandlung der Bewässerung unbequem werden sollen.

Auch die Rücksicht auf die Bewässerung beschränkt die Gewannenbreite, wenn allein die Gewannengrenzen als Hauptzuleitungs- oder Entwässerungsgräben benutzt werden sollten.

Bei den Wiesenconsolidationen ist in Nassau ein Parzellenminimum von 6,25 a oder 625 qm vorgeschrieben. Wird nun die Gewannenbreite oder Parzellenlänge zu 40 m angenommen, so muß die Breite der

Fig. 51.



Parzellen 15,613 m sein. Ist die Gewannenbreite 50 m, so ist die Parzellenbreite des Minimums 12,5 m.

Kommen nur größere und große Parzellen in einer Gewanne vor, so ist man in der Breite der letzteren nicht durch die Bewässerungsanlage beschränkt, da diese vor Allem bei Wiesenanlagen ins Auge zu fassen ist und der Techniker nach Erforderniß auch die Gewannen durch quer hindurchziehende Zuleitungsgräben in zwei und mehr Abtheilungen trennen darf.

Die (begrenzte) Form der Wiesenparzellen kann insoweit eine beliebige sein, als hierbei nur auf regelmäßige, leicht bewässerbare Figuren gesehen

werden muß, ohne daß aber auf die Parallelität von je zwei oder vier Seiten so sehr, wie bei den Ackerländereien (mit Rücksicht auf Erleichterung des Pflügens) zu achten ist.

Ob eine Wiesenparcette ein Dreieck oder ein Trapez bildet und ob solche an der einen Gewannengrenze schmaler oder breiter als an der anderen gemacht wird, kann dem Wiesenbesitzer im Sinne einer richtig ausgeführten Bewässerungsanlage, wonach ja stets die Lage der Parcette bemessen werden sollte, gleichgültig sein.

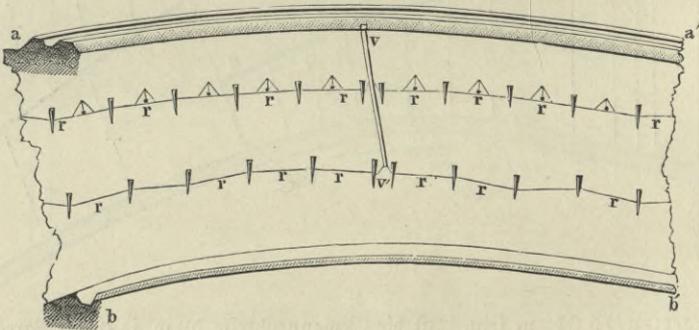
In solchen Fällen kann die Rücksicht auf Schönheit der Parcellenform in den Hintergrund treten, und ein jeder die dreieckigen Formen am Beginn der von einem Bach sich abzweigenden Hauptzuleitungen lieber nehmen, als regelmäßige Rechtecke am Ende der letzteren, wo nur das weniger dungreiche Wasser hinströmt.

Gleichwohl legen Landmesser und Wiesenbesitzer bei Consolidationen und begrenzten Zusammenlegungen häufig noch ein allzu großes Gewicht auf rechtwinklige Wiesen und Parallelität der längeren Seiten, worunter in vielen Fällen die Bewässerung leidet.

c) Natürlicher Bau.

α. Das Abstecken des natürlichen Hangbaues.

§. 165. Hat sich aus eingehender Erwägung ergeben, daß auf einer Wiese eine natürliche Hangbewässerung (§. 150) einzurichten ist, so handelt es sich Fig. 52.



um das Abstecken der erforderlichen Gräben (§. 117 bis 125); zuerst des Hauptzuleitungskanal (Fig. 52 aa') und des Ableitungskanal (bb'), wenn dieser nicht schon in einem Bache oder sonstigen natürlichen Wasserlauf gegeben sein sollte.

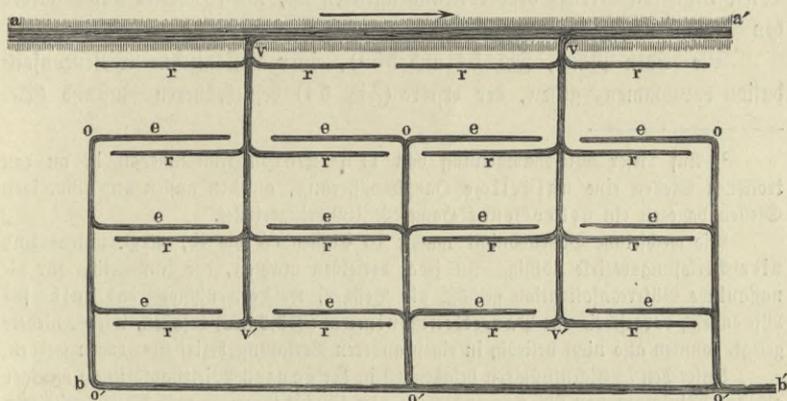
Es kommen indeß nicht bei einer jeden Anlage alle früher beschriebenen Gräben vor. Keinem einzigen größeren Hangbau darf aber der Vertheilungskanal vv' fehlen, der an die Zuleitung anschließend in dem Hauptgefälle der Wiese abgesteckt wird (§. 120).

An diesen Graben schließen sich beiderseits die Rieselrinnen *rr* an, deren Lage unmittelbar auf der Wiese mittelst der Setz- oder Lothwage und mit Berücksichtigung der Grundsätze in §. 121 bestimmt wird.

Man beginnt an dem Vertheilgraben, bezeichnet den Anfangspunkt mit einem Pfählchen, sucht den zweiten, dritten, vierten, *n*ten gleich hoch liegenden Punkt, die man sämmtlich mit Pfählchen markirt, und findet so die untere Uferkante jeder Rieselrinne, die sich in verschiedenen Winkeln den Unebenheiten des Terrains anschließt (s. o. Fig. 29) und nur auf ebenen Wiesen in längeren geraden Linien verläuft. Ist diese Linie an einer den Pfählchen entlang gespannten Schnur mittelst des Wiesenbeils oder des Stechspatens in den Nasen eingeschnitten (*tracirt*), so wird die obere Uferkante in der nöthigen Entfernung (§. 121) nach dem Augenmaße bemessen und durch Ausheben des Nasenstreifens das Gräbchen hergestellt.

Bei reichlichem Wasserzufluß auf mit Eisensalzen getränktem und mit sauren Gräsern bestandnem oder zur Verjumpfung und Erkaltung neigendem §. 166.

Fig. 53.



Boden, sowie bei ziemlich gerade verlaufenden Rieselrinnen ist es öfters angezeigt, oberhalb der letzteren besondere Entwässerungsrinnen *eee*, Fig. 53, anzulegen, welche das von den einzelnen kleinen Hangabtheilungen ablaufende Rieselwasser abführen und es ermöglichen, jeder der letzteren nur frisches Wasser zuzuführen. Die Entwässerungsgräben *oo'* entsprechen hierbei den Vertheilgräben *vv'*, mit dem Unterschiede, daß diese das Wasser der Wiese zuführen, was jene sammeln, um es abzuleiten.

Bei stärkerem Hauptgefälle der Hangtafeln und leichterem Boden ist diese Einrichtung nicht anwendbar, weil hierbei tiefere Entwässerungsrinnen leicht einstürzen.

Bei der Anlage eines natürlichen Hangbaues genügt ein Hauptzuleitungsgraben für eine Fläche von 60 bis 100 m Breite.

Bei breiteren Wiesen müssen mehrere solcher Gräben in der angegebenen Entfernung unter einander liegen und womöglich an den Bach wiederholt anschließen, um den von ihnen beherrschten Wiesenabtheilungen aufs Neue frisches Wasser zuzuführen.

§. 167. Eine der Wirklichkeit entnommene Einrichtung dieser Art, wobei zugleich die Gewannengräben als Haupt-*Zu-* oder Ableitungen und die Parcellengrenzgräben als Vertheil- und Entwässerungsgräben dienen, ist in dem beifolgenden Plane, Fig. 55, gezeichnet. Derselbe kann hinsichtlich des dem Terrain un- sichtlich angeschmiegtten Grabennezes als Muster dienen.

Besonders ist hierbei auf die Entwässerung der unteren versumpften Wiesentheile zu verweisen, zu welchem Zweck die Parcellengräbchen *pp* ins stärkste Gefälle gelegt, und ein Theil der Gewannengräben *gg* parallel mit den erhöhten Hauptzuleitungen *zz* in den Boden eingeschnitten und bis zur Sohle mit Rasen belegt sind. Da diese Entwässerungen quer zum Hauptgefälle liegen, so nehmen sie das aus dem Hügel in der Tiefe ihrer Sohle hervor- dringende Wasser auf und führen es seitwärts in einen im Hauptgefälle der Wiese liegenden Grenz- oder Gewannengraben ab, um es weiter unten wieder den Bewässerungsgräben zuzuführen.

Die beiden Pläne, Fig. 54 und 55 ¹⁾, einer nassauischen Wiesenconsoli- dation entnommen, geben, der erstere (Fig. 54) den früheren Zustand (Be-

¹⁾ Auf dieser Wiesenabtheilung von 11 ha 275 qm Flächengehalt ist an den trockenen Stellen eine natürliche Hangbewässerung, an den nassen und sumpfigen Stellen dagegen ein gebrochener Hang (§. 180) eingerichtet.

Die wechselnde Bodenbonität machte 10 Classen (A bis K, vergl. unten) und vier Verlosungsbezirke nöthig. In jeder derselben mußten, der Instruction für die nassauische Güterconsolidation gemäß, die Besitzer, welche wenigstens das halbe für Wiesenbesitz vorgeschriebene Parcellenminimum (312,5 qm) besaßen, wieder nieder- gelegt, konnten also nicht beliebig in einen anderen Verlosungsbezirk übertragen werden.

Unter den 78 Eigenthümern besaßen 19 in der ganzen Wiesenabtheilung weniger als das Minimum von 625 qm und zwar von 150 bis 600 qm, und 59 Eigenthümer von 625 bis 6750 qm.

Demgemäß ist die kleinste Parcellen zu 150 qm, die größte in allen Verlosungs- bezirken nur zu 2775 qm und die mittlere Größe zu 750 qm niedergemessen worden und konnte die Parcellenzahl nur um ein Viertel vermindert werden. Nichtsdesto- weniger hat der Werth des Grundeigenthums durch regelrechte Anlagen der Ge- wannen und Gräben für Be- und Entwässerung bedeutend und ungefähr, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht, zugenommen:

Pro Quadratruthe (25 qm)

	Vor der Consolidation		Nach derselben	
Classe A eingeschätzt zu	5 Mf.	14 Pf.	6 Mf.	86 Pf.
„ B	4	29	6	43
„ C	3	43	5	71
„ D	2	57	5	14
„ E	2	29	4	57

Fig. 54.

DORFWIESE.

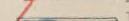
Gemarkung Hinterkirchen.

Maasstab 1:2200.

Gewannen- und Parzellenlage vor der Consolidation mit der für diese erfolgten Boden-Einschätzung.

Klasse A bis K.

Erläuterung.

-  Bewässerungsgraben.
 -  Entwässerungsgraben.
 -  Eigenthum des F. Mies.
 -  Eigenthum des C. Müller.
- Anzahl der Eigenthümer 78.
Anzahl der Parzellen 209.



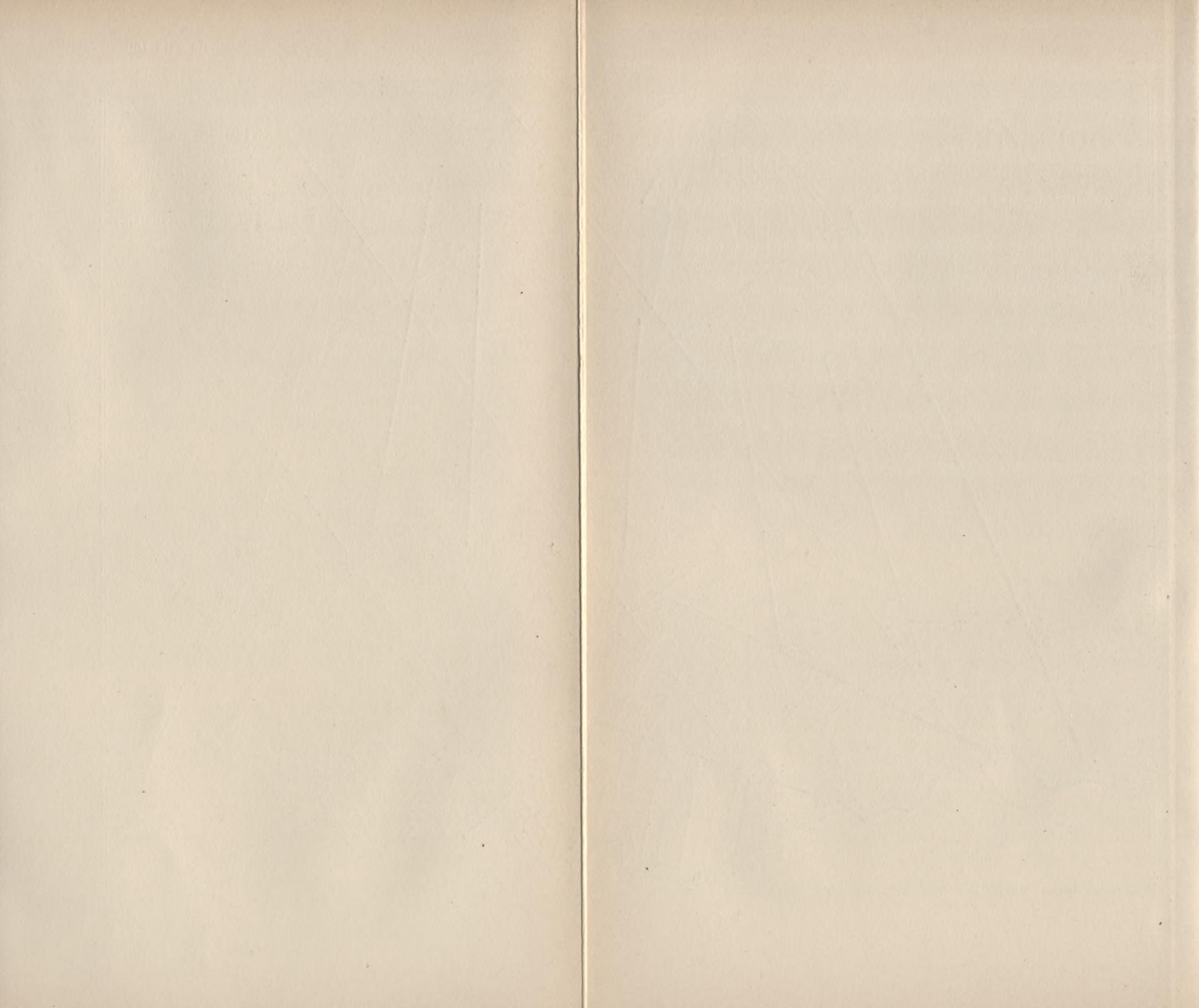


Fig. 55.

DORFWIESE.

Gemarkung Hinterkirchen.

Maassstab 1 : 2200.

Regulirt u. consolidirt von Dr. Klaas. 18⁶⁴/₆₅.

Gewannen- und Parzellenlage nach der Consolidation mit Horizontalcurven v. 1/2 Meter Höhenabstand.

Erläuterung.

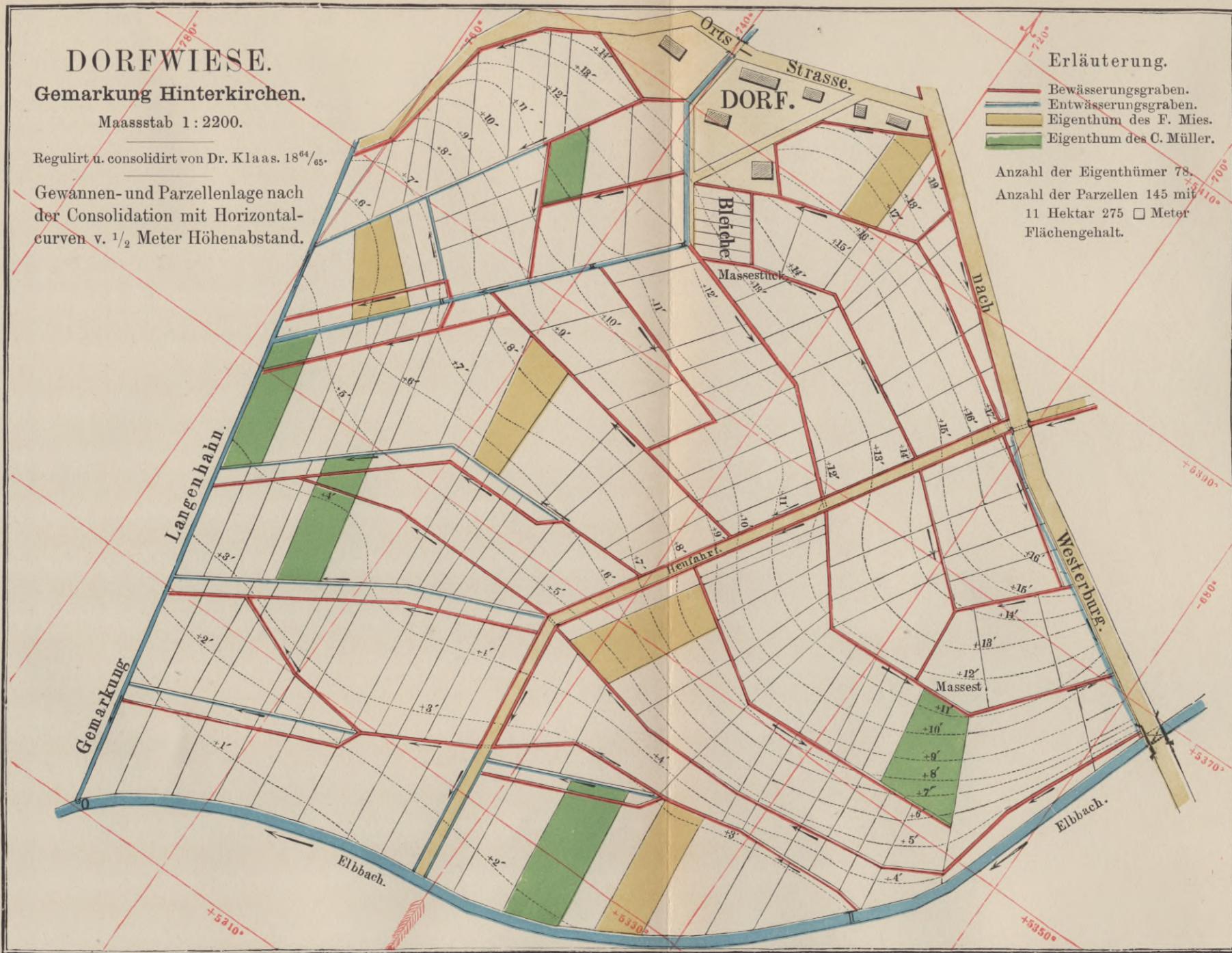
- Bewässerungsgraben.
- Entwässerungsgraben.
- Eigenthum des F. Mies.
- Eigenthum des C. Müller.

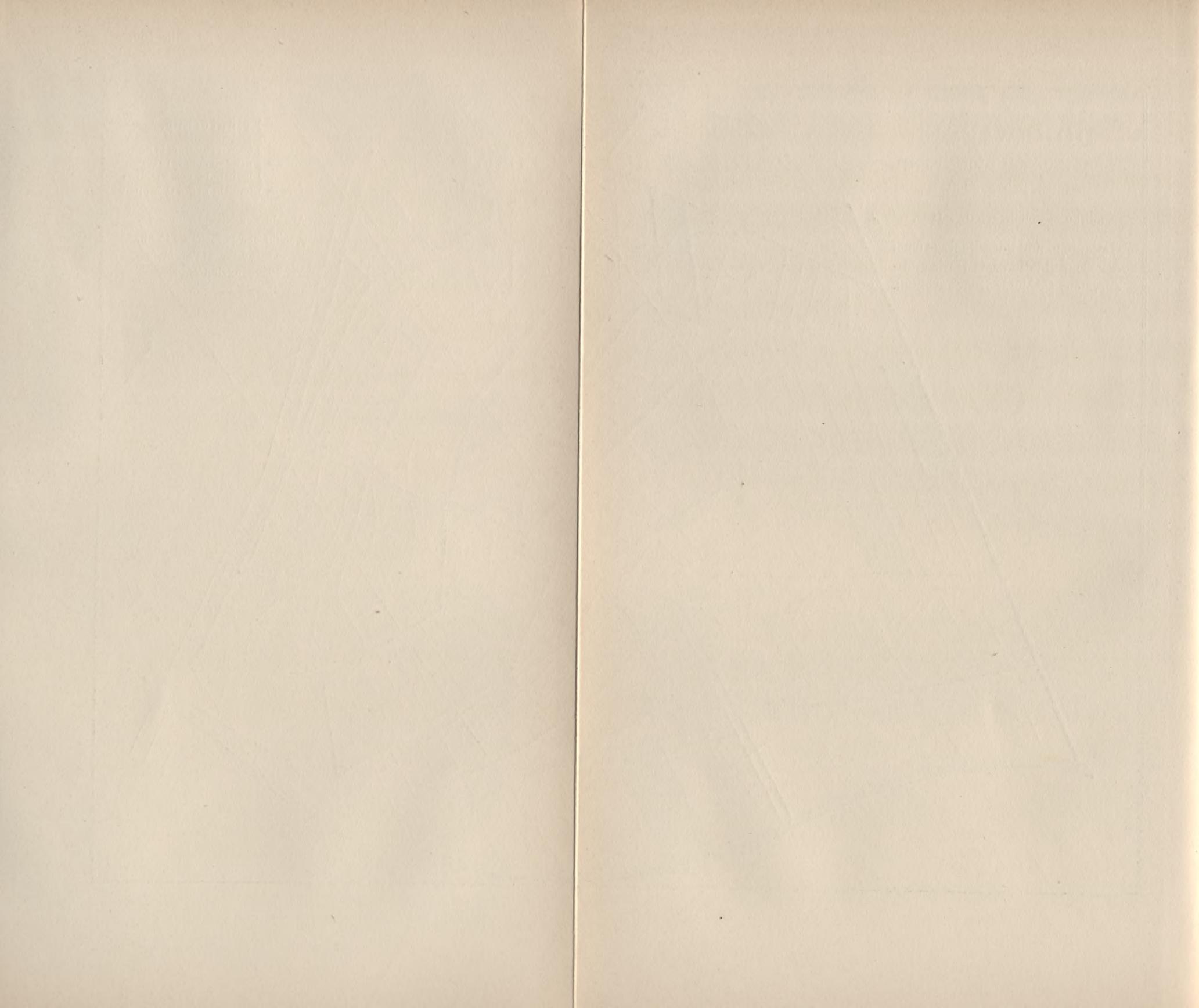
Anzahl der Eigenthümer 78.

Anzahl der Parzellen 145 mit

11 Hektar 275 □ Meter

Flächengehalt.





wässerung, Gewannen- und Parcellenanlagen), der letztere (Fig. 55) die erfolgte Regelung der Gewannen und neue Zuthellung der Parcellen nebst rationaler Ueberrieselung und Entwässerung des größtentheils sumpfigen Terrains an und mögen als ein Abbild dieser durchgreifenden Melioration dienen, wie sie von rationellen, im Wiesenbau tüchtigen Landmessern als natürlicher Hangbau und selbst in schwierigen Parcellarverhältnissen nach den Grundsätzen der §§. 164 und 165 immer durchgearbeitet werden sollte.

β. Das Abstecken des natürlichen Rückenbaues.

Macht das Gefälle der Wiese anstatt des Hangbaues den natürlichen Rückenbau nötig (§. 152), so müssen vor der Ausführung folgende Punkte festgestellt werden:

1. die Richtung der Rücken;
2. die Länge und Breite derselben und
3. die Lage des wagerechten Vertheilgrabens.

Die Richtung der Rücken schließt sich grundsätzlich am zweckmäßigsten dem Hauptgefälle der Wiese an, obgleich dies nicht immer an allen Stellen streng durchzuführen ist und Abweichungen bei geringem Hauptgefälle zulässig sind, damit die Rücken einigermaßen regelmäßig angelegt werden können.

Die Länge der einzelnen Rücken oder Etagen ergibt sich aus der Größe des Gefälles und dem zum Aufdämmen der Rieselrinnen erforderlichen und vorhandenen Material an Rasen und Erde. Je geringer das Gefälle ist, um so niedriger werden die Rücken, um so weniger Material ist nötig und um so länger können die schmalen Rücken gemacht werden.

Umgekehrt müssen solche um so kürzer gemacht, oder um so öfter abgesetzt und in Etagen fortgeführt werden, je größer das Gefälle in der Richtung der etwas breiteren Rücken ist (vergl. §. 152 und Fig. 46).

Beträgt das letztere z. B. 2 Proc. und man wollte den Rücken 60 m lang machen, so müßte dessen Siebel 1,2 m und in der Mitte seiner Längsrichtung 0,6 m hoch aufgedämmt werden, wozu das Material gar nicht oder doch nur mit großen Kosten zu beschaffen wäre; vertheilt man aber das Gefälle auf vier Absätze (Etagen), so beträgt die Erhöhung beziehungsweise der Abfall eines jeden Siebels bis zum Ableitungsgraben nur 0,3 m.

		Pro Quadratruthe (25 qm)	
		Vor der Consolidation	Nach derselben
Classe F	eingejährt zu 1 Mk. 71 Pf.		4 Mk. — Pf.
"	G " " 1 " 14 "		3 " 71 "
"	H " " " 57 "		3 " 43 "
"	I " " " 29 "		2 " 86 "
"	K " " " 15 "		1 " 71 "

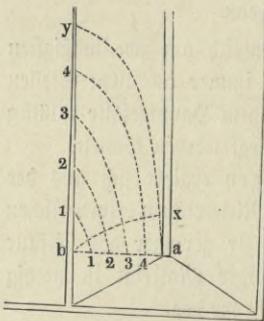
Es folgt hieraus, wie es auch nicht anders sein kann, daß die Besitzer der geringsten Classen, besonders durch geregelte Entwässerung, aber auch durch die neu eingerichtete Bewässerung relativ am meisten gewonnen haben.

Wäre das Hauptgefälle nur 1 Proc., so würde der Giebel eines Rückens von 60 m Länge nur 0,6 m hoch werden und man reichte mit zwei Etagen von je 0,3 m Höhe aus, wenn das Material für einen Rückendamm von 0,6 m Höhe am Giebel nicht wohl zu beschaffen sein sollte.

§. 169. Die Breite natürlicher Etagenrücken ist gleichfalls vom Gefälle bedingt. Je größer dieses innerhalb der oben (in §. 155) gegebenen Grenze ist, um so bedeutender wird die Aufdämmung und um so breiter können, unbeschadet einer zweckentsprechenden Ueberrieselung, die Rücken gemacht werden, die alsdann wie zwei aneinanderstoßende Gangtafeln behandelt, mit den nöthigen Gräben versehen und demgemäß bewässert werden (§. 157).

Im entgegengesetzten Falle muß durch schmale Rücken das Gefälle relativ vermehrt werden. Beträgt die mittlere Höhe eines Rückens 30 cm auf eine

Fig. 56.



Breite von 6 m für jede Seite, so würde sein relatives Gefälle 1 : 20 oder 5 Proc. sein, wenn der von der Bewässerungsrinne ausströmende Wasserfaden rechtwinklig auf jene nach der Entwässerungsrinne (von a nach b , Fig. 56) abwärts flöÙe. In der Richtung derselben von y nach b liegen aber nach obiger Annahme 2 Proc. Fall, wodurch die Rückenseiten zu einer windschiefen Fläche werden, über welche das Wasser diagonal in einer Schraubentlinie von x nach b fließt; denn von b nach y liegen auf 15 m eben-

sowohl 30 cm Fall, als von a nach b auf 6 m, oder y liegt mit a in gleicher Höhe. Bezeichnet man die Horizontalcurven auf der windschiefen Rückenseite mit 1 1, 2 2, 3 3, 4 4, so liegt die Bahn aller Wasserfäden stets normal darauf, und ein Wasserfaden findet das stärkste Gefälle zwischen x und b und nicht zwischen a und b . — Hieraus folgt, daß der Rückenbau das Gefälle der Fläche in doppelter Hinsicht ausnutzen läßt.

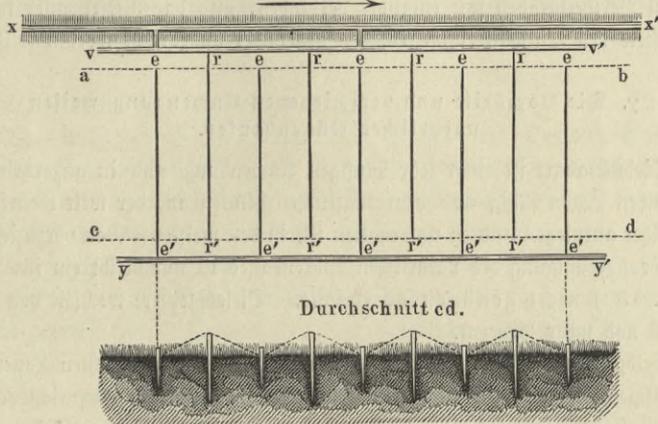
§. 170. Der wagerechte Bertheilgraben vv' , Fig. 57, welcher den einzelnen Rücken Wasser liefert, zieht stets am Damme des Hauptzuleitungsgrabens hin, aus welchem der Bertheilgraben gefüllt wird, einerlei, ob die Rieselrinnen der Rücken im rechten oder spitzen Winkel auf die Zuleitung xx' treffen.

Die Länge der Rücken oder ihrer einzelnen Etagen wird meist 25 bis 30 m nicht überschreiten, und die Gesamtbreite von Mitte zu Mitte der Ableitungsrinnen wechselt von etwa 7,5 bis 12,5 m, die Breite jeder Rückenseite also von 3,75 bis 6,25 m, wovon alle Breiten der Riesel- und Entwässerungsrinnen in Abzug zu bringen sind.

Die Rieselrinnen auf den Firsten der Rücken sind im Beginn 18 bis 24 cm, am Rückengiebel 12 bis 15 cm breit; die Ableitungsrinnen beginnen mit etwa 15 bis 18 cm und endigen mit 24 bis 30 cm Breite.

Die Wasserführung der im mittleren Verlaufe 15 bis 20 cm breiten Rieselrinnen beträgt nach Kutter bei einer Wassertiefe von 20 cm und einem Spiegelgefälle von 0,2:1000 je nach ihrer Reinhaltung 6 bis 8 Liter pro Secunde, oder in 24 Stunden 581 bis 691 cbm, was einer täglichen Stau-

Fig. 57.



höhe von 5 bis 7 cm oder der italienischen (anfeuchtenden) wöchentlichen Bewässerung (6 cm Stauhöhe pro Hektar) entspricht (§. 93).

Zur düngenden Bewässerung bedarf man aber nach §. 94, gutes Wasser vorausgesetzt, einer Stauhöhe von 24 cm, oder einer viertägigen Bewässerung für jedes Hektar.

Bei dem Abstecken des Rückenbaues visirt man rechtwinklig auf die Richtung der Rieselrinnen zwei gerade Linien ab und cd (Fig. 57) ein, 1,2 bis 1,8 m von dem Bertheilgraben vv' und ebensoviel von dem Entwässerungsgraben yy' (der auch wegbleiben kann, wenn man die Rücken in Stagen führen will) entfernt, und bezeichnet darauf die passende ganze Breite der Rücken, oder die Entfernung der Entwässerungsrinnen ee' und die zwischen denselben liegenden Rieselrinnen rr' durch Pfähle. §. 171.

Man richtet hierauf die Pfahlköpfe auf der Firste der Rücken, vom Bertheilgraben als Nullpunkt ausgehend, wagerecht ein und verwendet allen aus sämtlichen Gräbchen sich ergebenden Rasen und Erdauswurf zur Formirung der Rücken.

Dieser schmale natürliche Rückenbau ergibt relativ wenig Erde und Rasen aus den kleinen Gräbchen. Um dieselbe aber nach Möglichkeit in der Nähe zu gewinnen, kann man die Entwässerungsrinne so tief, als es ohne die Gefahr des Einstürzens möglich ist und als es das Hauptgefälle der Fläche zuläßt, mit beinahe wagerechter Sohle ausheben.

Ist auch auf diese Weise in den ersten Jahren keine gleichmäßige Abdachung der Rücken zu erzielen, so wird dieselbe doch mit Hilfe des später

erfolgenden Grabenausraumes allmählich verbessert, wie dies in §. 152, Fig. 45, angedeutet ist. — Bei breiteren Rücken kann man auch die Ableitungsgräben rechts und links tiefer machen und durch flache Böschungen mehr Erde zum Aufdämmen der Rücken erhalten.

Zu bemerken ist noch, daß die Einlaßgräbchen, welche den Hauptzuleitungs- und den Vertheilgraben mit einander verbinden, also das Nieselwasser in diese leiten, stets den Entwässerungsgräbchen gegenüber angebracht werden sollten.

γ. Die Vortheile und verschiedenen Anwendungsweisen
natürlicher Rückenbauten.

§. 172. Diese Bauart ist einer sehr häufigen Anwendung und in außerordentlich wechselnden Lagen fähig und dem künstlichen Rückenbau, der weit theurer und schwieriger anzulegen und zu unterhalten ist, in den meisten Fällen vorzuziehen¹⁾.

Grundbedingung des natürlichen Rückenbaues ist und bleibt ein für Hangbau (§. 150) nicht genügendes Gefälle. Dieses letztere wechselt von 2 bis 4 bis 6 und mehr Procent.

Selbst wenn 4 Proc. Gefälle vorliegen, kann es in feuchten Lagen auf eisenhaltigem Boden bedenklich sein, eine Hangbewässerung einzurichten. In diesem Falle geht man weit sicherer, wenn man natürliche Rücken durch Aufdämmen baut, obgleich die einzelnen Rückenstagen, des selten leicht zu befriedigenden großen Erdbedarfs wegen, nur kurz gemacht und nicht sogleich in der bei diesem Gefälle erreichbaren vollen Höhe aufgedämmt werden können.

Wählt man dagegen den breiten Rückenstagenbau (§. 153), so kann ein Rücken so lang gemacht werden, als es die Vertlichkeit (das Gefälle) und die Begrenzung der Wiese nur immer erlauben.

Dem auf der Firste eines jeden Rückens wird anstatt einer einfachen Nieselrinne ein entsprechend großer Transportirgraben eingerichtet, welcher genügende Wassermengen bis zum Rückengebel hinführt, die leicht und vollständig aus den beiderseits der Zuleitung liegenden Nieselrinnen gleichzeitig über die ganze Fläche oder einzelne Abtheilungen derselben vertheilt werden können (§. 157 bis 158 und Fig. 49).

Die Breite solcher Rücken ist zwar beschränkter als ihre Länge, kann aber immer bei genügendem Gefälle 20 bis 30 m betragen, weil beide Rückenseiten als Hangtafeln von 10 bis 15 m Breite anzusehen und zu behandeln sind (§. 153).

Eine solche Breite erleichtert das Heumachen und die Abfuhr der Ernte ungemein, gegenüber den seither üblichen von zahllosen Entwässerungsrinnen durchschnittenen schmalen Rückenbauten, und noch ein jeder Wiesenbesitzer, dem

¹⁾ Eine größere Anlage hat Verfasser u. a. auf einer Wiesenabtheilung des Prinzen Wilhelm zu Schaumburg-Lippe im Aupathal unter Ratiboritz (Böhmen) mit solchem Erfolge angelegt, daß der ungenügende Ertrag bereits im Herbst so günstig war, um eine öffentliche Grasversteigerung zu ermöglichen, da die Grummt-ernte durch die größere Heuernte für die Wirthschaft entbehrlich geworden war.

der Verfasser eine solche Anlage angerathen hat oder durchführen ließ, war mit dieser Rückenbaumethode sehr zufrieden. Denn die Kosten stehen in äußerst günstigem Verhältniß zum Erfolg und dieser ist, abgesehen von der Möglichkeit einer äußersten Gefällausnutzung, wesentlich von dem Aufdämmen der Rücken und dem hierbei erfolgenden Uebererden der Wiesen, gleichzeitig aber auch in feuchteren und sumpfigen Lagen von der mit der Rückenbildung verbundenen kräftigen Entwässerung bedingt.

Ein Beispiel wird dies klar machen.

§. 173.

Eine feuchte und aus Mangel an Gräben und Vorfluth versumpfte nassauische Domanielwiese, Fig. 58 (a. f. S.), hat Verfasser entwässert und in Stängen und Etagenrücken ausgebaut. Der vorbeisießende Bach lieferte das nöthige Kieselwasser, lag aber so hoch, daß er bei Fluthen überging und Gras und Heu verschlammte. Wie die nivellirten Horizontallinien zeigen, liegt in der Richtung nn' eine kleine Mulde, ebenso tief als der Bach, und man würde versucht gewesen sein, ein neues Bett dort auszuheben und dahin den Bach zu verlegen¹⁾.

Eine Berechnung der hierdurch entstehenden Kosten aber, die Zunahme des Gefälles in der Sohle des gestreckten Baches, und der Grundsatz, daß für die Bewässerung und Anfeuchtung der Wiese erforderliche Wasser nicht unnöthig tief zu legen, verboten dies dem Alles erwägenden Techniker.

Es wurde vielmehr auf der Linie nn' ein Hauptentwässerungsgraben mit dreifacher Böschung, der bis an die Sohle mit Rasen belegt und gemäht werden kann, und mit möglichst tief liegender Sohle abgesteckt.

Um den nach beiden Seiten bewirkten Auswurf ohne weiteren Transport zu verarbeiten, wurden rechts und links an dieser Hauptableitung entlang die Etagenrücken lm und op nebst den beiden flachgeböschten Entwässerungsgräben xy und vw angelegt, um einestheils das Sumpf- und Kieselwasser zu entfernen und anderentheils mehr Erde zum Aufdämmen der beiden Rücken in unmittelbarer Nähe derselben zu erhalten und kostspieligen Erdtransport zu ersparen.

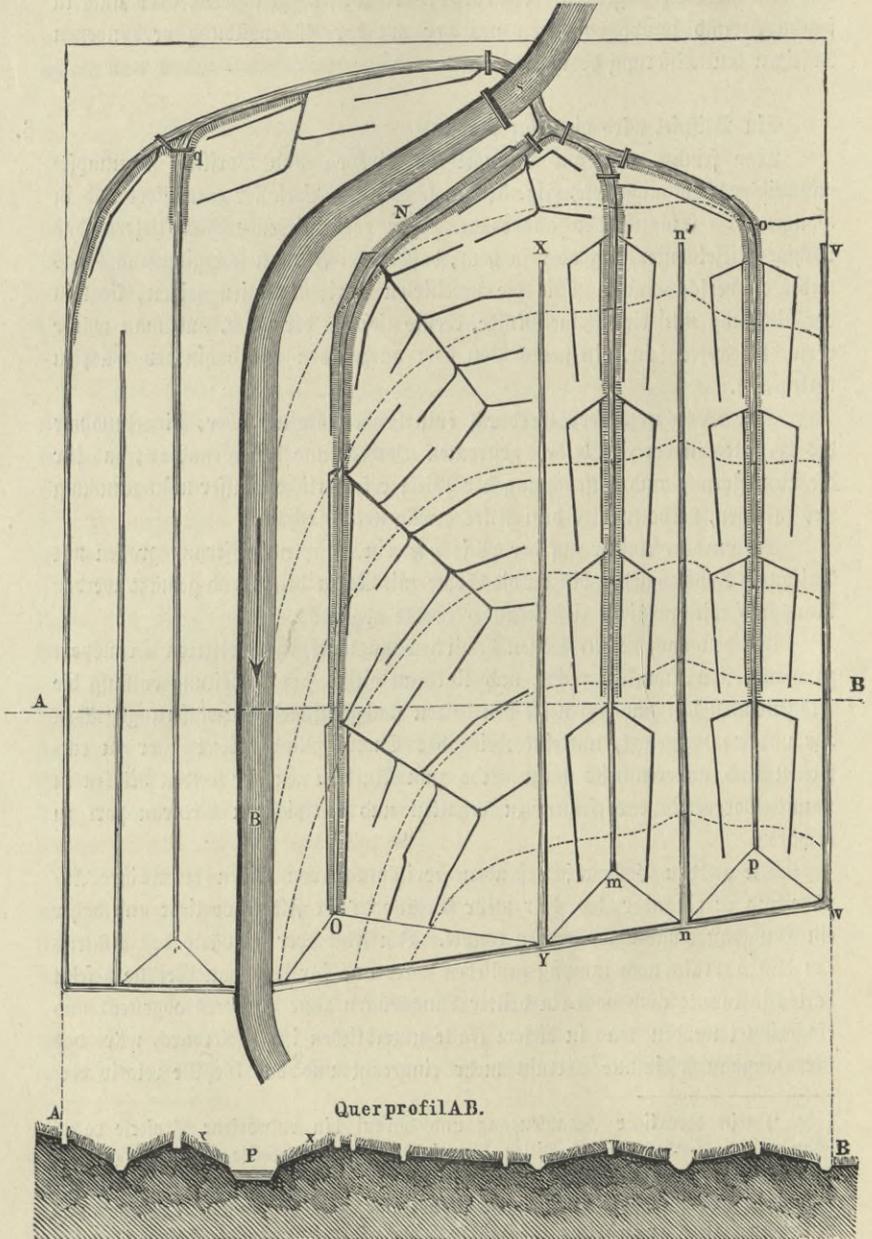
Die an den Bach anschließenden Horizontalcurven zeigen durch ihre Annäherung zu einander, daß hier mehr Gefälle in der Fläche vorliegt und daher ein Hangbau eingerichtet werden konnte. Im Fall aber seitwärts des Rückens lm das Terrain noch sumpfig geblieben wäre und für Hangbau Gefälle gefehlt hätte, so konnte auch noch ein dritter Längsrücken ohne Weiteres abgesteckt und eingerichtet werden, was in diesem Falle unterblieben ist. Hierdurch wäre das für Hangbau bestimmte Terrain mehr eingeengt und das Gefälle relativ ver-

¹⁾ Ein derartiger Gedankengang und darauf hin entworfene Projecte haben schon manchem Besitzer und vielen Gemeinden unnützer Weise Tausende gekostet. Solche Bachverlegungen sollten stets mit großer Vorsicht geprüft und nur nach genauester Erwägung der vorliegenden Verhältnisse beschlossen und durchgeführt werden, wenn eine gründliche Entwässerung nicht anders zu beschaffen ist.

größert worden. Es ließ sich dies indessen bei der vorliegenden Wiese auch noch in anderer Art erreichen.

Zur Bewässerung wurde nämlich in angemessener Entfernung am ganzen

Fig. 58.

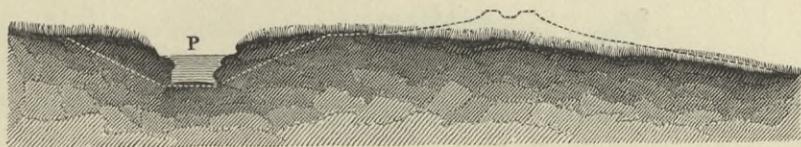


Bache entlang diesseits ein Hauptzuleitungsgraben *NO* und jenseits ein Rücken *gr* aufgedämmt, die ihr Wasser bei *s* schöpfen, wo eine Stauschleuse erbaut wurde.

Man verband damit, neben der Vermehrung des Gefälles der Hangfläche um die Höhe der Aufdämmung, den weiteren Zweck einer neuen Böschung der Bachufer und die Bildung eines Hochwasser- oder Fluthprofils *xx* im Querschnitt *AB*, um den bei starken Gewittern austretenden Bach *P* allezeit in seinen Ufern zu erhalten.

Fig. 58 und 59 zeigen diesen Zustand vor und nach dem Bau. Die zerrissenen Bachufer wurden mit zwei- bis dreifacher dicht mit Rasen belegter Böschung versehen.

Fig. 59.



Die erhaltene Erde diente zum Aufdämmen der Zuleitung, wohin sie mit der Schaufel geworfen werden konnte, und zum Erhöhen der unmittelbar an die Zuleitung anschließenden Hangtafeln.

In dieser Weise sind die Bachregulirung, die Schaffung eines Fluthprofils, die Aufdämmung einer Hauptzuleitung, die relative Vermehrung des Gefälles in der Fläche und eine theilweise Uebererdung der Hangtafel die natürliche Folge des erläuterten Projectes und seiner Ausführung.

Es bedarf keiner weiteren Auseinandersetzung, daß nur diese Art von Rückenbau, das Princip langer (und nebenbei breiter) Etagerücken es ist, welches alle diese Vortheile mit relativ sehr geringem Kostenaufwande gleichzeitig ermöglicht, und der Querschnitt unter der Fig. 58 zeigt auf den ersten Blick, daß die aufgedämmte Zuleitung am Bache entlang nichts anderes als einen Rücken mit einer schmälern und einer sehr breiten Seitenfläche darstellt, welche wie jede andere Hangtafel bewässert werden.

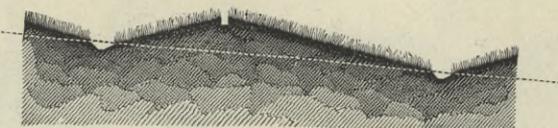
Bei dem Aufdämmen der Zuleitungen dieser natürlichen Rücken wird der Rasen insoweit geschält, als derselbe für die Formirung und Belegung der Grabenböschung und der anschließenden Flächen nöthig ist und höher als 15 cm mit Erde überdeckt werden müßte. §. 174.

Der dünn übererdete Rasen wächst durch oder kann doch wenigstens leicht und sicher angefaet werden, da der unter der Erde verrottende Rasen düngend wirkt und ein üppiges Gras bringt, selbst wenn auch aus Mangel an Rasen anfangs nicht überrieselt, sondern nur in der Weise gewässert, d. h. angefeuchtet werden kann, daß man die Zuleitung voll Wasser stellt und hierdurch die Fläche rechts und links in einem frischen, feuchten, dem Keimen der Samen und dem Wachstum des Grases günstigen Zustande erhält.

Bei dieser Art eines rationellen Rückenbaues, welcher die Länge des Rückens nicht beschränkt und es erlaubt, einen und denselben Rücken in zahlreichen und wagerechten Abstufungen (Stagen), ganz wie es das Gefälle und die vorhandene Erde nöthig und zulässig machen, und die man daher als eine Vereinigung des Rücken- und Hangbaues (oder zusammengesetzten Bau) anspricht, ist es nicht unbedingt nöthig, die Richtung der Rücken genau in das Hauptgefälle der Fläche zu legen; sie können vielmehr bei schwächerem Hauptgefälle die Horizontalen in mehr oder minder spitzen Winkeln durchschneiden.

In diesem Falle macht man, wie Fig. 60 zeigt, die eine Rückenseite etwas

Fig. 60.



schmäler als die andere, um beiden Seiten das erforderliche und selbst das gleiche relative Gefälle zu geben.

Bei solcher Einrichtung stellt die Bauart eine Verbindung des natürlichen Rückenbaues mit dem Hangbau und bei ausgedehntem Abschalen des Rasens behufs der Aufdämmung der Hauptwässerungsgräben einen Uebergang zum Kunstbau dar, der nach Umständen beschränkt oder erweitert werden kann.

d) Der Kunstbau.

§. 175. Der Entwurf des Planes für einen künstlichen Wiesenbau (§. 147 und 148) bedarf um so mehr einer größeren Umsicht und eines praktischen Ueberblicks, je größer die Flächen, je geringer das Gefälle und je bedeutender die Erdmassen sind, welche bei dem Umbau bearbeitet werden müssen, weil dem cubischen Gehalt der Erdbewegung auch die Kosten des Umbaues entsprechend wachsen und die zukünftigen Ernteerträge hiermit in angemessenem Verhältniß stehen müssen.

Eine Hauptregel für Kunstbau sollte stets sein, nicht nur zweckmäßig, sondern auch wohlfeil zu bauen und nebenbei für eine gefällige Ausführung Sorge zu tragen.

Wenn man dem entgegen bei vielen Kunstbauten, welche aus Veranlassung der Consolidation und Zusammenlegung der Wiesengründe erfolgen, sehen muß, welche außergewöhnlichen Ab- und Aufträge dadurch mitunter nöthig werden, obgleich eine sachgemäßere Planlage die Erdbewegung auf ein Minimum hätte beschränken können, so muß man derartig eingeleitete Meliorationen als eine Verschwendung von Arbeitskraft und Capital bezeichnen und insbesondere vor dem Wahne warnen, als sei in allen Verhältnissen unter Wiesenbau auch

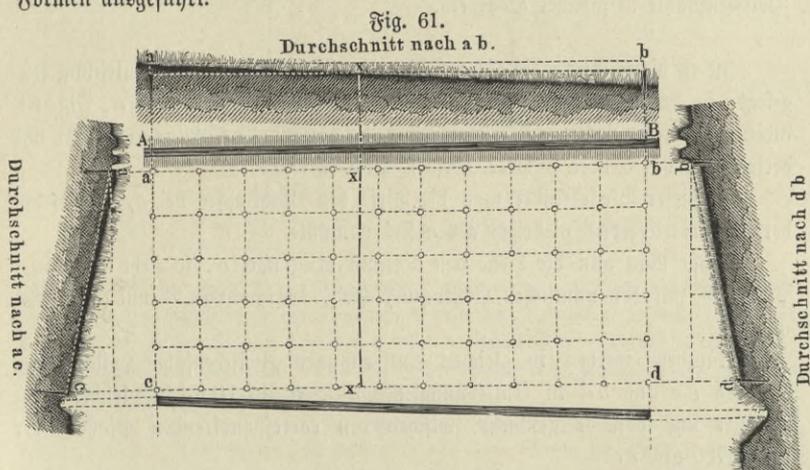
ein Berebnen (Planiren) der Flächen oder ein völliger Umbau — ein Kunstbau — zu verstehen und anzustreben¹⁾.

Ist nach §. 159 bis 162 der Bauplan im Allgemeinen entworfen, sind die Hauptzu- und Ableitungsgräben und die Stellen bestimmt, wo Hang- und wo Rückenbau eingerichtet werden müssen, so schreitet man zum Abstecken selbst und zur Berechnung und Schätzung des Ab- und Auftrags der Erde.

Für die Erdarbeit ist die Unterscheidung des künstlichen Hang- und Rückenbaues von wesentlicher Bedeutung. Hangtafel und Rückengrübchen müssen dabei der stets erfolgenden Aufwässerung des Bodens wegen mindestens 15 cm tiefer als die Sohle der Hauptzuleitungsgräben gelegt werden, wenn eine nachträgliche Hebung der letzteren, des Wasserbezuges halber, nicht möglich werden sollte²⁾.

α. Das Abstecken des künstlichen Hangbaues.

Dieser Kunstbau wird in der Regel nach zwei von einander abweichenden §. 176. Formen ausgeführt.



Die eine wird angewendet, wenn das diagonal liegende Hauptgefälle (§. 87) der Wiese beibehalten wird, die andere dagegen läßt nur das stärkste Gefälle, nach der Länge oder nach der Breite, bestehen.

¹⁾ So ausgezeichnete Erfolge für allgemeine Landeskultur die Consolidation der Felder in Nassau wie anderweit seit Jahrzehnten erzielt hat und noch erzielt, so sind doch die Wiesenconsolidationen mancher Gemarkungen nicht immer die Lichtseite dieses in principeller Hinsicht so äußerst empfehlenswerthen Verfahrens, und eine Fortbildung desselben nach der angedeuteten Seite hin ebenso sach- wie zeitgemäß.

²⁾ Bei den Kunstbauten des Siegener Landes, die auf kleinen Flächen einen so hohen Ertrag bringen, daß das Heu und Grummt bei der Ernte nur schwierig auf der Wiese gedrrt werden kann, veranlaßt die Aufwässerung in Perioden von 20 bis 30 Jahren häufig den Umbau der Wiesen, weil diese ihr Wasser aus den Canälen der Hütten- und Hammerwerke beziehen, deren Wasserpiegel durch Nüchpähle normirt und nicht beliebig gehoben werden kann.

Die letztere Form wird abgesteckt, indem man 15 cm tiefer als die Sohle einer Hauptzuleitung AB , Fig. 61 (a. v. S.), an dieser (oder dem Transpirtirgraben) entlang eine horizontale Linie ab mit Pfählen bezeichnet.

Liegen in dieser Richtung 18 cm Fall, steht also der Pfahl b um diese Höhe über dem Boden, so muß der Pfahl a um so viel tiefer geschlagen werden, daß der Abtrag auf der Linie ab den zu ihrer wagerechten Lage nöthigen Auftrag innerhalb derselben deckt.

Ein jeder Boden, mit Ausnahme des Sandes, nimmt durch die Lockerung einen größeren Umfang an, als er vorher hatte. Diese Volumenvermehrung ist um so größer, je gebundener der Boden und je höher der Abtrag ist¹⁾.

Nimmt man in diesem Falle das Verhältniß wie 5:7 an, so würden 7,5 cm Abtrag 10,5 cm Auftrag geben und der Kopf des Pfahles bei a 7,5 cm in den Boden und der Pfahlkopf b 10,5 cm über dem Boden zu stehen kommen, beide Pfähle also um 7,5 cm eingeschlagen werden müssen.

Zwischen diesen so bestimmten Endpfählen richtet man alle 5 bis 10 m Zwischenpfähle in gleicher Höhe ein.

§. 177. Ist in dieser Weise die eine Seite der Hangfläche an der Zuleitung festgelegt, so bestimmt man ihre Höhenlage am Ableitungsgraben cd , Fig. 61, indem man rechtwinklig auf ab die Linie ac absteckt, deren Länge ausmißt und derselben 4 bis 5 oder 6 Proc. Gefälle giebt (§. 154).

In dieser Weise findet man die Tiefe des Pfahlkopfes bei c , um welche derselbe mindestens niedriger als a stehen mußte.

Trägt man nun die Höhe von c rechtwinklig nach d , so steht auch dieser Pfahlkopf um den nämlichen Höhenunterschied, der zwischen a und c besteht, unter b .

Nunmehr werden in gleichen Entfernungen Zwischenpfähle zwischen den Punkten ac und bd in Entfernungen von je 5 bis 10 m in gleicher Höhe einvisirt und dasselbe geschieht zwischen den correspondirenden Pfählen der Linien ab und cd .

Es entsteht hierdurch ein Netz von Höhe- resp. Tiefepunkten, von welchen die unter die Bodenfläche fallenden mit — (minus), die oberhalb derselben stehenden mit + (plus) bezeichnet und in Centimetern ausgemessen werden.

¹⁾ Bei Lehm kann z. B. das Verhältniß wie 3:4 und wie 5:7 in Anwendung kommen, d. h. die Summe des Abtrags und Auftrags soll nach diesem Verhältniß getheilt werden. Beträgt diese Summe, wie im obigen Beispiele, 18 cm, so hat man $(5 + 7) : 7 = 18 : x = \frac{126}{7} = 18$ cm Auftrag und $12 : 5 = 18 : x = \frac{19}{2} = 9,5$ cm Abtrag. Bei den Verhältnissen von 3:4 würde man $7 : 4 = 18 : x = \frac{72}{4} = 18$ cm Auftrag und $7 : 3 = 18 : x = \frac{54}{3} = 18$ cm Abtrag erhalten haben.

Bei gebundenem Boden beträgt die Volumenvermehrung 0,4 bis 0,5. — Schwerer Thonboden eignet sich nicht zum Umbau.

Die Gesamtsumme der ersteren, verglichen mit derjenigen der letzteren, ergibt, ob der Abtrag oder der Auftrag überwiegt, wobei indessen die Volumenvermehrung der Erde in Rechnung zu ziehen ist.

Deckt der Abtrag den erforderlichen Auftrag nicht, so senkt man die geneigte Ebene $abcd$ auf der Linie cd so viel als nöthig, indem man sich dieselbe um die Linie ab , wie um eine Angel bewegt denkt, und richtet alle Zwischenpunkte aufs Neue ein¹⁾.

Ist aber nach der ersten Absteckung der Abtrag größer als der Auftrag, §. 178. so muß entweder (wenn dies möglich und rätlich ist) das relative Gefälle

¹⁾ Ein Beispiel wird dies klar machen:

Es seien 15 Punkte (a bis p) in obiger Weise in ihrer Lage gegen die zu bildende Ebene bestimmt und es hätte sich ergeben, daß

a — 30 cm	
d — 24 "	b + 9 cm
e — 6 "	c + 15 "
g — 9 "	f + 3 "
k — 6 "	h + 15 "
m — 9 "	i + 3 "
n — 6 "	l + 21 "
o — 27 "	p + 3 "
— 117 cm	+ 69 cm

8 — Punkte 117 cm Auftrag, oder durchschnittlich jeder Punkt 14,6 cm und

7 + " 69 " Abtrag " " " " 9,8 "

erfordern, um eine gleichmäßig geneigte Ebene herzustellen, und fallen auf jeden Punkt 9 qm (bei 3 m Entfernung der einzelnen Punkte von einander), so würde sich der Auftrag der 8 Punkte auf $8 \times 9 \times 0,146 = 10,512$ cbm, und der Abtrag auf $7 \times 9 \times 0,098 = 6,174$ cbm annähernd berechnen, weil hierbei kleinere Unebenheiten zwischen den Pfählen nicht berücksichtigt sind.

Nimmt man die Volumvermehrung der Erdmasse mit 0,4 (also für 1 cbm Auftrag 1,4 cbm Auftrag) an, so würden 6,174 cbm Abtrag für einen Auftrag von $6,174 \times 1,4 = 8,644$ cbm hinreichen. Es fehlten also noch $10,512 - 8,644 = 1,868$ cbm.

Um diesen Bedarf zu decken, müßten die Pfähle am Entwässerungsgraben noch um die Dicke eines Erdkeils gesenkt werden, dessen Quadratfläche gleich der Wiesenfläche oder $15 \times 9 = 135$ qm und dessen cubischer Inhalt = 1,868 cbm sein müßte. Man findet die Dicke dieses Erdkeils oder die Größe, um welche die Pfähle am Entwässerungsgraben tiefer zu schlagen wären, durch Verdoppelung der zu gewinnenden Erdmassen dividirt durch die Fläche = $\frac{2 \times 1,868}{135} = \frac{3,736}{135} = 0,0276$ m oder rund 3 cm, wobei die Volumvermehrung der Erde bei der Lockerung außer Betracht gelassen und der etwaige Ueberschuß zum Uebererden des Rasens nach dem Decken verwendet werden kann.

Bei Anwendung ähnlicher Erdberechnungen muß man stets bedenken, daß dieselben nur eine ungefähre Orientirung für den Anfänger bieten kann. Der Kundige hat seinen Blick so geschärft, daß er mit Hilfe des Nivellements Ab- und Auftrag ohne Weiteres auf der Wiese richtig tagirt.

der Ebene vermindert oder die Linie ab um so viel gehoben werden, daß die überschießende Erde untergebracht wird.

Bei kleineren Flächen kann letztere auch wohl abgefahren, oder es muß zur Einrichtung von Hangetagen (§. 180) geschritten werden.

Ist die Linie ac in Fig. 61 (S. 175) 15 m lang, so muß c (bei 4 Proc. Gefälle) mindestens 60 cm unter a liegen. Liegt der Rasen bei c aber nur 45 cm unter a , so muß der Pfahlkopf c 15 cm tiefer geschlagen werden und die Erde genügt, um die gegen d sich abdachende Wiese dort um 21 cm höher zu legen.

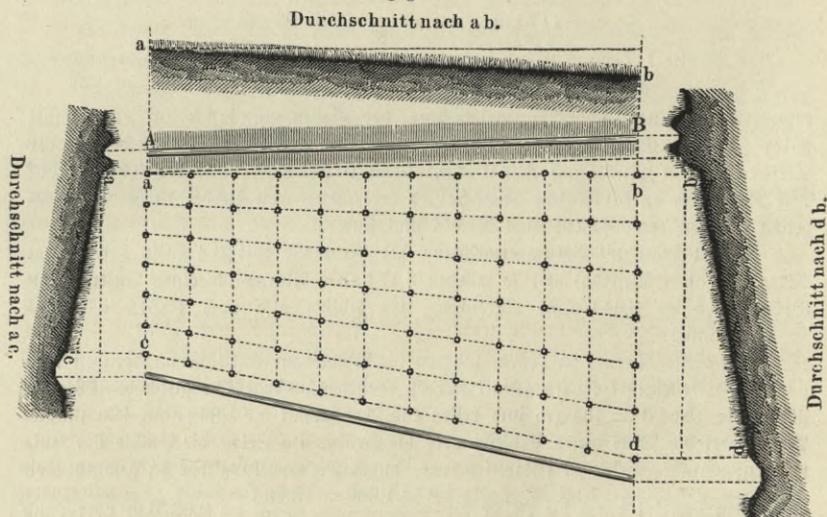
Auf der Linie xx' würde die Wiese, wenn sie völlig eben ist, in gleicher Höhe liegen bleiben können, während der Erdkeil zwischen xx' und ac innerhalb der Linien xx' und bd verarbeitet werden müßte.

Bei dieser Hangform würde also auf der Linie cd ein Absatz entstehen und das Gefälle des Ableitungsgrabens auf dessen Böschung gleichmäßig verteilt werden müssen, die deshalb bei d breiter als bei c anzulegen wäre.

Die Wässerungsrinnen werden parallel mit ab und cd abgesteckt.

§. 179. Während bei der vorstehenden Formirung eines Hanges das diagonale Hauptgefälle aufgehoben und in ein Gefälle nach der Breite (ac) der Wiese (Fig. 61) umgearbeitet wurde, kann eine zweite Hangform gebildet werden,

Fig. 62.



bei welcher das diagonale Hauptgefälle, d. h. gleichzeitig ein Gefälle nach der Breite (ac) und nach der Länge (ab) der Wiese bestehen bleibt.

Es ist klar, daß in diesem Falle der Erdtransport von der einen nach der anderen Seite der Wiese umgangen wird und nur ein Ausgleichen der Höhen in die Vertiefungen stattfinden muß, was bei nicht allzu unebenen Wiesen schon durch geregeltes Umgraben erreicht werden kann, indem man

nach erfolgtem Abschälen des Rasens und Zurückwerfen der obersten Erdschichten (§. 154) den Untergrund der Abtragstellen auf die Auftragstellen bringt, also beide gleichzeitig in Arbeit nimmt.

Bei dem Abstecken selbst wird wie im vorigen Falle, jedoch mit dem Unterschiede verfahren, daß man jede der Linien ac und bd , Fig. 62, in die gleiche Anzahl Theile zerlegt und die Zwischenpfähle innerhalb der zu einander gehörigen Punkte einrichtet.

In diesem Falle wird das Gefälle des Ableitungsgrabens nicht in dessen Böschung, sondern auf die Linie bd , also auch auf die anschließende Fläche gleichmäßig untergetheilt.

Bei der Beurtheilung des Abtrags und Auftrags wird wie in §. 176 verfahren. Man legt zuerst die Linie ab fest und hebt oder senkt dann die Fläche an der Ableitung, nach dem Ueberfluß oder dem Bedürfniß an Erde innerhalb der für den künstlichen Hangbau erforderlichen Gefällverhältnisse (§. 154).

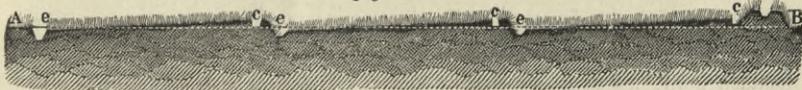
Die Vertheilgräben werden in der Richtung des diagonalen Hauptgefälles angelegt, die Kieselrinnen rechtwinklig darauf (in schiefer Richtung) über die Fläche hin. Da der Hauptzuleitungsgraben AB nicht das Gefälle der Fläche erhalten kann (§. 109 und 117), so muß derselbe in Abstufungen aufgedämmt ausgeführt werden. In dessen Damm wird die oberste Kieselrinne mit wagerechter Unterkante eingeschnitten.

Diese zweite Hangform empfiehlt sich weniger durch Schönheit als durch Billigkeit und Zweckmäßigkeit.

Eine dritte Hangform schließt sich der ersten (§. 177) an und findet da §. 180. Anwendung, wo das Gefälle etwa nur 2 bis 3 Proc. beträgt, der Boden versumpft ist oder zur Versumpfung neigt, und nicht der künstliche Hangbau (§. 154), sondern der Rückenbau gerechtfertigt wäre, welcher in diesem Falle mittelst Hangbau umgangen werden soll.

Zu dem Zweck richtet man Hangtafeln ein, welche als halbe ungleichbreite Rücken (Fig. 60) zu betrachten sind, insofern eine jede Hangtafel ihre eigene Kiesel- und Ableitungsrinne erhält.

Fig. 63.



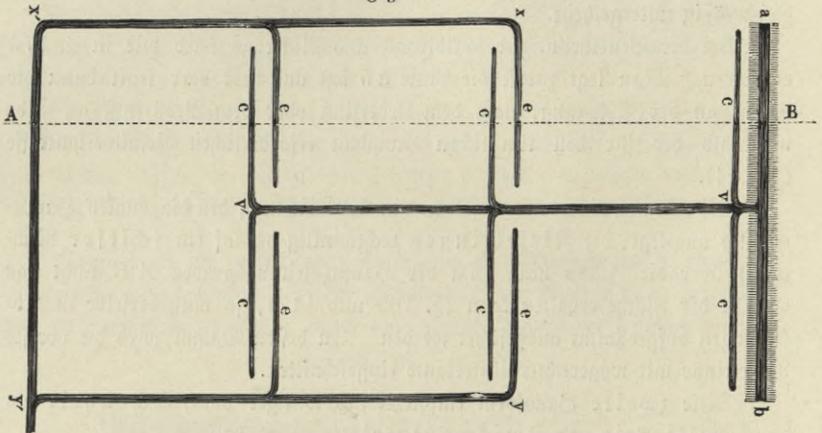
Es bedeutet die punktirte Linie AB , Fig. 63, die Oberfläche im Querschnitt einer Wiese, die auf einer Breite von 36 m 3 Proc. Gefälle habe. Es sind aber 5 Proc. nöthig.

Man theilt die Fläche in drei Abtheilungen von 12 m Breite, jede mit 36 cm (3 Proc.) Fall, und hebt bei eee geböschte, beinahe bis zur Sohle mit Rasen belegte Ableitungsrinnen aus. Mit der daraus gewonnenen Erde dämmt man die Hauptzuleitung bei B und die Kieselrinnen ee um weitere

12 cm auf und erhält die hierzu etwa mangelnde Erde durch 9 bis 10 cm hohen Abtrag der Flächen oberhalb *eee*. Das natürlich vorhandene Gefälle vermehrt sich hierdurch um die Summe des Auftrags (an den Rieselrinnen) und des Abtrags (an den Entwässerungsgräbchen) und kann hierdurch leicht auf fünf und mehr Procent gebracht werden, da auch der gelockerte Boden noch den Auftrag vermehrt.

Die Speisung der Rieselrinnen erfolgt, wie in Fig. 64 gezeichnet, durch den Vertheilgraben *vv'*, die Abführung des Rieselwassers aus den einzelnen

Fig. 64.



Entwässerungsgräbchen *eeee* durch die Verbindungsgräben *xx'* und *yy'*, wie dies ähnlich unten links bei der Dorfwiege, Fig. 55, geschieht.

§. 181.

Die besonderen Vortheile dieser Etagenhangform bestehen darin:

1. daß einer jeden Abtheilung nur frisches Wasser zugeführt wird,
2. daß eine durchgreifende Entwässerung ermöglicht ist, und
3. daß deshalb der Ertrag bei gleicher Wasserqualität größer ist als auf anderen Hangformen, wo dasselbe Wasser von einer Hangtafel zur anderen fällt und den untersten Theilen der Wiesen das bereits mehr ausgenutzte Wasser zukommt. Daß im letzteren Falle eine geringere Wassermenge zum Ueberrieseln erforderlich wird, ist nur ein relativer Vortheil, der dort zur Geltung kommen kann, wo es an dem erforderlichen Wasser mangelt, und wenn dieses mehr als Anfeuchtungs- denn als Düngungsmittel dienen soll.

Ein wesentlicher Nachtheil dieser Hangform muß in den unzähligen schwierig und theuer zu unterhaltenden Gräbchen und namentlich für große Complexe darin gefunden werden, daß die Anwendung von Mähmaschinen bei der Ernte sehr erschwert ist.

Je weiter entfernt die Entwässerungsrinne der oberen Hangtafel von der Rieselrinne der zweiten Hangtafel bei passenden Gefällverhältnissen angelegt

wird, desto mehr nähert sich diese Einrichtung dem in §. 174 beschriebenen natürlichen Rückenbau mit ungleich breiten Seiten, nur mit dem Unterschiede, daß hier ein mehr oder minder vollkommener Umbau, dort aber eine allmählichere Umformung durch Aufdämmen angestrebt wird.

β. Das Abstecken des künstlichen Rückenbaues.

Wie bei dem Hangbau ist auch hier das Abstecken der Hauptzuleitung und der Ableitung, ja sogar in feuchten und sumpfigen Lagen die Ausführung der letzteren, um die Fläche trocken zu legen, die erste Arbeit. §. 182.

Die Sohle der Hauptzuleitung ergibt die Lage des an dieser hinziehenden wagerechten Bertheilgrabens und die Höhe, in welcher die Rieselrinnen der Rücken über die Wiese zu liegen kommen (§. 175).

Die Lage der Ableitungsrinnen und deren Mündung ergibt sich aus der Sohle der Hauptableitung, mit Rücksicht darauf, daß sich das Wasser dieser nicht in die Ableitungsrinnen zurückstauen darf.

Hierauf begrenzt man die zu künstlichen Rücken vorgesehenen Flächen, welche von denselben Bertheilgraben aus gleichzeitig bewässert werden sollen, weil um so weniger Rücken unter einen Horizont gelegt werden können, je größer das Gefälle in der Richtung der Hauptzuleitung ist und umgekehrt.

Die zum Aufbau der Rückenfirsten und der Rückengiebel erforderliche Erde wird rechts und links aus den Ableitungsrinnen und den an diese grenzenden (mit Gefälle anzulegenden) Rückenseiten entnommen.

Die Tiefe, in welcher zu dem Ende am Anfang der Entwässerungsrinnen einzugraben ist, bestimmt sich einestheils nach dem weniggleich geringen Gefälle, welches dieselben erhalten müssen, damit das Wasser abfließt, und anderentheils aus der Höhe, in welcher die Rücken aufgedämmt werden, sowie aus der Volumenvermehrung durch die Bodenauflockerung.

Bezeichnet ab , Fig. 65 (a. f. S.), die Oberflächenneigung einer 30 m breiten Wiese und beträgt deren Gefälle von der Kante des Bertheilgrabens an 30 cm, so wird ein darauf zu konstruierender Rücken am Siebel bei d 30 cm hoch werden müssen, um darauf eine (mit a gleich hoch liegende) Rieselrinne mit wagerechten Uferkanten anlegen zu können. Die hierzu erforderliche Erde entnimmt man aus den Entwässerungsrinnen bei e . Da diese etwa 1,5 m vom Bertheilgraben entfernt beginnen, so bildet sich hier eine Absträgung $a'c'a$, die derjenigen am Rückengiebel gdg entspricht. §. 183.

Die Tiefe, in welche der Pfahlkopf bei c unter dem Boden zu stehen kommt, würde unter der Annahme der Auflockerung mit 5:7 nach §. 177

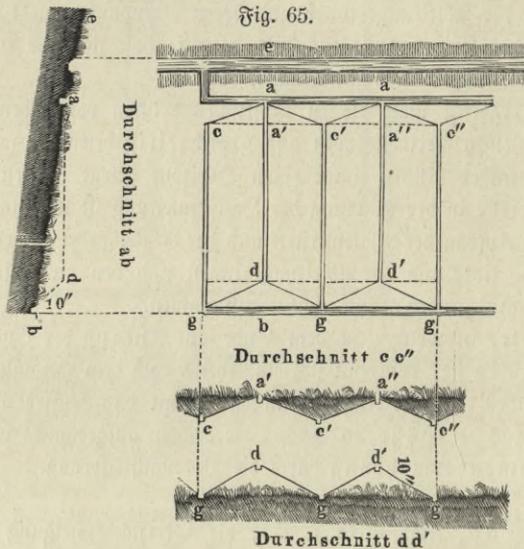
$$\frac{5 \times 30}{7} = 21,5 \text{ cm}$$

unter der seitwärts liegenden Wässerungsrinne betragen, und es blieben dann immerhin noch $30 - 21,5 = 8,5$ cm Gefälle für die Entwässerungsrinne übrig, was auf eine Länge von 28,5 m um so eher völlig genügt, als diese Rinne auch noch in den Rasen eingeschnitten und hierdurch

ihr Wasserspiegel tiefer gelegt wird. Fig. 65 zeigt im Durchschnitt dd' den Auftrag bei d und im Durchschnitt cc' den Abtrag bei c' . Die gelockerte Erdmasse mit dem Querschnitt gdg würde dem Abtrag der festen Erde mit dem Profile $a'c'a''$ u. s. w. annähernd entsprechen. Indessen wird eine Erdübertragung von einem Rücken zum anderen, schon der überall vorkommenden mehr oder minder großen Unebenheiten der Wiesenfläche halber, selten ganz zu umgehen sein.

Grundsatz hierbei muß nur sein, die Absteckung und die Arbeit thunlichst so einzurichten, daß der Erdtransport nicht auf größere Entfernung hin auszuführen ist.

Bei leichtem Lehmboden, wo die Vermehrung des Umfangs der Erde unbedeutender ist, würde man genöthigt gewesen sein, die Ableitungsrinne bei c



noch tiefer, ja fast ohne Gefälle anzulegen, oder den Rückengebel nur 24 cm aufzudämmen, um mit der auszusachtenden Erde auszureichen.

§. 184.

Die Breite und Länge der künstlichen Rücken ist nach §. 155 bis 156 zu bemessen. Die Absteckung dieser Dimensionen wird nach §. 170, Fig. 57, bewirkt. In obigem Beispiele bestehen auf 30 m Breite der Wiese 30 cm oder 3 Proc. Gefälle, welche für künstlichen Hangbau nicht hinreichen (§. 154), wohl aber durch künstlichen Rückenbau relativ vermehrt werden sollen. Die Höhenlage der Kanten der Rieselrinne am Siebel steht mit 30 cm fest; sollen daher auf jeder Rückenseite 6 Proc. Flächengefälle bis zur Kante der Entwässerungsrinne entwickelt werden, so darf jede Rückentafel nicht breiter als 5 m, der ganze Rücken also 10 m breit gemacht werden¹⁾. Von a' nach c ,

¹⁾ Denn es verhalten sich $6:100 = 0,3:x' = \frac{30}{6} = 5$ m.

Fig. 65, bestehen dagegen auf 5 m Breite zwischen Kiesel- und Ableitungsrinne nur 21,5 cm, also 0,215 m oder $\frac{21,5}{5} = 4,3$ Proc. Gefälle, was hier, des lebendigen ein- und überströmenden Kieselwassers wegen, genügen kann. Wollte man auch hier das Flächengefälle verstärken, so müßte die Breite jeder Rücken- tafel etwa auf 4,5 m vermindert werden.

Da die Länge künstlicher Rücken nach Siegners-System auf 24 bis 30 m beschränkt wird, die Wiesen aber meist eine größere Ausdehnung haben, so wird es erforderlich, so viele einzelne Rückenstagen untereinander anzulegen, als es die Größe der Wiesen erfordert und das Gefälle möglich macht.

In solchen Fällen bedarf jede Etage, wenn die Wässerung nur mit frischem Wasser durchgeführt werden soll, einer besonderen Zuleitung und Ableitung.

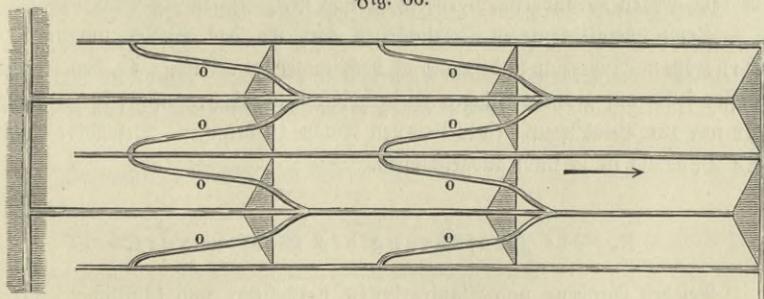
Nur ein Nothbehelf ist es, die Ableitung der oberen Rückenstagen auch zur Bewässerung der darunter liegenden zu benutzen; in diesem Falle müssen aber die Kieselrinnen der unteren so tief gelegt werden, daß kein Rückstau in die Entwässerungsrinnen der oberen Stagen möglich wird.

Man versteht leicht, daß durch diese gehäuften Hauptzuleitungs- und Transportirgräben und die Ableitungsgräben zweiter Ordnung viel Gefälle verbraucht wird, welches der Neigung der Wiesenoberfläche selbst nicht zu Gute kommt.

Dieser Nachtheil ist bei den in §. 153 beschriebenen Stagenrücken glücklich vermieden, und dieser natürliche durch Aufdämmen auf der Wiese hergestellte Rückenbau wird zum künstlichen, wenn man die Rücken durch förmlichen Umbau insoweit bildet, als es der vorhandene oder herbeigefahrene Erdvorrath nur irgend erlaubt.

Auch erleichtert der Stagenrücken die Anlage von sogenannten Flügelgräben oo, Fig. 66, welche das Wasser, das bereits oberhalb überrieselt hat

Fig. 66.



und eine Strecke in den Entwässerungsrinnen geflossen ist, wieder zur Firste oder auf die unteren Seitenflächen der Rücken mit geringem Gefälle aufleiten und so durch wiederholtes Kieseln, besonders für die Anfeuchtung, ausnutzen läßt, was bei dem schmalen Rückenbau gar nicht oder nur sehr beschränkt angewendet werden kann.

Man hat hierbei den weiteren Vortheil, daß man besondere Heufahrten, welche bei kurzem schmalen Rückenbau nicht zu umgehen sind, wenn derselbe in größerer Ausdehnung ausgeführt wird, gar nicht bedarf (§. 156).

Heufahrten legt man gewöhnlich an den Giebeln der schmalen Rücken entlang als eine wenig geneigte Hangtafel an, die aus durchgeschnittenen Rückenrübchen frisches Wasser erhält, welches durch horizontale Rieselrinnen über die Fläche vertheilt wird.

Besondere Heufahrten kann man ganz oder theilweise umgehen, wenn das Hauptgefälle so vertheilt ist, daß auf derselben Wiese Rückenbau, mit Hangbau wechselnd, eingerichtet werden kann, wie bei dem zusammengesetzten Bau.

γ. Das Abstecken des zusammengesetzten Kunstbaues.

§. 185. Im Allgemeinen kommen hierbei die oben für den künstlichen Hang- und Rückenbau gegebenen Regeln in Anwendung, obwohl derselbe häufig auch dem natürlichen Wiesenbau dienstbar zu machen ist. Hierbei können zwei Fälle eintreten, insofern entweder der Hang oberhalb oder unterhalb der Rückenetagen angelegt werden muß, oder Rücken mit Hängen durch einander wechseln.

In allen diesen Fällen ist eine wiederholte Benutzung des Wassers sehr erleichtert, indem, wo Hangbau eingerichtet werden kann, mehr Gefälle als da vorliegt, wo nur Rückenbau gerechtfertigt ist, weil hier mehr Grundwasser im Boden stockt, dieses häufig mit schädlichen Eisensalzen geschwängert ist und bei wiederholtem Gebrauch öfters mehr schadet als nützt.

Der zusammengesetzte Bau empfiehlt sich auch, ganz abgesehen von den wirthschaftlichen Vortheilen der erleichterten Bewässerung, Unterhaltung und Ernte, wesentlich durch Wassereersparung, eine Rücksicht, welche in den parcellirten und industriellen Gegenden Süddeutschlands weit wichtiger als auf dem großen Grundbesitz Norddeutschlands ist.

Denn überall kommen Verticillitäten vor, wo das Wasser nur in beschränktem Maße sich findet, und es doch immerhin räthlicher ist, das wenige Wasser selbst auf größere Flächen wiederholt anzuwenden, anstatt es gar nicht oder nur zur Bewässerung einer kleinsten Fläche zu benutzen. Besondere künstliche Düngung ist ja nicht ausgeschlossen.

B. Die Ausführung des Wiesenbaues.

§. 186. Bei den Graben- und Planirarbeiten natürlicher und künstlicher Wiesen wird Ra sen und Erde bearbeitet.

Die hierzu erforderlichen Geräthe sind in §. 158 aufgezählt. Nur bei wirklich praktischer Construction dieser und bei regelrechter Einübung der Arbeiter, die allein auf der Wiese erworben werden kann, ist auf billige und zugleich zweckmäßige und schöne Arbeit zu rechnen.

Ein wichtiger Factor ist die Zeit der Ausführung.

Bei natürlichen Anlagen können die Arbeiten zeitig im Frühjahr und spät im Herbst vorgenommen und selbst in gelinden Wintern Zuleitungsgräben aufgedämmt und Entwässerungsgräben ausgehoben werden, wobei die Ernte nicht geschmälert wird.

Bei Kunstbauten und den damit stets verbundenen größeren Erdumformungen ist beständige, trocknere Witterung nöthig und die Zeit nach der Heuernte die bequemste, selbst wenn dadurch der Grummetschnitt verloren gehen sollte. Bei ausgedehnten Kunstbauten wird selbst der Heuertrag theilweise leiden und vom Frühjahr bis in den Spätherbst umgebaut werden müssen.

Man beginnt zweckmäßig, soweit dies möglich ist, mit den schlechteren Stellen der Wiese und geht dann zu den besseren über.

a) Die Rasenarbeiten.

Der Techniker hat auf die Erhaltung und Wiederbenutzung des Rasens §. 187. ein besonderes Augenmerk zu richten, will er anders neugebaute Wiesen rasch und sicher in Ertrag bringen.

An den Stellen, wo der Rasen bei Graben- und Planirarbeiten nicht belassen bleiben kann, wird derselbe mit der Siegener Schälshaufel, minder gut aber billiger mit der Plaggenhau in einer wechselnden Stärke von 5 bis 8 cm abgeschält¹⁾.

Im Spätherbst, wo die Rasen nicht mehr anwachsen und leichter auseinanderfrieren, schält man selbst noch stärker; in warmer Jahreszeit kann dünner geschält werden. Die durchschnittenen gekürzten Wurzeln der Gräser entwickeln sich rasch und der Rasen wächst schnell an. — Nährt derselbe von trockenen Stellen her, so zerbröckeln dünne Rasen leicht, während solche von feuchten Stellen und gebundenem Boden fest und zäh an einander haften.

Mit Rücksicht hierauf ist die Dicke des Rasens örtlich zu bestimmen und dann streng darauf zu achten, daß diese Dicke gleichmäßig beibehalten wird, um ein regelrechtes Wiederaufdecken zu erleichtern.

Je nach der Größe und Form unterscheidet man Quadrat- und gerollten §. 188. Rasen.

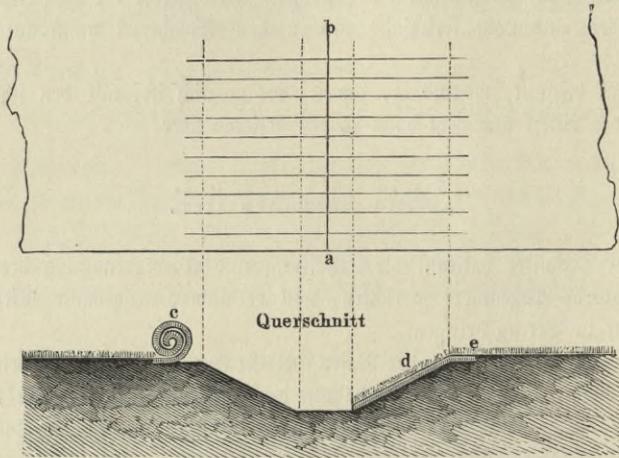
Bei dem Quadrathieb werden die einzelnen Rasen in so große Stücke zerhauen, als es die Größe der Schälwerkzeuge zuläßt.

¹⁾ Das Abschälen des Rasens mit dem Pflug, wozu Pflüge mit langem, nicht steil gewundenem Streichbrett zu verwenden sind, ist sehr billig und für einfache Anlagen auf größeren Flächen zu empfehlen. Bei Kunstbauten leiden die Rasen allzu sehr; für größere Grabenanlagen und schlechten Rasen kann auch der Pflug außerordentliche Dienste leisten. Namentlich gilt dies für den natürlichen Rückenbau.

Bei Rollrasen werden Bänder von 25 bis 30 cm Breite und 1,5 bis 2 m Länge gehauen und als Walze zusammengerollt, wodurch sich der Rasen verlängert; es ist dazu ein dichter, zäher Rasen erforderlich. Das Wiederaufdecken desselben ist wesentlich erleichtert.

Eine empfehlenswerthe Anwendung findet der gerollte Rasen bei der Bekleidung geböschter Grabenborde und bei dem natürlichen Rückebau. Soll der Entwässerungsgraben auf der Strecke *ab*, Fig. 67, ausgehoben

Fig. 67.



werden, so zertheilt man den Rasen in Bänder, rollt sie auf wie bei *c*, hebt den Untergrund aus, planirt die Dammerde über die Böschungen und läßt die Rollen darüber hinunterlaufen wie bei *d*. Mit ihrem oberen Ende *e* bleiben solche in Zusammenhang mit dem Rasen der Wiesenfläche und werden vom Fluthwasser weniger leicht fortgerissen, als der in Quadraten abgeschälte Rasen, dessen unterste Stücke mit Pfählchen angenagelt werden müssen. Auch bei dem Abböschchen der Bachufer kann jene Methode vortheilhaft angewendet werden.

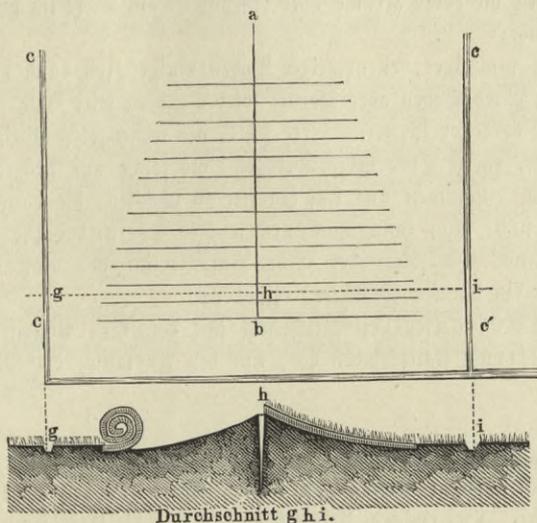
§. 189. Das gleiche Verfahren wird bei der Ausführung natürlicher Rückenzweckmäßig in Anwendung gebracht.

Würden die Rasen, besonders an den Stellen, wo die Rückengiebel hinkommen, höher als 15 cm mit Erde bedeckt werden müssen, und fehlt es namentlich an Rasenmaterial, so ist das Abschälen desselben angezeigt und selbst bei minder guter Grasnarbe immer rätlich.

Man steckt die Mittellinie *ab*, Fig. 68, des Rückens ab, haut auf derselben den Rasen senkrecht durch; desgleichen beiderseits von dieser Linie und rechtwinklig auf dieselbe in 25 bis 30 cm breite Bänder, die man auf Rollen schält und am Ende mit dem Rasen der Wiese in Zusammenhang läßt.

Die Länge der aufzurollenden Bänder wird nach der Höhe und Breite der Rückenstufe bemessen, die am Anfang des Rückens bei *a* am geringsten, gegen den Siebel hin bei *b* am größten wird. Ist nun die aufzubringende Erde als Rücken formirt, so werden die Rasen wieder aufgerollt und lassen in

Fig. 68.



Durchschnitt g h i.

der Mitte bei *h* für die Rieselrinne oder einen Transportirgraben den erforderlichen Raum. *cc'* sind Entwässerungsrinnen.

Diese Methode bildet einen Uebergang vom natürlichen zum künstlichen Rückenbau, ist billiger als dieser und theurer als jener.

b) Die Erdarbeiten.

Der bewährte Techniker wird diese Arbeiten, den wechselnden Verhältnissen §. 190. entsprechend, stets auf das geringste Maß beschränken, was bei einiger Erfahrung und rationeller Planlage durchaus nicht so schwierig ist.

Er befolgt unbedingt die Regeln:

1. Nie die unmittelbar unter dem Rasen liegende Erdschicht vergraben, sondern dieselbe stets wieder unter den Rasen bringen zu lassen (§. 15);

2. trotz dieser Vorsicht den Abtrag thunlichst zu vermeiden oder doch auf ein Minimum zu beschränken, weil jede abgetragene Fläche längere Zeit geringeren Ertrag bringt, während da, wo ein Auftrag von Rasen und Dammerde erfolgt ist, jahrelang auch bei geringerer Bewässerung und Düngung das beste Gras wachsen wird. Es beruht hierauf zum großen Theile der Nutzen des natürlichen Rückenbaues;

3. den Bau möglichst so einzurichten, daß kein bedeutender Erdtransport auf größere Strecken erforderlich wird, dagegen so weit als thunlich das Werfen mit Spaten und Schaufel an die Stelle des Gebrauches von Schub- und Sturzkarren treten zu lassen;

4. daß nur der Untergrund bei höherer Anschüttung überfahren oder gestampft wird, die obere Krume aber bis auf 35 cm Tiefe im gelockerten Zustande verbleibt;

5. daß sumpfiger, eisenhaltiger Boden einige Zeit rauh und ungedeckt liegen bleibt; guter Boden aber alsbald wieder gedeckt wird¹⁾;

6. daß es besser ist, wenn Erde fehlt, als wenn solche übrig bleibt, weil es leichter ist, einige Erde herzubringen, als solche auf größerer Fläche in dünner Schicht zusammen und auf Haufen zu schöpfen, die dann ebensowohl wegzufahren sind; auch kann man durch leichtes Senken der Pfähle, welche die herzustellen Oberfläche der Erde einschließlich des Rasens bezeichnen, Auftrag-Erde (in dünnen Schichten) ersparen;

7. daß Abtragstellen gleichzeitig mit denen in Angriff zu nehmen sind, wo Auftrag stattzufinden hat, um den Austausch der Massen zu bewirken.

§. 191. Man fuße bei Erdarbeiten nicht allein auf der Berechnung des Ab- und Auftrags, sondern gewöhne sich an das Schätzen der Erde nach dem Augenmaße. Bei einigem Ueberblicke, den nur die Erfahrung giebt, wird man es zu einer sicheren Beurtheilung der Ab- und Auftragsmassen bringen und während der Arbeit die Berechnung corrigiren können, ohne deshalb die Ausführung des Bauplans irgendwie wesentlich zu stören. Man bedenke nur, daß das Heben oder Senken einiger Pfähle, welche das Planum von beispielsweise 100 qm feststellen, um je 3 cm mit dem Unterbringen oder Entbehrlichmachen von 3 cbm gelockerter Erde und gleichbedeutend mit 75 bis 80 Schubkarrenladungen anzusehen ist.

Bei dem Planiren der Dammerde bleiben die Pfähle um die Dicke des Rasens frei. Der dicht aufgelegte Rasen wird mit Erde überworfes, die man in die Fugen einreicht, worauf der Rasen festgeschlagen (geplättcht) wird.

§. 192. Eine besondere Methode, Wiesen zu planiren, ist das Ab- und Aufschwemmen der Erde, wobei das Wasser als bewegende Kraft dient²⁾.

¹⁾ Das Verwechselln des sauren Rasens auf trocknen Boden und umgekehrt verbürgt eine rasche Verbesserung des Futters.

²⁾ Diese Methode ist seit alten Zeiten in Lüneburg üblich gewesen und kann in geeigneten Localitäten auch heute noch vorthelhaft sein. Vergleiche hierüber: Dünkelberg, Die Entwicklung der Culturtechnik, eine Festschrift zur 50jährigen Jubelfeier der Akademie Poppelsdorf. Braunschweig bei Fr. Vieweg u. Sohn, 1897, S. 20.

Schwemmwiesen gehören der extensiven Cultur an. Eine Sonderung der Erde ist schwierig und ein unmittelbares Ueberdecken mit Rasen nur dann möglich, wenn auf die rohe Erde eine genügende Schichte guten Bodens gebracht werden kann.

Thonboden kann nicht leicht geschwemmt werden; lehmiger und sandiger Boden um so leichter, je feinkörniger dieser, je stärker die Wassermasse und je steiler die Schwemmbank ist, über welche das mit Erde beladene Wasser hinabströmt.

Man leitet dasselbe an dem Abhang hin, von dem die abgestochene Erde abgeschwemmt werden soll, und führt den Wasser- und Schlammstrom durch Faschinenlagen dahin, wo man die Erdablagerung bewirken will.

In dieser Weise können die sumpfigen Stellen eines Thales, die von einem höherliegenden Wasserlauf beherrscht und unter Wasser gehalten oder versumpft sind, mit verhältnißmäßig wenig Kosten erhöht und in Wiesen umgeschaffen werden.

Ist eine Rasenbedeckung nicht ausführbar so wird das Land einige Jahre zu anderen Culturgewächsen benutzt, beackert und gedüngt und später mit Gräsern angesät.

10. Die Kosten der Wiesenbauten.

Die Voranschläge über die Anlage der Wässerungswiesen haben, §. 193. außer den Meß- und Nivelirarbeiten und der Planlage selbst, folgende Ansätze zu umfassen:

- a) Rasenarbeit;
- b) Erdarbeit;
- c) Damms- und Grabenanlagen;
- d) Planirarbeit;
- e) den Bau der Wehre und Schleusen.

Aus sämtlichen Ansätzen läßt sich der Preis natürlicher und künstlicher Bauten mittelbar pro Hektar ableiten.

Nützlich, ja nöthig ist es, stets noch eine sechste Position für Aufsicht und unvorhergesehene Ausgaben, wie solche bei Wasserbauten leicht vorkommen, in den Voranschlag aufzunehmen.

Die Arbeiten werden entweder im Tagelohn oder im Accord ausgeführt.

Der Umbau und das Planiren ist, außer bei strenger Aufsicht, weniger zum Accord geeignet, weil das Vergraben der Dammerde und das Aufsetzen der Rasen auf den roheren Untergrund seitens des Unternehmers nahe liegt.

Treten mehrere Arbeiter in einen und denselben Accord ein, so ist solidarische Haftbarkeit für gute Vollendung der Arbeit in bestimmter Zeit zu bedingen.

Da der Tagelohn nach Ort und Jahreszeit wechselt und hiernach auch die Accordsätze verschieden sein müssen, so können nachstehend nur allgemeine Normen über die durchschnittliche Arbeitsleistung bei täglich zehnstündiger Arbeit gegeben werden.

Selbstverständlich bedingen der Grad der Uebung der Arbeiter, ihre Anstelligkeit, ihr Kraft- und Nährzustand, die Aussicht eines geringeren oder größeren Verdienstes, die Werkzeuge zc. neben den örtlich wechselnden Verhältnissen des Bodens, der Witterung zc. in dem Tagewerk eines Mannes oft wesentliche Abweichungen.

a) Rasenarbeit.

§. 194. Bei der großen Verschiedenheit des Rasens auf trocknen, feuchten und Sumpfwiesen, und der Erde, worauf derselbe gewachsen ist, muß hierbei die Tagesarbeit eines geübten Arbeiters eine sehr abweichende sein.

a) Rasenschälen kann, einschließlich des Hauens und Auf-Haufenbringens, mit 125 bis 250, durchschnittlich 175 bis 190 qm in 10 Arbeitsstunden angesetzt werden.

Werden Rasen mit der Plaggenhaue geschält, so kann die Leistung um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ größer sein, weil die Rasen dünn und unregelmäßiger gemacht werden.

b) Das Rasendecken wechselt, je nachdem die Rasen in der Nähe liegen oder 15 bis 18 Schritte heranzubringen und im Quadrathieb oder in Rollen geschält sind, zwischen 200 bis 250 qm bis zu 100 qm herab.

c) Das Rasenklatschen steigt bis zu 375 qm, wenn mit den Arbeitern gewechselt wird.

Ebenso ist die Leistung bei allen Rasenarbeiten am größten, wenn mehrere Arbeiter sich bei den verschiedenen Berrichtungen ergänzend in die Hände arbeiten.

Als Verlust an Deckrasen durch Zerbröckeln zc. kann $\frac{1}{10}$ der geschälten Fläche gerechnet werden. Ein Theil hiervon wird durch den in den Rinnen ersparten Rasen wieder ausgeglichen.

b) Erdarbeiten¹⁾.

§. 195. Man hat hierbei die verschiedenen Bodenarten zu unterscheiden und nimmt gewöhnlich folgende vier Classen an:

- I. Leichter Boden, als Gartenerde, Triebsand, die nicht gehackt zu werden brauchen;
- II. Mittelboden, als leichter Lehm, grober Sand, der theils gehackt werden muß, theils zu stechen ist;

¹⁾ Vergl. Ingenieur Dr. Siejeler, Lehrbuch des Erdbaues, Anleitung zum Entwerfen und Veranschlagen von Erdarbeiten. 2. Aufl. Bonn 1895.

III. schwerer (fester) Boden, wie grober Kies, fester Lehm (Thonlehm), Schutt, der durchaus loszuhauen ist;

IV. steiniger Boden, als weicher Fels, faules Tagegestein, locker verbundenes Geschiebe, das mit der Spitzhaue loszuarbeiten ist.

Wichtige Taxation der Erdarten, die Rücksicht auf Trockenheit und Feuchtigkeit müssen bei der Benutzung der folgenden Zahlen besonders beachtet werden, auch giebt es mittlere Bodenarten, die zwischen zwei Hauptclassen liegen und als Mittelzahlen aus nachfolgenden Verhältnissen zu berechnen sind.

α. Auswerfen von Erde.

Nach Haarmann erfordern 2,5 cbm in den Classen

§. 196.

I.	II.	III.	IV.
0,40	0,56	1,00	1,66 Tagwerke.

Nach den Erfahrungen preussischer Pioniere im Felde ist die höchste Leistung eines Mannes in der Stunde nach Tabelle A.:

Tabelle A.

Graben und Auswerfen pro Stunde				
aus einer Tiefe	der Bodenclassen			
	I.	II.	III.	IV.
Meter	Cubikmeter			
0,314 bis 1,57	0,93	0,77	0,62	0,18 bis 0,31
1,57 bis 3,14	0,62	0,56	0,46	0,124 bis 0,28

Ein Mann wirft Erde mit der Schaufel höchstens 5 m weit und 3,14 m hoch; bei gewöhnlicher anhaltender Arbeit nur 3,14 m weit und 1,89 m hoch.

Bei Erdberechnungen ist zu beachten, daß die vorstehende Tabelle die höchst möglichen Arbeitsleistungen angiebt, weshalb den Umständen gemäß daran gekürzt werden muß¹⁾.

Gleiches ist nöthig, wenn die Erde zwei oder mehrmals geworfen werden muß, Wasser und Quellsand zc. die Arbeit erschwert.

¹⁾ Nach Pollitzer sind bei zehnstündiger Arbeit incl. Aufsicht und Requiriten die Erdgewinnungskosten (P) pro Cubikmeter für:

Classe I. $P = 0,2t + 0,04 \times 0,2t$;
 " II. $P = 0,3t + 0,05 \times 0,3t$;
 " III. $P = 0,5t + 0,05 \times 0,5t$ und
 " IV. $P = 0,2t' + 0,25t + 0,06 (0,2t' + 0,25t)$,

worin t das Tagelohn des Erdarbeiters und t' des Steinbrechers bedeuten. — Ge-lockerte Erde nimmt bei II. um 0,22, bei III. um 0,24 und bei IV. um 0,26 der festen Masse zu.

β. Der Transport der Erde

§. 197. erfolgt durch Menschen.

1. Mit dem Schubkarren am vortheilhaftesten bei 150 Schritten, diesen zu $2\frac{2}{5}$ preuß. Fuß oder 0,753 m gerechnet.

Ist die Ladung eines Schubkarrens 1,5 bis 1,75 preuß. Cubikfuß oder 0,046 bis 0,054 cbm (46 bis 54 Liter), so können bei Relais von 30 bis 75 Schritten, nach den Erfahrungen der preußischen Pioniere in Tabelle B, transportirt werden.

Tabelle B.

	Transportweite in Schritten								
	Wurf	10	20	30	40	50	60	70	80
	Cubikmeter								
Bodenart I.	8,90	8,28	7,73	7,11	6,67	6,30	6,00	5,57	5,50
" II.	7,14	6,64	6,27	5,90	5,60	5,31	5,07	4,85	4,67
" III.	5,93	5,56	5,25	5,00	4,76	4,54	4,36	4,17	4,01
" IV.	3,95	3,58	3,27	2,97	2,72	2,50	2,38	2,26	2,16

	Transportweite in Schritten						
	90	100	110	120	130	140	150
	Cubikmeter						
Bodenart I.	5,31	5,13	4,94	4,80	4,64	4,51	4,39
" II.	4,51	4,36	4,23	4,11	3,99	3,90	3,80
" III.	3,89	3,77	3,64	3,55	3,46	3,37	3,27
" IV.	2,10	2,04	1,98	1,96	1,85	1,79	1,73

Ein Mann ladet täglich 170 bis 190 Karren.

Auf jeden Lader sind je nach der Bodengattung bei I. 0,2; II. 0,6; III. 0,8 und bei IV. 1,5 Hacker zu berechnen.

Bei Steigungen sind den Transportweiten zuzusetzen:

bei 1,57 m Steigung an	15 Schritten Länge
" 2,5 " " "	24 " "
" 3,14 " " "	30 " "
" 4,70 " " "	45 " "
" 6,28 " " "	65 " "
" 9,42 " " "	105 " "
" 11,00 " " "	130 " "
" 12,56 " " "	155 " "
" 14,15 " " "	180 " "

Oder bei $\frac{1}{24}$ bis $\frac{1}{10}$ Steigung die Fahrlänge 1 mal,
 " $\frac{1}{16}$ bis $\frac{1}{12}$ " " " " $1\frac{1}{2}$ "

und bei noch größerer Steigung (bis zu $\frac{1}{9}$ bis $\frac{1}{8}$) die Fahrlänge 2 mal.

Für den Transport aus der Höhe nach der Tiefe (Absteigen höchstens $\frac{1}{5}$) gilt die Tabelle ebenfalls.

2. Bei dem Transport mittelst zweirädriger Handkarren und einer Ladefähigkeit von 6 preuß. Cubikfuß oder 0,185 cbm (185 Liter) beginnt die vortheilhafteste Anwendung mit 150 Schritt, und es wird bei gutem Wege und genügendem Raume zum Wenden nahehin $\frac{1}{10}$ mehr als mit Schubkarren geleistet.

3. Für den Erdtransport mit Pferden mittelst zweirädriger ein-spänniger Kippkarren ist die Ladung 15 bis 16 preuß. Cubikfuß oder 0,464 bis 0,495 cbm (464 bis 495 Liter) und die vortheilhafteste Transportweite beginnt mit 300 Schritten. Solche Erdtransporte sollten nur als sehr vereinzelte Ausnahmen bei Wiesenbauten vorkommen.

c) Damm- und Grabenanlagen.

Diese Arbeiten werden am zweckmäßigsten auf das laufende Meter §. 198. vergeben und nach der Erdmasse, die ausgeworfen oder aufgedämmt und herzubracht oder weggeschafft werden muß, berechnet. Vergl. §§. 193 u. f.

Bei der Verarbeitung kleiner Erd- und Rasenmassen, wie solche bei aufgedämmten Zuleitungsgräben vorkommt, ist indeß selbstverständlich der cubische Gehalt nicht allein maßgebend, sondern es muß ein relativ um so größerer Zuschlag pro laufendes Meter erfolgen, je kleiner die Dämme und Gräben sind.

Am einfachsten ist es, den Graben nebst Dämmen als ein Ganzes zu berechnen und den Querschnitt des eigentlichen Grabens als ausgefüllt anzunehmen.

Zum Beispiel: Es sei die Dammkrone 2,70 m, die Höhe 0,60 m, die Dammsohle 5,10 m, so ist der Querschnitt $3,90 \times 0,60 = 2,340$ qm und der Gehalt des Grabendamms pro laufendes Meter ebenfalls 2,340 cbm.

Nach Tabelle A. (§. 196) bearbeitet ein Mann stündlich in Bodenklasse II. 0,77 cbm oder täglich (10 Stunden) 7,7 cbm, vorausgesetzt, daß Rasen und Erde am Platze sich vorfinden; er würde also $\frac{7,7}{2,34} = 3,29$ laufende Meter

zum Preise des ortsüblichen Tagelohns fertigen. Steht dieser 1,50 Mk., so kostete das laufende Meter dieses Grabens einschließlich des Rasenschälens am Aufdämmungsort, des Planirens der Krone und Böschungen, des Rasenbelegs, des Ausschachtens des eigentlichen Grabenprofils $\text{rc. } \frac{1,50}{3,29} = 45$ bis

46 Pf.

Ist Erdtransport nöthig, so wird dieser nach Tabelle B. berechnet.

Im Accord werden geübte Arbeiter auch mehr leisten können, und es

bilden sich dabei Erfahrungssätze aus, nach denen Voranschläge ohne Weiteres pro laufendes Meter angelegt werden können, ohne daß jene Detailberechnungen nöthig sind, die allerdings der weniger Geübte nicht entbehren kann. — Für diesen empfiehlt sich die Berechnung von Specialtabellen über solche Arbeiten.

Bei kleinen Zuleitungen von 2,10 m Dammskrone, 0,30 m Höhe und 3,30 m Dammsohle oder 0,81 qm Querschnitt enthält das laufende Meter ebensoviel Cubikmeter. In der I. Bodenklasse verarbeitet ein Mann täglich 9,3 cbm und kann daher $\frac{9,30}{0,81} = 10,25$ laufende Meter anfertigen. Will er im Accord 2,50 Mk. täglich verdienen, so kostet das laufende Meter $\frac{250}{10,25} = 24$ bis 25 Pf., ein Satz, der sich relativ um so mehr ändert, d. h. höher wird, je kleiner die Querschnitte der Dämme und je höher der Lohnsatz ist, und umgekehrt.

Es sei ein Entwässerungsgraben mit einem mittleren Querschnitt von 2,16 qm auszuwerfen, dessen zweifache Böschungsanlage mit Dammerde zu beschütten und mit Rasen zu belegen. Da Steine und Wasser vorkommen, so sei die III. Bodenklasse und eine tägliche Leistung von 6,2 cbm anzunehmen.

Es würden sonach täglich bei fleißiger Arbeit $\frac{6,2}{2,16} = 2,87$ laufende Meter zu fertigen sein und das laufende Meter bei einem Tagelohn von 1,50 Mk. 55 bis 56 Pf. kosten.

Bei saurem Rasen müßte noch eine Entschädigung für das Schälen und Decken gegeben werden, wie auch dann, wenn die Erde sämmtlich nach einer Seite geschafft und deshalb doppelt geworfen werden sollte. In diesem Falle würde die Arbeit im Verding mit etwa 60 Pf. pro laufendes Meter bezahlt werden müssen.

Für alleiniges Auswerfen von Erde werden trotz sehr gesteigerter Löhne im Mittel 50 Pf. pro Cubikmeter bezahlt.

§. 199. Die Herstellung der kleineren in den Rasen eingeschnittenen Bertheilgräben und Rieselrinnen kann auf Grund der in §. 194 gegebenen Normen unter einem Zuschlage für das Verbringen des Rasens vergeben werden.

Gräbchen von 15 bis 20 cm Breite und 10 bis 12 cm Tiefe kann ein Mann täglich 120 bis 150 m fertig liefern und den Rasen auf Haufen bringen.

Auch kann angenommen werden, daß bei einem Tagelohn von 2 Mk. sämmtliche Gräben eines Hektars Wiese, ausschließlich der Hauptzu- und Ableitung, für 36 bis 48 Mk. angefertigt werden können.

Selbstverständlich sind hiervon die aufgedämmten Gräben natürlicher Rücken ausgenommen, bei denen gewöhnlich ein Erdtransport nicht umgangen werden kann.

Dem in Voranschlägen wenig geübten Anfänger ist immer anzurathen, Probearbeiten unter genauer Aufsicht ausführen zu lassen; er wird dadurch sicherer in der Beachtung und richtigen Taxation der örtlich so außerordentlich wechselnden technischen Verhältnisse und Schwierigkeiten.

d) Planirarbeit.

Diese kommt nur bei Kunstbauten auf größeren Flächen und bei natürl. §. 200. lichem Bau nur ausnahmsweise, z. B. zur Herstellung aufgedämmter Gräben und dem Abtrag einzelner Stellen, vor.

An Stellen, wo Erde weder hinzu- noch hinweggebracht, sondern nur umgespaltet und planirt werden muß, kann ein Arbeiter im Umarbeiten auf 20 em Tiefe leisten:

bei Thonboden	80 bis 90 qm
„ Lehm Boden	100 „
„ Sandboden	120 bis 150 „

Gelockerter oder angeschütteter Untergrund wird nicht planirt, sondern nur mit der Schaufel oder beim Umgraben mit dem Spaten ausgeglichen.

Das Planiren der aufgebrachten Dammerde geschieht meist mit der Hacke oder Plaggenhau, indem man die überschüssige Erde nach der Schnur abzieht. Ein geübter Arbeiter kann bei nicht steiniger oder mit Wurzeln vermengter Erde 200 bis 225 qm planiren.

e) Bau der Wehre und Schleusen.

Bei dem großen Preisunterschied des hierzu nöthigen Materials ist es §. 201. unmöglich, über diese Baukosten allgemein gültige Angaben zu machen; sämtliche Preise müssen vielmehr nach Maßgabe der gewählten Construction örtlich erhoben und festgestellt werden.

a. Wehrbauten.

Werden solche mit auf die hohe Kante gestellten Bruchsteinen gefertigt (gerollt oder gestückt) und die Fugen mit Sand und Moos ausgefüllt, so kann ein Maurer bei einer Stückhöhe von 45 bis 75 em bei achtstündiger Arbeit täglich einen Cubikmeter fertigen, wenn sämtliches Material an die Baustelle gebracht ist. Hierbei ist ein Handlager auf zwei Maurer eingerechnet¹⁾.

¹⁾ Am Rheinuferbau wurden für ein Gestück von 60 bis 75 em Dicke für 100 qm 22 Mk. 86 Pf. oder pro Quadratmeter 22,8, rund 23 Pf. oder pro Cubikmeter 30 bis 38 Pf. bei einem Tagelohn des Maurers von 1 Mk. 75 Pf. und des Handlagers von 1 Mk. bezahlt.

Für dichtes Pflastern und bei ähnlichen Lohnsätzen wurden pro Quadratmeter 40 Pf. bei denselben Löhnen erforderlich.

Spaltbare, platte Steine verarbeiten sich indessen leichter und dichter als eckige und solche von rundlicher unregelmäßiger Form.

β. Schleusenbau.

Hölzerne Schleusen werden am einfachsten nach dem Cubikgehalt des darin verarbeiteten Holzes berechnet, indem man das Drei- und Vierfache des Preises pro Cubikmeter ansetzt, den dasselbe im Walde gekostet hat.

Steht dieser bei Eichenholz 38 Mk., so kann eine Schleuse von 0,3 cbm für 34 bis 46 Mk. hergerichtet und aufgestellt werden.

Bei kleinen Schleusen und geringem Cubikgehalt derselben muß der Holzpreis des Waldes vierfach und noch höher gegriffen werden und umgekehrt.

Eichen-, Kerchen- und selbst Kiefernholz sind dem Tannen- und Fichtenholz vorzuziehen. Dabei ist zu beachten, daß hölzerne Schleusen nur sehr bedingte Dauer haben und sorgfältige Unterhaltung erfordern, weshalb es besser ist, Eisen und Stein zu verwenden.

Neuerdings werden auch kleine Schleusen aus Cement preiswürdig hergestellt.

Schleusen aus gewalztem T-Eisen und Blech werden durch Verrosten um so schneller unbrauchbar, je geringer die Eisenqualität ist. Dagegen eignen sich ausgeschlossene Eisenbahnschienen in Verbindung mit Cementmauerwerk vorzüglich zur Herstellung stärkerer Schleusen in Zuleitungscanälen und Bächen und selbst in kleineren Flüssen können damit sehr haltbare Ueberfallwehre hergestellt werden (§. 132, Fig. 35).

Schleusen aus Hausteinen, mit Beton-Unterlage zc. sind von einem Bauverständigen zu veranschlagen. Es würde wenigstens hier zu weit führen, näher darauf einzugehen¹⁾.

f) Gesamtkosten der Wiesenbauten.

§. 202. Läßt man Wehre und Schleusen außer Berechnung, so können die Gesamtkosten, je nach den verschiedenen Bauformen wechselnd, am einfachsten pro Hektar veranschlagt werden.

Kunstbau ist nur unter sehr günstigen Verhältnissen bei unbedeutenden Umformungen des Bodens einschließlich aller Dammen- und Grabenarbeiten mit 20 qm pro Mann und Tag anzusetzen. Steht der Tagelohn 1 Mk. 25 Pf. durchschnittlich, so kostet das Hektar $500 \times 1,25 = 625$ Mk.

Kommt Ab- und Auftrag vor, ist Erde, wenn auch nur auf kurze Strecken zu transportiren, so liefert ein Mann täglich nur 12,5 qm fertig und das Hektar berechnet sich auf $800 \times 1,25 = 1000$ Mk.

Bei größerer Erdbewegung, einzelnen Rodungen zc. werden auch nur 10 qm gefertigt und das Hektar kostet $1000 \times 1,25 = 1250$ Mk.

¹⁾ Vergl. Dünkelberg-Fries a. a. O., S. 468 u. f.

In den ungünstigsten Verhältnissen, bei bedeutenden Rodungen, Ausfüllen des alten Bachbettes und Graben eines neuen u. kann es vorkommen, daß ein Mann täglich nur 6,25 qm vollendet und das Hektar $1600 \times 1,25 = 2000$ Mk. kostet.

Je höher die Baukosten, um so gerechtfertigter ist die Frage, ob es bei niedrigen Preisen der Wiesen nicht besser sei, die Verbesserung zu unterlassen und die Meliorationskosten im Ankauf weiterer Wiesenflächen anzulegen. §. 203.

Diese Frage muß nach den örtlichen Umständen entschieden werden. Man berücksichtige dabei, daß zwei Hektar geringer Wiesen unverhältnißmäßig mehr Cultur- und Erntekosten verursachen und dabei eine schlechtere Heuqualität liefern, als ein halbes Hektar nur einigermaßen meliorirter Wiesen, und daß die Erträge durch Kunstbauten quantitativ wie qualitativ ganz ungewöhnlich gesteigert werden können (§. 55).

In dem Maße, als die land- und volkswirtschaftlichen Verhältnisse den Uebergang von der extensiven Cultur rathsam machen, ist auch eine größere Capitalverwendung angebracht und lohnend, und um so gerechtfertigter ist eine gehobene Wiesencultur. Hierbei können natürliche Anlagen den Uebergang zu mehr künstlichen vermitteln helfen.

Selbstverständlich werden die schlechtesten Wiesen unter gleichen Verhältnissen durch geregelte Wasserbenutzung eine höhere Rente als schon an und für sich gute Wiesen bringen, auch den Culturaufwand rascher zurückbezahlen als diese.

Die Kosten des natürlichen Baues beschränken sich vorwiegend auf Grabenarbeit, und diese wird in vielen Fällen mit 50 bis 75 Mk. pro Hektar, abgesehen von den sehr erhöhten Tagelöhnen und den Ausgaben für die Socialgesetzgebung des Deutschen Reiches der Neuzeit, bezahlt sein. §. 204.

Bei natürlichem Rückenbau werden pro Hektar 75 bis 120 Mk. angesetzt werden müssen, und kommen Ab- und Aufträge, Erdtransporte, theilweise Uebererdung der Rückentafeln, neben kostspieliger Entwässerung vor, so können die Kosten auf 200 bis 250 Mk. pro Hektar steigen.

Werden Etagenrücken (§. 172) und zu dem Ende theilweise Umformungen des Terrains vorgenommen, so bilden diese einen Uebergang zum Kunstbau und können in dem Falle um so eher 340 bis 400 Mk. pro Hektar verwendet werden, je höher vollständiger Kunstbau auf solchen Flächen zu stehen kommen würde.

Die Kosten der Stauwerke sind in allen obigen Fällen nicht berechnet, müssen aber stets in angemessenem Verhältniß zur Anzahl der Hektar Wiesenfläche und zur möglichen Erhöhung ihres Ertrages stehen.

11. Pflege der Wiesen.

§. 205. Hierunter ist neben der Instandhaltung der Wiesen auch deren Bewässerung zu verstehen. Die leitenden Grundsätze für diese sind bereits in den §§. 37 bis 44 niedergelegt.

Eine richtige Wiesenpflege erfordert eine stete Aufmerksamkeit und pünktliche Ueberwachung aller Anlagen und kann allein die höchste nachhaltige Rente des Meliorationscapitals verbürgen; denn wie das fließende Wasser richtig geleitet und ausgenutzt zu einer Segensquelle werden kann, ebenso zerstörend kann es bei unterlassener Aufsicht wirken, und es ist dann nicht die Schuld des Technikers, wenn der Erfolg der Wässerungsanlagen hinter den gehegten Erwartungen zurückbleibt.

Auch ist bei natürlichen Anlagen darauf zu achten, daß dieselben alljährlich verbessert und vervollständigt werden. Nur dann wird es gelingen, den natürlichen Rückenbau zum vollen Ertrag zu bringen und allmählich in eine vervollkommneter Anlage überzuführen.

a) Zur Instandhaltung

§. 206. der Wässerungswiesen ist unbedingt erforderlich, daß mit Beginn des Wässerungsjahres, unmittelbar nach der Grummeternte, die Uferkanten großer wie kleiner Gräben sorgfältig nach der Schnur abgeschärft und ausgeschaufelt werden.

Bei diesem Ausräumen ist nur so viel von Sohle und Seitenwänden wegzunehmen, als nöthig ist, die früheren Dimensionen wieder herzustellen.

Bei natürlichem Hangbau nach Siegner Art werden die Rieselgräbchen alle zwei Jahre mit Hilfe der Setzwage (§. 165) neu nivellirt und angehoben, und mit dem gewonnenen Rasen werden die alten Rinnen zugefegt. Hierdurch werden Unebenheiten, welche in Folge des Aufwässerns entstehen, verhütet.

Sonstigen Grabenausraum verwendet man zur Regulirung der Grabenkanten, wobei man die Gräbchen voll Wasser stellt, wie auch zur Ausfüllung kleiner Mulden und Vertiefungen.

Schleusen und Dämme sind sorgfältig nachzusehen und, wenn nöthig, für die Herbstwässerung zu verdichten.

Auch im Winter ist es wichtig, darauf zu achten, daß die Schleusen den Zufluß des Wassers nach der Wiese gänzlich verhindern, dagegen das Meteor- und Quellwasser völlig abfließen lassen, damit sich kein Eis auf der Wiese bilde.

Vor der Frühjahrswässerung und nach der Heuernte sehe man ebenfalls Gräben, Dämme und Schleusen nach.

Für größere Flächen nehme man einen Wiesenwärter an, der mit allen Arbeiten der Instandhaltung und Wässerung wohl vertraut ist. — Besonders empfehlenswerth ist dies für parcellirte Wiesengründe.

Seine einzelnen Obliegenheiten sind aus der nachstehenden, von dem Verfasser für die nassauische Gemeindeverwaltung ausgearbeiteten, Instruction ersichtlich, in welcher auch die Wässerungsregeln enthalten sind ¹⁾.

b) Instruction für Wiesenwärter.

I. Allgemeine Bestimmungen.

§. 1. Es kann nur derjenige zum Wiesenwärter ernannt werden, der mit §. 207. einem gesunden, kräftigen, an Wind und Wetter gewöhnten Körper einen nüchternen, fleißigen und charakterfesten Lebenswandel verbindet und durch seine Betheiligung an der Ausführung von Wiesenbauten sich die für Unterhaltung und regelrechte Benutzung der Wässerungsanlagen erforderlichen Kenntnisse erworben hat.

§. 2. Da die Bestellung des Wiesenwärters auf den Vorschlag des Feldgerichtes erfolgt, so ist er zunächst dem Bürgermeister und den Feldgerichtsschöffen Gehorsam schuldig.

§. 3. Es kann einem Wärter gestattet werden, die aneinanderstoßenden Wiesengründe zweier oder mehr Gemeinden zu beaufsichtigen, insoweit dies ohne Vernachlässigung seiner einzelnen Obliegenheiten möglich ist, die sich nur in jedem einzelnen Fall genauer bestimmen lassen ²⁾.

§. 4. Zu dem Ende wird die nachfolgende allgemeine Dienst-Anweisung durch die erforderlichen localen Bestimmungen (s. u.) ergänzt und der Wärter auf dieselben amtlich verpflichtet.

§. 5. Zuwiderhandlungen des Wärters kann der Bürgermeister mit Geldstrafen ahnden und in geeigneten Fällen die augenblickliche Entlassung beantragen.

§. 6. Für seine Arbeiten wird der Wärter durch eine Pauschsumme aus der betreffenden Gemeindecasse quartaliter und postnumerando bezahlt ³⁾.

Dem Wiesenwärter ist es aufs Strengste untersagt, unter irgend einem Vorwand von einem der betheiligten Wiesenbesitzer eine Belohnung oder ein Geschenk anzunehmen.

§. 7. Der Wiesenwärter hat über seine einzelnen Arbeiten und Vor-

¹⁾ Es wird in jedem einzelnen Falle leicht sein, die für Privatwiesen nicht anwendbaren Positionen zu streichen, oder die etwa nöthigen Zusätze zu machen.

²⁾ Es rentirt schon, auf 12 bis 15 Hektar einen Wärter zu bestellen; bei künstlichen Anlagen kann derselbe bis zu 40 Hektar, bei natürlichen sogar bis zu 100 Hektar besorgen.

³⁾ Es bleibt der Gemeinde vorbehalten, ob diese Bezahlung von den Wiesenbesitzern pro rata ihrer Fläche ganz oder theilweise wieder eingezogen wird, oder nicht.

kommissione in den Wiesen ein Tagebuch zu führen, womit er den Nachweis über pünktliche Erfüllung seiner Dienstpflicht liefern kann. Das Buch ist monatlich dem betreffenden Bürgermeister zur Einsicht und zum Visum vorzulegen.

§. 8. Die Obliegenheiten des Wiesenwärters zerfallen in feldpolizeiliche und technische.

II. Besondere Bestimmungen.

A. Die Feldpolizei betreffend.

§. 9. Der Wärter hat seine Wiesen häufig und regelmäßig zu begehen, um die Beschädigung durch Grasfen, Behüten, Ueberlaufen, Befahren, sowie an Wässerungs- und Entwässerungsanlagen zu verhüten und Zuwiderhandelnde nach Maßgabe der gesetzlichen Vorschriften zur Anzeige zu bringen.

§. 10. Auch hat er streng darüber zu wachen, daß der Wiese das zu- stehende Wasser nicht durch dritte Personen entzogen werde und vorkommenden Falls ungesäumte Anzeige zu machen.

§. 11. Besondere Aufmerksamkeit hat der Wärter darauf zu verwenden, daß kein Privatbesitzer eigenmächtig die festgesetzte Ordnung der Wässerung umgeht und seiner Wiese das Wasser beliebig zuwendet, indem er es den zeit- weilig Berechtigten entzieht.

§. 12. Sollte auf Gemeinde- oder Privatwiesen Gras zur Versteigerung kommen, so hat der Wärter beizuwohnen, die Steigerer in ihre Lose einzu- weisen und Ordnung bei der Ernte und dem Abfahren zu halten.

B. Die Unterhaltung und Ausführung der Wässerung betreffend.

§. 13. Bei dem Begehen der Wiesen muß der Wärter stets mit den erforderlichen Geräthen für die Arbeiten an Gräben und Schleusen versehen sein, um entweder Reparaturen sofort vorzunehmen oder die Bewässerung ein- zuleiten und zu regeln.

§. 14. Er muß die Maulwurfs- und Ameisenhaufen ebnen und die Maulwürfe durch Wasser vertreiben.

Gesträuche und Unkräuter darf er nicht aufkommen lassen und muß die Wiese von Holz und Steinen rein halten. Gesammeltes Laub und Holz werden Eigenthum des Wärters.

§. 15. Derselbe hat (je nach seinem speciellen Contract) die Haupt- und Nebengräben im Frühjahr, sobald es die Witterung erlaubt, und im Herbst nach beendigter Grummeternte entweder selbst auszuheben oder doch darüber zu wachen, daß dies Ausheben und die Verbesserung der Dämme durch die be- treffenden Nutznießer bis zu dem vom Feldgericht gestellten Termine sachgemäß nach seiner speciellen Anleitung erfolge, und die Wiesen rechtzeitig von Rasen, Laub, Holz und Steinen gereinigt werden.

Zm Unterlassungsfalle hat er Anzeige zu erstatten und zu veranlassen, daß die Arbeiten auf Kosten der Säumigen ausgeführt werden.

§. 16. Die Bewässerung anlangend, hat der Wäarter, außer den im Anhang mitgetheilten, die Art und Weise der Wässerung und Instandhaltung der Wiesen betreffenden allgemeinen Vorschriften, noch besondere, den localen Verhältnissen angepasste bestimmte Instructionen von dem betreffenden Feldgericht schriftlich zu empfangen.

Dieselben haben zu umfassen und zu regeln:

1. Die Art und Weise, sowie den Termin des Wasserbezugs;
2. die Vertheilung des Wassers nach den einzelnen Fluren, Wiesenabtheilungen, Gewannen und Parcellen, wobei die Größe der Fläche, das Gefälle, die (übliche oder beliebige) Zeit des Wasserbezugs maßgebend sind, um danach die Verwendung des Wassers für bestimmte Zeitabschnitte (und Wiesenflächen) ohne Unterschied des Besitzes (pro rata der Fläche) zu regeln;
3. die Ausführung der Erdarbeiten (vergl. §. 15), namentlich inwieweit der Wäarter verpflichtet ist, die jährliche Ausräumung der Gräben selbst und auf seine Kosten auszuführen, oder ob und inwieweit ihm zu diesem Endzweck eine bestimmte Hülfe geleistet wird;
4. die Obliegenheiten, welche dem Wäarter hinsichtlich Unterhaltung resp. Herstellung der einzelnen Wehre und Schleusen, der Heuabfuhrwege und Brücken und der bei der Heuernte inne zu haltenden Ordnung zukommen; endlich
5. die Bezahlung des Wärters (in Geld und Naturalien). Dieselbe ist entweder
 - a) eine Pauschsumme (im Fall z. B. der Wäarter nicht volle Beschäftigung durchs ganze Jahr in den Wiesen findet und die Erdarbeiten durch die Besitzer unter seiner Aufsicht erledigt werden) oder
 - b) eine auf die Hektarzahl ausgeschlagene Summe, die verhältnißmäßig um so größer sein muß, je kleiner die zu beaufsichtigende Fläche ist¹⁾.

§. 17. Bei Wiesengründen, auf denen das Gras alljährlich versteigert wird, wie dies z. B. auf Domanial- und vielen Gemeindewiesen der Fall ist, kann die Bezahlung theilweise in Procenten des Rohertrages erfolgen, der durch Fleiß und Umsicht des Wärters über einen bestimmten Durchschnittsertrag gesteigert wird.

W ä s s e r u n g s r e g e l n .

(Als Anhang zur Instruction für Wiesenwäarter.)

- §. 1. Je nach den Jahreszeiten unterscheidet man Herbst-, Winter-, Frühjahrs- und Sommerwässerung.
- §. 2. Von der Herbstwässerung.

¹⁾ Dieselbe kann bei einem Complex von 25 ha, wenn der Wäarter neben der Wässerung alle Arbeiten auf seine Kosten zu verrichten hat, nicht wohl unter 4 bis 5 Mk. pro Hektar und bei gestiegenen Löhnen mehr betragen.

Diese bildet die Grundlage für die Sicherung der Ernte im nächsten Jahre. Gleichwie der Landmann im Herbst das Wintergetreide für das nächste Jahr bestellt und die dafür bestimmten Felder düngt, so müssen auch die Wiesen alsbald nach der Grummeternte für die Bewässerung in Stand gestellt, die Gräben neu ausgeworfen, die Schleusen reparirt und das vorhandene Wasser andauernd über die Wiesen vertheilt werden.

Namentlich durch die Herbstregen werden Felder, Wege, Dorfstraßen, Canäle und Gassen ausgewaschen und fruchtbare Schlammtheile den Bächen zugeführt. Auch steht im Herbst das Pflanzenwachsthum auf den Wiesen still, oder wenn, in Folge einer frühen Wässerung, das Gras noch wächst, so bleibt es doch zu klein, um gemäht zu werden; es schützt dagegen die Wurzeln vor dem Erfrieren und sichert dadurch schon den Ertrag des nächsten Jahres, wenn es nicht, weil zu üppig gewachsen, ausfault.

Es ist daher leider einer der verbreitetsten und Hauptfehler bei der Behandlung der Wiesen, wenn, trotz vorhandenen Wassers, die Herbstwässerung unterbleibt.

Denn der Hauptzweck derselben ist die Düngung der Wiesen, und diese muß durch reichliches, vier bis sechs Wochen andauerndes Wässern möglichst so geregelt werden, daß das Wasser in jeder Woche vier bis sechs Tage lang über eine und dieselbe Stelle rieselt. Dann wird die Wiese durch den aufgewässerten Schlamm ein dunkles Ansehen erhalten, ein Beweis, daß dieselbe den erforderlichen Dünger erhalten hat. Durch starkes Wässern im Herbst werden auch die Mäuse aus den Wiesen vertrieben und die Herbstzeitlose kann im geschlossenen Rasen nicht überhand nehmen.

Die Herbstwässerung ist daher der wichtigste Theil der Wiesenpflege und sollte unter keiner Bedingung unterbleiben, selbst wenn sie auch nur mit hellem Wasser ausgeführt werden kann.

Vorsichtsmaßregeln: Je geringer das Gefälle der Wiese ist, um so sorgfältiger muß man wässern; d. h. man wende mehrere Tage starke Wasserschichten auf und lege einige Tage wieder trocken.

Bei geringem Gefälle und trübem Wasser wässert sich die Wiese leicht an einzelnen Stellen, namentlich an den Gräben ungleich hoch auf; man wende auf solchen mehr helles Wasser an.

Bei Wiesen mit starkem Gefälle ist diese Vorsicht weniger nothwendig und annoorige Wiesen können selbst mit Wasser, welches Sand und dicken Schlamm führt, sehr verbessert werden.

Bei Wiesen mit thonigem Boden muß man öfter und länger trocken legen, als bei Wiesen mit leichtem, lockerem Boden.

Alle Wiesen dürfen aber nicht bis zum Eintritt des Winters gewässert werden. Tritt Frost ein, so sollten die gewässerten Wiesen bereits dem Winterschlaf übergeben sein, d. h. so trocken liegen, daß sich kein Eis auf der Wiese bilden kann.

Deshalb muß die Herbstwässerung so früh als thunlich

(Anfang October) beginnen, und aus diesem Grunde ist die Herbstweide (wo sie überhaupt auf Wiesen besteht) das größte Hemmniß für deren Cultur, — der größte Schaden für die Wiesenbesitzer.

§. 3. Winterbewässerung findet statt, wenn das Wasser bei Frost (einerlei in welchem Monat) auf die Wiese fließt.

In dieser Zeit wird die Wässerung schädlich, wenn eine Eisdecke entsteht und diese sich fest auf den guten Rasen legt; die Eisdecke bleibt dagegen unschädlich, wenn das Wasser so lange unter derselben hinrieselt, bis solche geschmolzen ist, oder wenn das Eis auf sehr moosigem Rasen sich bildet, das Moos unter dem Eis verfault und besseren Gräsern Platz macht.

Auf guten Wiesen kann sonach die Winterwässerung bei Wassermangel oder Versäumniß leicht schädlich werden und nützlich nur dann, wenn auf schlechten Wiesen Moos und Sumpfgräser (bei gehöriger Entwässerung) vertilgt, oder trockner Heiderasen in eine Grasnarbe umgewandelt werden soll.

In diesen Fällen macht man von der zerstörenden Wirkung des Wassers — dem ausgesprochensten Endzweck der Winterwässerung — Gebrauch.

Nur ausnahmsweise kann auf guten Wiesen in gelinden Wintern die eigentlich düngende Wässerung bis in diese Jahreszeit (mit großer Vorsicht) fortgesetzt werden. Schneewasser darf in solchem Falle keine starke Verwendung finden.

Wässert man aus irgend einem Grunde im Winter, so muß stets reichlich Wasser vorhanden sein, namentlich dann, wenn saure Wiesen durch Bewässerung von schädlichen Stoffen (z. B. sogenanntem Kupferwasser) zu befreien oder trockne moosige Stellen in Wiesen umgewandelt werden sollen.

Eine sehr passende Winterarbeit ist das Uebererden der Wiesen mit Compost, Straßenkoth, Mergel (bei Moor- und Sumpfboden selbst mit Sand) und sonstigem bröcklichen Dünger, das Ueberstreuen mit Kartoffelstroh, Ausroden der Hecken zc.

§. 4. Die Frühjahrswässerung ist die schwierigste von allen und kann erst dann beginnen, wenn der Schnee von den Wiesen verschwunden und der Boden vollständig aufgethaut ist. Zweck der Frühjahrswässerung kann nicht sein, die Wiese zu düngen, denn die düngende Wässerung sollte im Herbst erfolgen; sie kann ebenso wenig eine Anfeuchtung bezwecken, wenn und wo noch genügende Winterfeuchtigkeit im Boden vorhanden ist.

Nur ausnahmsweise wird es vorkommen, daß im Frühjahr der Düngung und Anfeuchtung halber gewässert werden muß.

Die Frühjahrswässerung hat hauptsächlich den Zweck, auf den durch Herbstwässerung gut durchdüngten Wiesen die früh und üppig hervorkommenden Gräser gegen eintretende Spätfröste und kalte Witterung überhaupt zu schützen. Ist die Luft wärmer als das Wasser, so kann eine Wässerung nur schädlich wirken, weil Boden und Gras dadurch erkaltet werden; findet aber das Umgekehrte statt, so wirkt die Frühjahrswässerung erhaltend, indem sie, wenn auf

sonnige Tage sehr kühles Wetter eintritt, den raschen, den Graspflanzen schädlichen Wechsel sehr abweichender Temperaturgrade aufhebt.

Hat daher ein Reif die zarten Gräser betroffen, so wässere man die Wiese mit Tagesgrauen und wende das Wasser erst dann ab, wenn Fröste nicht mehr zu befürchten sind — bei hellen sonnigen Tagen nur Morgens und Abends, bei trübem, feuchtem Himmel jederzeit.

Bei der im Frühjahr so häufig wechselnden Witterung ist eine richtige Durchführung der erhaltenden Wässerung sehr schwierig und beweist, wenn sie gelingt, die Meisterschaft des Wärrers.

Bei dieser Schwierigkeit, im Frühjahr zweckmäßig zu wässern, muß es daher als der größte Fehler bei der Wiesenpflege angesehen werden, wenn, wie es leider so häufig der Fall ist, die düngende und Hauptwässerung des Jahres, anstatt in den Herbst, in das Frühjahr verlegt wird.

Nachstehende Vorsichtsmaßregeln gelten namentlich auch in dieser Jahreszeit:

1. Die Wiesen müssen eine schnelle Entwässerung zulassen, damit kein Wasser stehen bleibt, den Boden erkaltet und die Einwirkung der Luft und Sonne auf die Gräser abschließt.
2. Wiesen mit leichtem, durchlassendem Boden und starkem Gefälle leiden weniger durch unachtsame Frühjahrswässerung, während Wiesen mit Thonboden und geringem Gefälle sehr sorgfältig bei der Wässerung behandelt werden müssen.
3. In allen Fällen ist ein schwaches Veriefeln nachtheiliger als eine kräftige Wässerung und nur diese allein bei torfigem und anmoorigem Boden, der sich ohnehin schwer erwärmt, mit großer Vorsicht anwendbar.
4. Gegen Mitte und Ende April¹⁾ läßt sich das Wachsthum der Gräser und Kräuter wesentlich durch die auflösende Kraft der Wässerung unterstützen, wenn solche nicht so stark geschieht, daß sie schädlich wirkt.

§. 5. Die Sommerwässerung hat zum Zweck, den Gräsern die zum Wachsen erforderliche Feuchtigkeit zu geben.

Eine eigentliche Wässerung darf nur bei sehr trockenem Wetter und Boden stattfinden, damit die Gräser nicht welken und absterben.

Zum Anfeuchten genügt in den meisten Fällen ein schwaches Wässern oder das Anfüllen der Rinnen mit Wasser, das man einsickern läßt.

Starke Wässerung vor der Heuernte erzeugt saures Gras und verschlammmt das Heu, das hierdurch für die Thiere ungesund wird.

Das Wasser darf nur Morgens, Abends oder Nachts auf- und abgewendet werden, weil das Wasser bei Sonnenschein meistens kälter als die Luft ist und durch rasche Abkühlung schädlich wirken könnte.

¹⁾ In hochgelegenen Gegenden im Mai.

Einen Tag vor dem Mähen giebt man die letzte Anfeuchtung.

Nach der Heuernte müssen die Gräben insoweit hergestellt werden, daß eine geregelte Wässerung möglich ist.

Diese erfolgt am besten bei feuchtem Boden und feuchter Witterung unmittelbar nach vollendeter Ernte, weil dann der Ertrag weit höher ist, als wenn man längere Zeit aussetzt.

Bei trockner Lage und wenig Wasser muß namentlich unmittelbar nach der Heuernte wieder gewässert werden.

Se feuchter Juli und August sind, um so weniger hat man zu wässern und vielmehr das Wachsen des zweiten Grasschnittes dadurch zu befördern, daß man zwischen dem Wässern längere Zeit trocken legt.

12. Eine Planlage und deren Begründung.

Es ist dieselbe ein Bruchstück aus einer Zusammenlegungssache und soll §. 208. kritisch besprochen bzw. abgeändert werden.

Die geometrischen und nivellitischen Unterlagen sind aus der beigelegten Karte der Wiese (Tafel I) ersichtlich.

A. Berechnung der Wassermenge.

Der Plan stellt den untersten Theil der Wiesengemarkung mit rund 9 bis 10 ha dar und wird von einem Bach durchflossen, dessen Quellgebiet in 560 m Meereshöhe, also im höheren Bergland, etwa 8 km von der Wiesenfläche entfernt liegt und dessen Regengebiet bis zur gedachten Wiesenfläche mindestens 18,75, höchstens 25 qkm umfaßt.

Die auf einer höher, wenn auch entfernter gelegenen Station beobachteten mittleren Niederschlagshöhen betragen für

- | | |
|---|---------|
| a) die herbstliche Wässerungsperiode (October und November) | 0,220 m |
| b) die Frühjahrsperiode (März und April) | 0,120 „ |
| c) die Zeit der Heuernte (Juni und Juli) | 0,225 „ |

ohne die zwischenzeitlich aufgespeicherten Quellzuflüsse des Regengebietes und die Zunahme des Regenfalles im tiefer gelegenen Wiesengebiet.

Der wirkliche mittlere Abfluß des Baches berechnet sich nach Abzug des versickerten und verdunsteten Wassers und unter dem Vorbehalt, daß der Herbst mit 40 Proc., das Frühjahr mit 55 Proc. und der Sommer mit nur 20 Proc. Abfluß aus dem Quellgebiet in Rechnung gestellt wird, für ein Quadratkilometer pro Secunde¹⁾ (in Tausendtheilen des Cubikmeters) im

¹⁾ Bei 0,220 m Niederschlag entfallen pro Quadratkilometer 220000 cbm und auf jeden der 60 Tage 3666, also pro Secunde $\frac{3666}{86400} = 0,042$ cbm; 40 Proc. hiervon sind rund 0,0167 cbm oder 16,7 Liter.

Herbst auf	16,7 Liter
Frühjahr auf	12,5 "
Sommer auf	8,5 "

Der Bach führt sonach aus 18,75 qkm Regengebiet im wahrscheinlichen Mittel ab pro Secunde:

im Herbst	261 bis 313 Liter
" Frühjahr	196 " 234 "
" Sommer	133 " 159 "

Da das Wasser aus den durchflossenen Feldern und Ortschaften düngenden Stoff aufnimmt, so bedingen zur herbstlichen Nieselzeit 30 Liter pro Hektar und Secunde eine gute Wirkung, und es können mit 313 Liter von der Gesamtfläche des Wiesenthales mit 37,5 ha rund 10 ha gleichzeitig beriefelt werden. Die unteren Wiesentheile empfangen allerdings bereits abgeriefeltes Wasser, wenn nicht theilweise mit der Nieselung unten im Thale begonnen und nach aufwärts fortgeschritten wird.

Für die schwächere und periodische Frühlingsriefelung können nur 10 bis 15 ha die erforderliche Anfeuchtung erhalten und ausgiebig genug bewässert werden, ebenso nach der Heuernte. Denn bei anfeuchtender Nieselung im Sommer nach italienischer Art reichen wöchentlich $(159 \times 7) = 1113$ Liter für ebenfalls rund 10 ha aus (§. 93).

B. Die Bodenbeschaffenheit.

§. 209. Die geologische Unterlage des Regengebietes gehört dem oberdevonischen kalkhaltigen (Kramenzel-) Schiefer und Kulm an, letzterer vorzugsweise als bunte Schiefer mit einzelnen Einlagerungen von Grauwackenbänken auftretend. Beide Bildungen sind häufig, besonders im oberen Theile sehr verbreitet von Diabasen durchbrochen.

Das hieraus entstandene Anschwemmungsgebilde ist ein genügend durchlassender, etwas kalk- und kalihaltiger, lehmiger Sand und sandiger Lehm, dessen feinste Bestandtheile sich, dem abnehmenden Gefälle des Thales gemäß, gerade in dem untersten Wiesentheile in tieferen Schichten abgelagert haben und eine gute Unterlage für Nieselwiesen bilden¹⁾. Es fehlen indessen im Untergrunde auch etwas thonhaltiger Boden und zertrümmerter Fels nicht.

¹⁾ Hier hätte auch die Beschreibung der Rasennarbe nach Maßgabe der vorkommenden Süß- oder Sauergräser, der nützlichen Kräuter und Unkräuter Platz finden müssen, weil daraus ohne Weiteres auf den Grad der Trockenheit oder Feuchtigheit der Wiesen und die größere oder geringere Nothwendigkeit der Entwässerung und Bewässerung geschlossen werden kann.

C. Der Bachlauf und seine Correctur.

Der natürliche Lauf eines solchen Baches muß, jahrelang sich selbst überlassen, zumal in leichtem Boden in vielen unregelmäßigen Windungen verlaufen und sein ungleich vertheiltes Gefälle bedingt, daß stärkere Fluthen die Ufer des unregelmäßigen Profils überströmen, wobei der abgesetzte Schlick das Gelände am Bache entlang stärker, als das weiter abliegende Terrain erhöht. Dies zeigen die Horizontallinien des Planes deutlich und veranlassen nur allzu leicht, an eine Verlegung des Baches in jene Tiefpunkte zu denken um damit eine gleichzeitige Regulirung des Baches in sanft geschwungenen Linien zu verbinden.

Hieraus würde folgen:

- a) das Ausheben des neuen roth eingezeichneten Bachbettes;
- b) das Zufüllen des alten Bettes und ein nicht unbedeutender Erdtransport und
- c) eine relative Vermehrung des Bachgefälles, was ein Vertiefen seiner Sohle und Einstürzen der aus lockerer Erde bestehenden Böschungen im Gefolge haben müßte (§. 123).

Die Kosten von a) und b) würden durch den Landgewinn aus wegfallenden Krümmungen nicht entfernt ausgeglichen, weil auch der Erdgewinn aus dem neuen Bachlaufe nicht hinreichte, das alte weit längere Bachbett zu füllen. Es bliebe vielmehr hier eine Mulde bestehen, in welche die Fluthwasser sich nur allzu leicht ergöffen, die neu beraste Oberfläche zerstörten und kostspielige Nachbesserungen nöthig machten.

Die stärker abfallende Sohle des neuen Bachbettes ließe sich zwar durch eingelegte Querschwellen und steinerne Abstütze befestigen; auch könnten die flachen Böschungen durch mit Weiden besteckte Längsfaschinen einigermaßen geschützt werden; allein dennoch würden größere Nachbesserungen nicht wohl ausbleiben, weil schon jetzt die Fluthwellen je nach der Anschwellung des Baches mit einer Geschwindigkeit von 0,9 bis 1,50 m pro Secunde der Rechnung gemäß verlaufen müssen.

Dazu kommt, daß die Regulirung von Bächen und kleineren Flüssen als solche den Rohertrag der Wiesenfläche nicht positiv vermehrt, was meist in höherem Maße erreichbar wäre, wenn die unproductiven Regulirungskosten für productive Bewässerungsanlagen sachgemäße Verwendung fänden.

Und doch begeistern sich viele Techniker und staatliche Hydrotekten nur allzu leicht für das Ausheben neuer Bachläufe, und der Landwirth opfert den unfruchtbaren, weil rein örtlichen Uferbauten große Summen, welche mit dem Ertragswerth der so gewonnenen Land- und Uferstreifen vielfach nicht in angemessenem Verhältniß stehen.

Damit sollen kleinere, unbedingt nützliche Durchstiche bei Regulirung der Wasserläufe nicht überall verworfen werden; ja es können sogar Bachverlegungen in relativ größerem Umfange volllauf berechtigt sein, wenn dadurch wirklich culturelle, insbesondere Bewässerungszwecke befördert und durch mehrfache Wiederbenutzung des Nieselwassers die Hoherträge entsprechend gehoben werden.

Dies ist nun bei der roth gezeichneten Bachverlegung nicht, wohl aber der Fall, wenn der neue Bach dahin gelegt und so in **Stagen** ausgebaut wird, daß er gestaut als Hauptzuleitung und als allgemeiner Sammelteich dient und es ermöglicht, den letzten Tropfen Wasser, besonders in trockeneren Jahren wiederholt productiv verwenden zu können. In diesem Sinne ist der neue, blau eingezeichnete Plan und die abgeänderte Lage des Baches zc. gedacht und berechtigt.

Bei kleineren Gewässern ist es, obwohl amtlich vorgeschrieben, unnöthig, die Höhengoten stets an Normal-Null anzuschließen, zumal für Zwecke des Wiesenbaues, wobei die Erdarbeiten, der möglichsten Kostenersparung halber, auf ein Mindestmaß zu beschränken sind, und ferner ist es unpraktisch, die Längen- und Quersprofile auf eine im Boden liegend gedachte Basis zu beziehen. Diese ist vielmehr durch denjenigen Terrainpunkt zu legen, von welchem das Nieselwasser entnommen wird, damit die Höhengoten nicht auf-, sondern abwärts berechnet und eingetragen werden¹⁾. Der erforderlichen Umrechnung des Nivellements halber ist indessen hier von dieser Verbesserung abgesehen worden.

Ein Abweichen von dieser Regel ist nur bei Entwässerungen in ebenem Terrain gerechtfertigt, weil hier die Basislinie zweckmäßig durch den Vorfluthpunkt, mithin unter die Erdoberfläche zu legen ist, auch hierauf alle die Gefällgrößen der Canal- und Grabensohlen direct zu beziehen sind.

Für die relativ geringen Erdarbeiten in Wiesen und ihre Beurtheilung ist ferner ein starkes Verzerren der Profile nur unbecquem und irreleitend.

a) Die Lage des Baches.

§. 211. Die (roth eingezeichnete) Bachverlegung im oberen Theile der Wiesenabtheilung ist auch im Sinne der Wasserab- und Zuleitung unnöthig; es

¹⁾ Innerhalb des metrischen Maßsystems läßt sich bei Wiesen- und Wasserbauten überhaupt der amtliche Gebrauch nicht mehr rechtfertigen, Steigungen und Neigungen immer noch nach dem Böschungsverhältniß (mit der Höhe 1 auf wechselnde Längen) zu bezeichnen, obwohl dies für Straßen und Eisenbahnen noch angehen mag. Bei Wasserleitungen und ihren geringen Gefällgrößen sollte nur noch die Procent- und Promille-Bezeichnung Platz greifen, weil diese eine unmittelbare Vergleichung der wechselnden Gefällunterschiede vermittelt, während Reihen wie $\frac{1}{381}$, $\frac{1}{200}$, $\frac{1}{468}$ zc., die thatsächlich noch bei dem Wasserbau vorkommen, eine praktische Verwerthung der Gefällunterschiede nur auf einem Umwege gestatten. — Die früheren amtlichen Vorschriften für Aufstellung von Meliorationsplänen sind daher in dieser Hinsicht jetzt veraltet.

können beide Zwecke und zugleich die Bachregulirung durch Abschneiden der stärkeren Krümmungen und Nachbessern der alten Ufer mit $1\frac{1}{2}$ bis 2fachen Böschungen sehr wohl den geregelten Verlauf erhalten, wie derselbe in blauen Linien eingezeichnet ist.

Im mittleren Theile liegt der alte Bach bereits mitten in der Wiese und muß, will man anders sein ganzes Wasser für Kieselzwecke mehr ausnutzen, in gerader Linie als Hauptzuleitungsgraben bis zur unteren Grenze fortgeführt werden.

Von Höhengcote 30 fällt daher der alte Bach ganz fort und wird durch starkes Böschchen seiner Ufer zu einer flachen berasteten Mulde gestaltet, welche an der tiefsten Stelle eine in den Rasen eingeschnittene Ableitung erhält, deren Sohle, durch Steinschwellen gefestigt, auch außergewöhnliche Fluthen ohne Gefährde abzuleiten gestattet.

Bei Station 27 liegt die Wiesenfläche auf 35,10 m

" " 34 dagegen " 29,00 "

Also Höhenunterschied 6,10 m

Dieses Gefälle vertheilt sich auf rund 548 m, beträgt also 1,113 Proc. Denselben Abfall würde also auch die neue ausgeglichene Bachsohle erhalten und eine Geschwindigkeit bei Fluthen erzeugen, welche der Sohle und den Ufern gefährlich werden müßte. Diesem entgeht man durch Einrichtung von Abstürzen in der Bachsohle, wodurch zugleich der Wasserspiegel örtlich mehr oder minder gehoben und die Zuleitung des Kieselwassers auf die Wiese erleichtert, auch seine Rückleitung in den Bach unterhalb der Abstürze, bezw. seine Wiederbenutzung ermöglicht wird.

Diese Abstürze brauchen weder gleiche Höhe noch gleiche Abstände zu erhalten; sondern werden bei örtlich starkem Gefälle näher, bei schwächerem weiter aus einander und wesentlich so gelegt, daß sie die Erdarbeiten örtlich erleichtern und verbilligen.

Die Abstürze I bis VI erhalten der Reihe nach eine Höhe von 1,00, 0,75, 0,75, 0,60, 0,75 und 0,78 m über der Sohle und bleiben im Mittel etwa 0,30 m unter der Wiesenfläche.

Um daher das Wasser des Baches nach rechts und links über die Wiese zu leiten, werden Ueberfallstaue von wechselnder Höhe auf den Abstürzen errichtet, und um das unregelmäßige Austreten des Baches bei Fluthen zu verhüten, müssen seine Querschnitte in den Ufern nach Bedarf erhöht, bezw. durch beiderseitig entlang ziehende Etagerücken zu Fluthprofilen gestaltet werden.

Oberhalb des Staues V muß im alten aufgelassenen Bach, wo derselbe von dem neuen Bachlaufe geschnitten wird, ein Ueberfallwehr errichtet werden, um die Fluthen theilen zu können.

b) Das Bachprofil.

§. 212. Für die annähernde Bestimmung eines neuen Normalprofils hat man von den örtlichen Mittel- und Hochwasserständen des nicht regulirten Baches in seinen einzelnen Abschnitten und von deren Gefällwechsel auszugehen, auch zu beachten, ob und inwieweit das frühere Profil besonders für die Gras und Heu verschlammenden Sommerfluthen nicht genügte, während theilweise Ueberschwemmungen der Wiesen im Herbst und Winter unschädlicher sind.

Zeigte z. B. in diesem Falle der größte Querschnitt des alten Baches eine Sohlenbreite von 1,40 m, eine Wassertiefe von 0,85 m und einen unregelmäßigen Querschnitt von 1,190 qm, so können darin bei einem Sohlengefälle von 2 : 1000 mit der nach Kutter berechneten Geschwindigkeit von 0,92 m 1,095 cbm pro Secunde abfließen.

Oben wurde das größte mittlere Sommerwasser zu 159, rund 160 Liter pro Secunde und pro Quadratkilometer berechnet; es würden also auf 18,75 qkm rund 3000 Liter pro Secunde entfallen, welche das Normalprofil fassen muß, die indessen bei starken Gewitterregen auch mehr betragen können¹⁾.

Für jene Literzahl ist also im neuen Bett Raum zu schaffen, und da eine mittlere Geschwindigkeit von 1 m pro Secunde nicht wohl überschritten werden darf, auch durch die eingelegten Abstürze das natürliche Sohlengefälle und die Uferhöhen örtlich vermindert sind, so kann die Vergrößerung des Profils nur durch eine erweiterte Sohle und flache Böschung erzielt werden.

Indessen lehrt die Erfahrung, daß bei Fluthen das Spiegelgefälle des Wasserlaufes stärker anwächst, als dem Sohlengefälle entspricht, und der Wasserspiegel sich selbst derart ausgleicht, daß Wehre und die Fachbäume der geöffneten Schleusen für das Auge verschwinden. In diesem Falle werden indeß trotz der vorübergehend sehr gesteigerten Geschwindigkeit die eingebauten Abstürze eine schädliche Auskolkung der Sohle und flachen Uferböschungen verhindern.

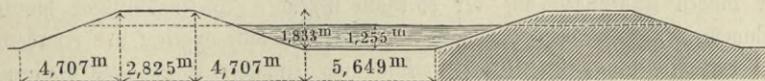
Dagegen sind die Bachufer um die Höhe der künstlichen Abstürze erniedrigt und die Sommerfluthen würden hier schädigend auf die Wiesen übertreten, wenn keine künstliche Ufererhöhung stattfände.

¹⁾ Für den Herbst werden pro Quadratkilometer 313 Liter pro Secunde berechnet, auf 18,75 qkm also rund 5868 Liter, welche indessen, durch Verdunstung und Versickerung bei ausgedehnter Nieselung wesentlich abgemindert, ihren Weg nur zum Theil durch den Bachlauf nehmen, weil die ganze Fläche unter Wasser gesetzt wird, was im Sommer nicht zulässig ist. — Auch kann in der untersten Wiege eine große Wassermenge in dem aufgelassenen, sehr flach geböschten und befruchteten alten Bach unschädlich abrinnen und dessen durch Anjaat gebildete Narbe kräftig düngen.

Für den Hydrotekten liegt es nahe, dieselbe durch unproductive Dämme zu bewirken; der Culturtechniker dagegen wird die Gras tragende Fläche niemals in dieser Weise beschränken, sondern erbreitert die allzu niedrige $1\frac{1}{2}$ bis 2fache Uferböschung in gleichbleibender Neigung nach oben, bis sie die örtlich nöthige Höhe erreicht hat, und säumt den Bachlauf rechts und links durch parallel damit laufende Stagenrücken, um so in einfacher Weise das erforderliche Hochwasserprofil herzustellen.

Verwerflich sind daher Dammschüttungen (Fig. 69), wie sie u. a. in der Bocker Heide vorkommen und beiderseits 12,239 m breite Sohlen zeigen, mithin

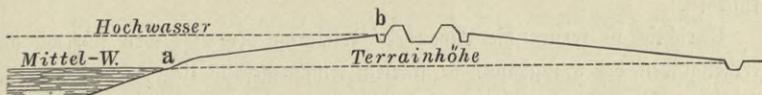
Fig. 69.



pro laufendes Meter 24,478 qm bedecken und, obwohl mit Rasen belegt, nicht entfernt den Ertrag geben, als wenn sie, wie bei der Anordnung in Fig. 70, bewässert werden können.

Die Neigung der Fläche *ab* verläuft um so steiler, bzw. schmäler, je höher die Ufer des Fluthprofils künstlich zu gestalten sind; die zum Ausbau

Fig. 70.



dieser Stagenrücken erforderliche Erde wird aus den Böschungen des Baches genommen, mithin an demselben Orte sehr billig verarbeitet.

Um die Wassertiefe und damit die Geschwindigkeit nicht allzu sehr zu steigern, darf die Sohle wohl kaum unter 2 m betragen, wobei ihre Capacität zweckmäßig noch durch eine muldenförmige Form erweitert ist, welche sie ohnedies mit der Zeit annehmen wird.

Bei $1\frac{1}{2}$ facher Böschung mit einem Sohlengefälle von 1 : 1000 und einer Wassertiefe von 0,6 m führte das Profil nach den Rutter'schen Tabellen etwa 1000 Liter mit einer annähernden Geschwindigkeit von 0,6 m pro Secunde oder etwa $\frac{1}{3}$ des oben berechneten Fluthwassers, und im Falle dessen Spiegelgefälle vorübergehend auf 2,4 : 1000 anwächse, sogar 1500 Liter.

Die Wassertiefe von 0,6 m ist ohnehin nöthig, um das Bachwasser in die Zuleitungen zu treiben, und dieser Höhe müssen sowohl die Ufer- wie die Stauhöhen entsprechen.

Steigen die Fluthen selbst bei geöffneten Stauen höher, so überschwemmen sie vorübergehend die nach dem Bache liegenden Seiten der Stagenrücken, welche, um dem Verderb des Futters zu entgehen, am besten als Graswiesen genutzt werden.

c) Die Construction der Staue

ist aus der Karte zu ersehen und bedarf keiner weiteren Erläuterung (S. 136).

D. Die Bewässerungsaufgabe im Besonderen.

Prüft man das roth eingezeichnete Project auf seine Zweckmäßigkeit, so begegnet man gewichtigen Anständen, u. a. daß beide Thalseiten an ihren höchsten Stellen durch je 600 m lange Zuleitungen gesäumt sind, wozu noch die langen Führungen auf der oberhalb liegenden Wiesenabtheilung hinzukommen. Auch sind diese Leitungen mit starkem Gefälle angelegt und erfordern bei der Rieselung eine Unzahl wenn auch einfacher Staue aus Steinen, Pfählen und Rasen, um das karge Wasser auf die Wiese zu leiten. Der hauptsächlichste Nachtheil ist aber, daß der, der langen und etwa im Mittel 130 m breiten Wiese gegenüber relativ geringe Wasservorrath nur einmal benutzt wird und unmittelbar in den Bach zurückfließen würde, die wiederholte dringend nöthige Benutzung des Rieselwassers also unmöglich ist.

Diese besonderen Mißstände sind deshalb bei dem (blau eingezeichneten) Project durch die Führungen des corrigirten Baches in Staltungen (Stagen) vermieden.

Unrichtig ist ferner die Lage der Zuleitung Nr. 20, weil sie (wie die Vertheilgräben des Hangbaus) in starkem Flächengefälle liegt, was auch für die Leitung Nr. 20, obwohl in etwas minderem Maße, gilt.

Bei Hauptzuleitungen sollte eine thunlichst wagerechte Führung unbedingt festgehalten werden, damit möglichst große Flächen davon beherrscht bleiben und ihr Wasser leicht zum Ausfließen zu bringen ist.

Auch die rechts und links vom Bache abgezweigten Zuleitungen Nr. 21 und 22 sind in ihren Anfangsstrecken mit zu starkem Gefälle angelegt. Sie sollten höher vom Bache ausgehen und würden so eine weit größere Rieselfläche beherrschen können, wenn nicht die Einmündung der Ableitung Nr. 7 ein störendes Moment bildete und aus diesem Grunde beanstandet werden müßte.

Bei der (roth eingezeichneten) Entwässerungsanlage ist die Ableitung Nr. 7 durch die vorgesehene Bachverlegung bedingt, fällt aber durch die (blau gezeichnete) Correctur des alten Baches im neuen Project aus.

Die Ableitung Nr. 8 ist durch einen unterhalb derselben vorgesehenen (nicht eingezeichneten) Heuweg nöthig und fällt weg, sobald dieser zweckmäßiger angelegt wird. Dies geschieht, wie auch bei einem an der Ableitung Nr. 9 entlang vorgesehenen Heuweg, welche beide mit ihren Abzweigungen die Wiese unzweckmäßig und die Bewässerung schädigend durchziehen, wenn man sich klar macht, daß die Heuwege werthvolles Land wegnehmen und daher auf den kürzesten Linien als beraste Flächen derart auszu-

weisen sind, daß sie die Abfuhr zur Trockenzeit gestatten, ihr Grasbetrag aber zu Gunsten der Genossenschaft verkauft wird. Dennoch ist bei richtiger Lage eine genügende Feuchthaltung und Trockenlegung dieser Wege sehr wohl zu erreichen.

Die oben gedachten Hauptentwässerungen entfallen im neuen Plane völlig, weil der corrigirte Bach alles Kieselwasser durch kleine secundäre Entwässerungsrinnen, die nach Bedarf durch Röhren selbst unter einer aufgedämmten Zuleitung hindurch unterführt werden können, aufnimmt und wiederholt verwenden läßt.

Die neuen, vom corrigirten Bach, welcher neben der Hauptentwässerung zugleich den Hauptzuleitungscanal bildet, nach rechts und links oberhalb der Abstürze ausstrahlenden (blau gezeichneten) secundären Zuleitungen erhalten bei größerer Erstreckung im ersten Drittel ein Gefälle von 1:1000, im zweiten 1:2000, im dritten 3:1000; ihre Höhenlage im Terrain ist verschieden und muß so bemessen werden, daß das Wasser leicht ausfließen kann; sie müssen daher in den flacher liegenden Stellen der Wiese (wo die Horizontalen weiter aus einander liegen) nach Bedarf etwas aufgedämmt, können aber bei stärker (mehr als 4 Proc.) abfallendem Terrain eingeschnitten werden und auf diesen Strecken zugleich die Ableitung für das oberhalb liegende bewässerte Gelände bilden.

In den aufgedämmten Strecken ist dies unmöglich; es ist deshalb oberhalb derselben eine Ableitungsrinne in den Rasen einzuschneiden und dahin zu führen, wo die Zuleitung im Einschnitt liegt, dies ist nur thunlich, wenn die Zuleitung aus einer Fläche mit geringem in eine solche mit verstärktem Gefälle übergeht, wie dies im Terrain des linken Bachufers aus den sich nähernden Horizontalen ersichtlich und durchführbar ist.

Wo dagegen das Gelände, über welches die aufgedämmten Zuleitungen §. 214. hinziehen, annähernd nur 2 bis 3 Proc. Gefälle in längerer Erstreckung zeigt, und Hangbau beibehalten werden soll, muß man sich dadurch helfen, daß die Sohle der Zuleitung (mit einem Gefälle von 1:1000) und diese selbst derart in Stagen geführt wird, daß einzelne Strecken ganz in den Boden eingeschnitten werden, mithin das von oben zufließende Kieselwasser aufnehmen, also entwässernd wirken, auf der folgenden Strecke aber in ihrer Richtung so weit herunterrücken (bezw. einen tiefer liegenden Horizont in sehr spitzem Winkel schneiden), daß ihre Sohle wieder mit der Wiesenfläche zusammentrifft, von hier aus das Profil völlig aufgedämmt wird, und das sämmtliche Kieselwasser durch in die Dämmchen eingelegte Röhren in die Vertheil- und Kieselrinnen (§. 120) ergießen.

Die Sohle dieser, die Ent- und Bewässerung in derselben Trace vereinigenden Gräben muß zu diesem Zweck von Strecke zu Strecke in kleinen Staffeln von 25 bis 30 cm abfallen; sie verkörperrn, wie der corrigirte Bach

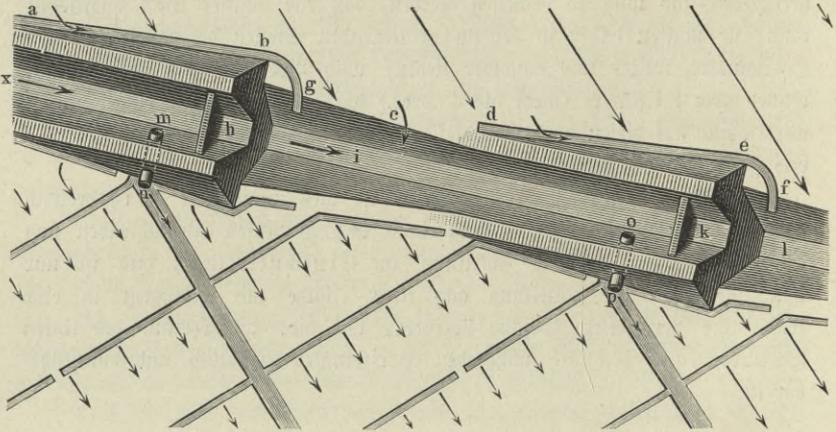
in größerem Maßstabe, also in Form von Gräben dasselbe Stagenprincip, welches bei Flächenumformung auch im Stagenhang und Rückenbau zur Anwendung kommt¹⁾.

Dieses Stagenprincip, in dem Wiesengelände und den Wasserläufen sachgemäß angepaßter Art durchgeführt, kennzeichnet den modernen fortgeschrittenen Wiesen- und Wasserbau und sollte immer allgemeiner angewendet werden²⁾.

Der kleine Plan (Fig. 71) erläutert die Bauart der oben besprochenen Stagenzu- und -Ableitungen.

Die erste Strecke ist mit wagerechten Dämmchen eingefaßt und schließt bei *x* an einen Bach *z*. an; ihre Sohle, wie auch die der folgenden Strecken, erhält 1:1000 Gefälle. Bei *h* ist ein kleiner Ueberfallstau, welcher, wenn geschlossen, das einströmende Wasser durch die Röhre *m* unter dem Damm

Fig. 71.



hindurch in den Verteilgraben *n* und in die anschließenden Rieselrinnen fließen läßt.

Die Sohle der zweiten Strecke wird bei *i* um 25 bis 30 cm eingegraben und, in spitzem Winkel das Hauptgefälle durchkreuzend; so weit tiefer liegend als die Horizontale der ersten Strecke fortgeführt, bis ihre Sohle etwa bei *d* die Oberfläche erreicht; die Erde aus dem Einschnitt *id* dient zur weiteren Herstellung und Erhöhung der Grabenstrecke *de* durch keilartig auslaufende Dämme, wodurch der Graben von *d* bis *e* genügend hoch auf die Wiesenfläche

¹⁾ Gräbenführungen dieser Art sind neu, weil bisher in der Literatur nicht beschrieben, und von dem Verfasser zuerst auf der Domaine Nachod (Böhmen) eingerichtet und zweckmäßig befunden worden.

²⁾ Es ist hier die Regulirung der Wildbäche (§. 124), der Schiffahrt-Canalbau und die Canalisirung der schiffbaren Flüsse gemeint, womit sich die Hydrotekten der alten Schule noch immer nicht genügend befreunden wollen.

zu liegen kommt und sein gesammtes Nieselwasser schon von *d* ab über dieselbe ergießen kann, sobald der zweite Ueberfallstau bei *k* geschlossen wird. Von *g* bis *e* kann kein Wasser austreten, weil hier der Graben eingeschnitten ist und mit dem daraus gewonnenen Rasen und Erde die Dämmchen von *d* bis *e* formirt werden; wohl aber kann von *g* bis *d* die oberhalb liegende Fläche nach den eingeschnittenen Grabenstrecken hin entwässern, wie die Entwässerungsrinnen *abg* und *def* andeuten. Unterhalb *k* bis *l* wird die Sohle wieder um 25 bis 30 cm eingesezt und die nächste Strecke in einem Winkel zur vorigen, wie oben gezeigt, abgesteckt.

Die Länge der einzelnen entwässernden und bewässernden Strecken wird nach den Rasen- und Erdmassen bemessen, welche aus den Einschnitten entfallen, und für die nächste aufgedämmte Strecke ausreichen müssen. Die Länge jeder Etage hängt daher von der Breite der Grabensohle, der inneren, etwa einfachen Böschung und von dem Maß der jedesmaligen Senkung der Sohle ab.

Diese Art des Grabenbaus fördert außerordentlich, weil Rasen-, Erd- und Transportarbeiten geringe sind. Indeß besteht dabei der Nachtheil, daß, neben dem Sohlengefälle von 1:1000, bei jeder Etage 25 bis 30 cm an der Höhenlage des Grabens verloren gehen, der letztere also in der Fläche immer weiter nach unten rückt und dadurch einen stetig verkleinerten Flächenstreifen beherrscht.

Der überwiegende Vortheil beruht aber darin, daß man selbst bei Flächenfällen von 2 Proc. noch Hangbau ohne Nachtheil betreiben kann, und jenseits der obersten Grabendämme der Bau einer besonderen tief eingeschnittenen und stark geböschten Entwässerung erspart wird, auch das Nieselwasser, auf der Oberfläche in aufgedämmten Gräben fortgeleitet, leicht auf die Oberfläche zu bringen ist.

Die Grabenprofile der neuen Zuleitungen des vorliegenden Pro- §. 215.
jectes rechts und links des Baches gestalten sich außer nach ihren von 1 bis 3:1000 wechselnden Sohlengefällen nach der jedesmaligen Grabenlänge und dem Landstreifen, welchen sie beherrschen, verschieden, erhalten aber dieselbe innere, etwa $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ fache Böschung und eine relativ breite Sohle, bei geringer Wassertiefe, damit sie nicht zu stark aufgedämmt oder eingeschnitten zu werden brauchen.

Ferner ist für ihre Querschnitte maßgebend, daß sie für dringende Bewässerung mindestens 30 Liter pro Secunde und Hektar führen müssen, da ihnen ja auch das aus den oberen Flächen abrinneude Nieselwasser theilweise wieder zufließt.

Hiernach können die einzelnen Profile aus den Kutter'schen Tabellen ohne weitere Rechnung entnommen werden.

Um das Einfließen bestimmter Wassermengen, welches in Folge der Ueberfallstau auf den Abstürzen unter Druck erfolgt, nach Bedarf regeln zu können, müssen die Einflußöffnungen auf jeder Uferseite nach dem

höchsten Wasserbedarf bemessen, bezw. beliebig geschlossen und geöffnet werden können.

Hierzu dienen anstatt der früheren Kastenschleusen aus Eichen-, Lärchen- und Kiefernholz (§. 120) neuerdings Cementröhren mit und ohne besonderen Verschuß, welche bei Verwendung guten Materials und bei richtiger Einlage dauerhaft sein sollen¹⁾.

Im Einzelnen können die Bauformen je nach dem wechselnden Flächengefälle verschieden, immerhin aber relativ einfach sein.

Wo die Horizontalen näher zusammenrücken, wird man natürliche Hangbau einrichten; wo sie nur 2 Proc. anzeigen, können streckenweise Etagen-Zu- und -Ableitungen, und darunter einfache Hanganlagen genügen. Wo dagegen nach Lage und Bodenart Stockung des Kieselwassers im Boden und Versumpfung zu befürchten sind, was der Kundige schon aus dem Bestande der Grasnarbe erkennt, ist wenigstens Etagenhang einzurichten, wie z. B. rechts und links der Staue V und VI, während in feuchteren Stellen der einfache natürliche oder der Etagenrückebau vorzuziehen sind. Es sind hierüber die betreffenden Capitel zu vergleichen.

Es würde zu weit führen, alle diese Einzelheiten hier zu besprechen und in dem Plan zu verzeichnen, weil jene Entscheidung sachgemäß nur auf dem Object selbst, nicht aber im Zimmer getroffen werden kann, weshalb denn auch den amtlichen Superrevisionen von Meliorationsplänen auf Grund der Karten, Begleitberichte und Voranschläge ohne genauere autoptische Kenntniß der betreffenden Grundstücke keine durchschlagende Bedeutung beizulegen ist.

Deshalb sind Terrainstudien an Ort und Stelle und besonders auch zur Verhütung unnöthiger Kosten Abänderungen der allgemeinen Planlage während des Ausbaues der Anlagen so überaus wichtig und amtlich zu gestatten.

Ausflußmengen pro Secunde durch Mündungen von Schützen mit horizontalen Ansatzgerinnen.

Höhe des Wasser- spiegels über Oberante der Schützenöffnung m	Höhe der Schützenöffnung m	Breite der Schützenöffnung		
		0,25 m cbm	0,5 m cbm	1,0 m cbm
0,1	0,1	0,025	0,050	0,099
	0,2	0,053	0,107	0,213
	0,3	0,084	0,168	0,337
	0,4	0,118	0,235	0,471
	0,5	0,154	0,308	0,616

¹⁾ Vergleichen liefert u. A. die Firma B. Liebold u. Co. in Holzminden speciell für Wiesenbauzwecke angefertigt.

Höhe des Wasser- spiegels über Oberkante der Schützenöffnung m	Höhe der Schützenöffnung m	Breite der Schützenöffnung		
		0,25 m cbm	0,5 m cbm	0,1 m cbm
0,2	0,1	0,033	0,066	0,132
	0,2	0,069	0,137	0,275
	0,3	0,106	0,212	0,424
	0,4	0,144	0,288	0,577
	0,5	0,158	0,370	0,740
0,3	0,1	0,040	0,079	0,159
	0,2	0,081	0,162	0,324
	0,3	0,123	0,246	0,492
	0,4	0,166	0,332	0,664
	0,5	0,211	0,421	0,843
4	0,1	0,045	0,091	0,182
	0,2	0,092	0,183	0,367
	0,3	0,139	0,278	0,556
	0,4	0,187	0,373	0,747
	0,5	0,234	0,468	0,935
0,5	0,1	0,050	0,101	0,202
	0,2	0,102	0,203	0,407
	0,3	0,153	0,306	0,613
	0,4	0,205	0,410	0,820
	0,5	0,257	0,514	1,028

Es sind dieser Berechnung die Versuche von Lesbros zu Grunde gelegt, und ist angenommen, daß die Höhe des Wasserspiegels in einiger Entfernung von der Schütze in als ruhend anzusehendem Wasser gemessen wird. Sobald das Wasser in einem Gerinne gegen die Schütze in Bewegung ist, wird der Wasserdurchfluß größer. Die Vergrößerung beträgt annähernd 0,6, 2,6, 5,8, 10,3, 16,0 Proc., wenn das Verhältniß der Schützenöffnung zum Querschnitt des wasserzuführenden Gerinnes beziehentlich 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 ist. — Findet der Ausfluß unter Wasser statt, so ist die Tabelle annähernd in der Weise zu benutzen, daß man die über der Oberkante der Schützenöffnung gemessene Höhe des Wasserspiegels um die Höhe des Unterwassers über derselben Kante vermindert und diese Größe in der betreffenden Spalte der Tabelle aufsucht, bezw. durch Interpolation berechnet.

Grundzüge der Entwässerung

durch

offene Gräben und verdeckte Abzüge.

(Drainage.)

E i n l e i t u n g.

In den vorstehenden Capiteln ist der Nutzen des Wassers für die Wiesencultur erörtert und gezeigt, daß dieser nur da eintritt, wo der Boden nicht von Nässe erfüllt, sondern in dem Zustande der Frische sich befindet, welche das Gedeihen der Süßgräser befördert. Mit der Bewässerung muß vorher eine der Bodenfeuchtigkeit und dem zugeführten Rieselwasser entsprechende Entwässerung Hand in Hand gehen.

Alles in und auf dem Lande vorfindliche Wasser entstammt der Atmosphäre, aus welcher es sich in Form von Thau, Reif, Nebel, Regen, Schnee niederschlägt, in die Erde versinkt und als Grund- oder Schichtenwasser darin bleibt oder als Quellwasser zu Tage tritt, das sich zu Seen, Bächen, Flüssen und Strömen vereinigt, in welchen es wieder dem Meere zufließt, woher es zum großen Theile entstammt.

Dieser Kreislauf des Wassers wird durch seine unaufhörliche Verdunstung unterhalten.

Ist diese und der Wasserabfluß eines Gebietes geringer, als die darauf gefallene Regenmenge, hindert namentlich die Beschaffenheit und Bildung des Bodens den Abfluß, so muß sich das Wasser zeitlich und örtlich mehr oder minder anhäufen, der Boden aber feucht, naß und sumpfig und für die Pflanzencultur ungeeignet werden.

Zum Messen der Regenmenge dienen Gefäße, deren wagerechter Querschnitt (obere Oeffnung) gewöhnlich $\frac{1}{4}$ qm ist; das auftreffende Regenwasser wird in einem Meßgefäß gesammelt, dessen Scala, in Millimeter getheilt, die Regenhöhe unmittelbar ablesen läßt.

Die wechselnde Größe der Verdunstung des Wassers kann durch im Freien geschützt vor Regen aufgestellte, mit Wasser gefüllte Gefäße annähernd gemessen oder besser mittelst Wägen bestimmt werden.

Die aufsaugende und wasserhaltende Kraft des Bodens giebt sich nach erfolgter Sättigung in dem kürzer oder länger andauernden geringeren oder größeren Feuchtigkeitsgehalt zu erkennen und wird meistens sehr unterschätzt. Auch die wechselnde Temperatur des Bodens trägt zu seiner Erfrischung bei, weil die im Boden circulirende wärmere atmosphärische Luft ihren Wasserdampf in den kühleren Bodenschichten tropfbar-flüssig niederschlägt (D. Volger).

Die Wassermenge fließender Gewässer ist, abgesehen von dem durchschnittlichen Feuchtigkeitsniederschlag der Gegend, wesentlich von der Fläche ihres Wassersammelgebietes abhängig, welches durch die Wasserscheiden begrenzt ist und auf guten Specialkarten nachgewiesen und berechnet werden kann.

Die abfließende Wassermenge der Bäche und Flüsse ist stets bedeutend kleiner, als die ganze auf das Flußgebiet gefallene Regenmenge; der Unterschied ist aufgesaugt und verdunstet.

Gebirgsgegenden liefern zwar mehr Wasser als Niederungen, aber immer kaum die Hälfte der gefallenen Regenmenge in die Flüsse¹⁾. Wie ungleich sich der Abfluß der natürlichen Minniale an und für sich und in verschiedenen Monaten und Jahreszeiten gestaltet, ist bekannt und für Durchführung der Veriefelung und Entwässerung zu beachten.

Die Regenhöhe ist in Gebirgen weit größer als im Flachlande, in waldbreichen Gegenden bedeutender als im weniger bewaldeten Terrain.

Auf die Regenmenge einer Gegend hat die Nähe oder größere Entfernung vom Meere, welche in diesem Falle ein Continentalclima mit geringerem Niederschlag, in jenem Falle ein Meeres- oder Küstenclima mit feuchter Luft bedingt, vorwiegenden Einfluß.

Die Zahl der Regentage und ihre Niederschläge sind an demselben Orte je nach dem wechselnden Witterungscharakter, den einzelnen Jahrgängen, den Jahreszeiten und Monaten verschieden, wie viel mehr also in Deutschland unter abweichenden Breiten- und Längengraden und Meereshöhen und je nach der Exposition gegen Ost oder West, Süd oder Nord²⁾.

In dem trocknen Jahre 1842 wurden zu Wiesbaden in 128 m und zu Neunkirch auf dem Westerwalde in 604 m über dem Meere folgende Regenhöhen in Pariser Linien beobachtet:

¹⁾ Nach Baurath Sasse kann man den Abfluß aller norddeutschen Flüsse, für deren Gebiet man die Regenhöhe ermitteln kann, finden, wenn man von der ganzen Regenhöhe $1\frac{1}{4}$ Zoll rheinisch (0,3922 m) als Verdunstung abzieht mit dem Unterschiede, daß man für ein sandiges Gebiet etwas weniger Verdunstung, als für besseren Boden rechnet. So hat z. B. die Elbe bei Torgau ein Flußgebiet von 970 Quadratmeilen und ihre jährliche Wassermenge entsprach für die Jahre 1831 bis 1850 durchschnittlich einer Regenhöhe von 10,60 Zoll. Müllendorff nimmt die wirkliche Regenhöhe des Elbgebietes zu 27,4 Zoll an, Sasse nur zu 25 Zoll, da in Böhmen große Gebiete nur 20 Zoll Regenhöhe haben; 25 — 10,6 giebt aber 14,4 Zoll oder 57,6 Proc. als Verdunstung.

Die Oder ergab bei Oppeln aus 25jährigen Wasserstands- und jüngeren Regenbeobachtungen, daß bei 24,94 Zoll Regenhöhe nur 11,35 Zoll durch die Oder abgeführt wurden, daß also 13,56 Zoll (54,3 Proc.) verdunsteten.

An der Saale bei Rothenburg ergaben sich 20,96 Zoll Regenhöhe und eine Abführung von 6,15 Zoll; mithin verdunsteten 14,89 rhein. Zoll (70,1 Proc.).

²⁾ Vergl. von Müllendorff, Die Regenverhältnisse Deutschlands, Görlitz 1885 und Forstmeister Otto Kaiser, Beiträge zur Pflege der Landwirthschaft mit besonderer Rücksicht auf die Wasserstandsfrage. Mit 21 lithographirten Karten und 3 Holzschnitten. Berlin 1883, Julius Springer.

		Wiesbaden		Neufirch	
		Pariser Linien		Pariser Linien ¹⁾	
Frühling	Februar	3,6	63,3	18,72	237,12
	März	49,5		166,8	
	April	10,2		51,6	
Sommer	Mai	21,3	56,4	20,7	96,0
	Juni	18,0		25,5	
	Juli	17,1		49,8	
Herbst	August	42,6	80,1	21,9	117,6
	September	26,4		55,5	
	October	11,1		40,2	
Winter	November	38,7	59,7	56,1	124,8
	December	7,2		65,1	
	Januar	13,8		3,6	
Im Jahr		1' 9" 7,63'''		3' 11" 11,51'''	

Nach v. Beber betragen die Mittelwerthe der jährlichen Regenhöhen in Millimeter und deren Procente in den einzelnen Jahreszeiten:

	Jahr	Winter	Frühling	Sommer	Herbst
a) für das norddeutsche Tiefland	612,8 mm	20,30	20,31	33,46	25,94
b) " " mitteldeutsch. Bergland	691,7 "	19,92	22,87	33,95	23,26
c) " " süddeutsche "	924,8 "	20,81	23,47	30,85	24,85
d) " " ganze Deutschland	709,9 "	20,38	22,38	32,62	24,64

Die verschiedene Vertheilung des Regens auf die einzelnen deutschen Länder und Provinzen siehe Encyclopädie der Culturtechnik, Bd. I, S. 60 u. f.

Das einwirkende Meteorwasser trifft im Boden auf durchlassende oder undurchlassende Schichten. Oft ist kein Wasser an der Oberfläche zu bemerken, während es sich in der Tiefe bewegt und durch gegrabene Brunnen gesammelt und nutzbar gemacht werden kann.

Ein Anzeichen, daß wasserführende Schichten sich in geringer Tiefe finden, ist unter Anderem in der Vegetation von sauren Gräsern, Wasser- und Sumpfpflanzen und in dem dunkleren Aussehen des Landes im Frühjahr im Vergleich mit trocknen Stellen gegeben. Zur trocknen Jahreszeit trifft dies nicht zu, aber der Boden der nassen Stellen ist dann häufig verschlämmt, fest und bricht beim Acker in Schollen; er entbehrt der Krümelung und Gahre.

¹⁾ Dagegen fielen:

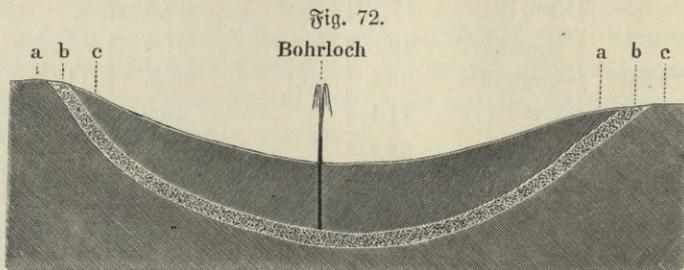
	1844	1845	1846
zu Wiesbaden . . .	2' 0" 3,75'''	2' 8" 11'''	1' 9" 5,1'''
" Neufirch . . .	3' 10" 4,05'''	5' 0" 10''' und	
in 5 Monaten (Januar, März, April, Mai, Juni) . . .			1' 7" 11,4'''
zu Cronberg am Taunus (Meereshöhe 752,84 P. F.) . . .			2' 9" 2,1'''

und es liegen die beiden ersten Orte in der Luftlinie nur 70 km aus einander.

Die Pariser Linie ist 2,256 mm, der Pariser Zoll 27,07 mm, der Pariser Fuß 0,325 m.

Trifft das Wasser auf undurchlässende, aber geneigte Bodenschichten, so fließt es, dem Gesetz der Schwere folgend, in die Thäler ab bis zu dem im Boden sich ansammelnden Grundwasser, oder nach dem Fuß der Höhen, wo es als sogenanntes Schwitzwasser fein im Boden vertheilt oder als Quelle zu Tage tritt.

Von höheren Stellen und in eine durchlässende Erdschicht einsickernd, die mitunter zwischen undurchlässenden Schichten eingeschlossen ist, übt es einen

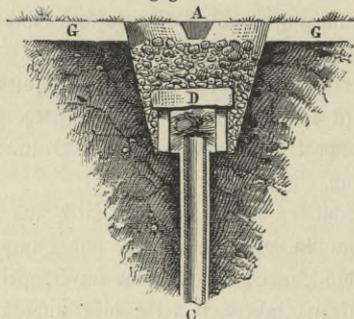


a und *c* sind die undurchlässenden Schichten; *b* ist die wasserführende Schicht.

oft sehr bedeutenden hydrostatischen Druck aus, wie der hierdurch erzeugte Triebfand und Thonschlick in den Gräben deutlich erkennen lassen. Wird jene Spannung durch eine künstliche Oeffnung oder durch natürlich entstandene Spalten und Oeffnungen aufgehoben, so steigt es, dem Druck der darauf

lastenden Wassersäule entsprechend, im Boden und über denselben empor.

Fig. 73.



GAG sind Durchschnitte der Entwässerungsgräben, die in eine geböschte Grube von 3 bis 4,5 m Durchmesser und 4,5 bis 5,5 m Tiefe münden. In dieser Tiefe wird ein Bohrloch bis auf eine durchlässende Schicht abgeteuft und in dasselbe eine hölzerne Röhre *C* eingesetzt. Um deren Verstopfung zu verhüten, wird Reisig über die Oeffnung gedeckt und dasselbe mit platten Steinen *D* überdeckt. Die obere Grube wird mit kleineren und größeren Steinen ausgefüllt.

Hierauf beruht die Erbohrung artesischer Brunnen, Fig. 72, und das Versenken von schädlichem Sumpfwasser in tiefer liegende durchlässende Schichten durch einen sogenannten Schlucker oder Sangeschacht, Fig. 73.

In ebenem Gelände, in der Umgebung von Flüssen und Strömen steigt und fällt das Grundwasser mit der Pegelhöhe der Gewässer und wird auch wohl Horizontalwasser genannt.

Die Umgebung des Bettes sehr vieler fließender kleiner und großer Gewässer bilden angeschwemmte Erdschichten von wechselnder Beschaffenheit; Kies-, Sand-, Thon- und Lehmschichten liegen über und durch einander. — Man begegnet solchen Anschwemmungsgebilden auch entfernt von Bächen und Flüssen

auf vielen Tausenden von Quadratmeilen, wie in der norddeutschen Ebene und in kleineren Ablagerungen in gebirgigen Gegenden.

In diesen herrschen indessen Bodenbildungen vor, die aus der Verwitterung der anstehenden Gestein- und Felsarten entstanden sind, auf denen sie lagern.

Der Zusammensetzung nach einfacher, der Beschaffenheit nach sehr wechselnd unterscheiden sich diese wesentlich von jenen, insofern angeschwemmte Bildungen im Allgemeinen wagerechter abgelagert sind, während die Gebirgsböden in den verschiedensten Neigungen wechseln.

Neben der durchlassenden und undurchlassenden Beschaffenheit des Bodens sind daher seine Lagerungsverhältnisse für die ober- und unterirdische Bewegung des Wassers, die Entstehung der Quellen zc. von großer Wichtigkeit und müssen bei Entwurf des Plans einer Entwässerung eingehend studirt werden¹⁾.

Diese Untersuchung kann in den oberen Erdschichten an ausgeworfenen Gräben, in Sand- und Lehmgruben, für die tieferliegenden Bodengebilde aber nur gelegentlich der Grabung von Brunneuschächten oder durch Anwendung des Erdbohrers unmittelbar vorgenommen werden.

Hieran reiht sich die Beobachtung über das Verhalten des Bodens gegen Tagwasser und Grundwasser, dessen Verbreitung und Aufsteigen durch die einer jeden Bodenart in verschiedenem Grade anhaftende Haarröhrchenkraft (Capillarität) abgeändert wird.

Dem Kundigen gewährt die geologische Betrachtung einer Gegend, d. h. die Erforschung der vorkommenden Gesteine, ihrer Lagerung, ihres Alters und der Art ihrer Entstehung, den wichtigsten Anhalt, um einen oft überraschend sicheren Schluß auf das Vorkommen des Wassers überhaupt, den Ort, wo, in welcher Tiefe und in welcher Menge es erschürft und zu Brunnen ausgenutzt werden kann, zu machen.

Hierauf gründet unter Anderen Elkington seine Entwässerungsmethode²⁾, der Abbé Paramelle und in neuerer Zeit Abbé Richard und Ingenieur Nöggerath das Auffinden von Quellen³⁾ in den verschiedensten, ihnen vorher unbekanntem Ländern. Selbst für den auf seine Scholle und einen beschränkteren Raum angewiesenen Landwirth hat das allgemeine Studium der geologischen Formation, welcher sein Gut angehört, einen ausgeprochenen Werth⁴⁾. Eingehender belehrt ihn darüber die Bodenkunde bei wissenschaft-

¹⁾ Dr. Ferdinand Fischer-Hannover, Die chemische Technologie des Wassers. Braunschweig 1878.

²⁾ Landwirthschaftliche Bemerkungen, gesammelt auf einer Reise durch England und Schottland im Jahre 1837, von A. Worn im 12. Bande der Jahrbücher des nassauischen landwirthschaftlichen Vereins. Wiesbaden 1842.

³⁾ Quellensunde. Aus dem Französischen des Abbé Paramelle. Mit einem Vorwort von B. Cotta. Leipzig 1856.

⁴⁾ Voigt, Grundriß der Geologie. Braunschweig 1860.

licher Begründung, in Verbindung mit dem Studium der Witterungserscheinungen und ihres im Laufe der Jahre wechselnden Charakters¹⁾.

Es folgt hieraus, daß die Entwässerung der Ländereien, namentlich bei größeren Flächen und in wechselnden, oft weit auseinanderliegenden, in ihren natürlichen Verhältnissen äußerst verschiedenen Dertlichkeiten eine umsichtige Behandlung und zu dem Ende ein eingehendes Studium erfordert.

Hierzu kommt das technische Wissen und Können, wie solches zum Entwurf und zur Ausführung des Entwässerungsplans unentbehrlich ist.

Zur richtigen Wahl des Entwässerungssystems ist endlich noch die landwirthschaftliche Ausbildung des Technikers wesentlich, wenn er daselbe der extensiveren oder intensiveren Wirthschaftsweise jeder Gegend richtig anzupassen verstehen soll.

Denn alle die oben beretzten Verhältnisse haben einen ausgesprochenen Einfluß auf den Kostenpunkt der Anlagen und die dadurch mitbedingte Rente der Landgüter.

Mit der Verbesserung der Bodencultur ist die Entwässerung der Felder wesentlich erweitert und besonders in der Neuzeit vervollkommnet worden.

Die Erfindung und Ausbildung der Drainage, welche an die Stelle offener Grabenanlagen getreten ist, begründete in der einschlagenden Technik einen neuen Zeitabschnitt²⁾.

Man darf aber dabei nicht übersehen, daß eine allzuweit getriebene Trockenlegung ganzer Gegenden, namentlich bei sandigem Boden, für sich oder in Verbindung mit dem Abholzen von Waldcomplexen nur allzuleicht nachtheilig auf die Fruchtbarkeit des Landes und besonders auf den Ertrag der Wiesen und Weiden einwirken kann. Dies wurde leider bei großen Landesmeliorationen, welche wesentlich die Entwässerung (ohne Bewässerung) bezwecken, nur allzuleicht übersehen und hat auf sandigen, anmoorigen und Moorböden große kulturelle Nachtheile gebracht, wenn nicht zugleich für beliebige zeitweise Zurückhaltung des abfließenden Grund- und Meteorwassers durch Einlegen künstlicher Staue in die Hauptcanäle Vororge getroffen wurde.

¹⁾ Encyclopädie der Culturtechnik, Bd. 1, S. 198 u. f. Ferner: Die landw. Taxationslehre des Verfassers. Braunschweig 1898.

²⁾ Der Umstand, daß Verfasser den eigentlichen Wiesenbau und im Anschluß an die allgemeinen Grundsätze der Entwässerung der Felder auch die Röhrendrainage in derselben Schrift abgehandelt hat, läßt manche Techniker mit Vorliebe zu dieser greifen, anstatt die Entwässerung der Wiese durch offene geböschte Gräben zu bewirken. Das ist ein entschiedener Mißgriff, denn Wiesen sind frischer und feuchter zu halten, als Ackerland, wenn ihr Grasertrag nicht nothleiden soll; Röhrentouren ziehen das in vielen Fällen nicht überflüssig vorhandene Nieselwasser rasch an und führen es ungenüht in den Untergrund, anstatt daß es über die Wiesenfläche fließen und dieselbe befeuchten müßte. Vor einem solchen fehlerhaften Beginnen ist ernstlich zu warnen. Das Drainiren der Wiesen ist zugleich ein technisches Armuthszeugniß, und besonders, wenn und wo es regelmäßig und, wie in Schlessien, in der falschen Manier einer antlich vorgeschriebenen Querdrainage durchgeführt wird.

Allgemeine Grundzüge für Entwässerung der Felder.

1. Zweck der Entwässerung.

Die Nothwendigkeit einer Entwässerung des Culturlandes ist durch §. 216. einen Ueberfluß an Bodenfeuchtigkeit bedingt.

Dieser Ueberfluß ist ein relativer und verschieden

1. nach der Bodenart und deren Benutzung,
2. nach der Jahreszeit und
3. nach der Erdzone.

Die Erfahrung lehrt, daß einzelne Culturpflanzen zu gesichertem Gedeihen ein geringeres, andere ein größeres Maß von Feuchtigkeit im Boden (oder der Luft) bedürfen.

Zu den ersteren gehören die meisten angebauten Gewächse, vornehmlich die Culturgräser, wie das Getreide, der Mais *cc.*, zu den letzteren die wildwachsenden Gräser unserer Wiesen und Weiden, der Reis *cc.* Feuchtes Ackerland bedarf daher vorwiegend der Trockenlegung.

Unter diesem giebt es Ländereien, welche periodisch, andere, welche fortwährend zu feucht sind. Jene können im Winter und vorwiegend im Frühjahr an Nässe leiden, im Sommer aber sehr trocken sein.

In südlicher gelegenen und deshalb heißen Gegenden erstreckt sich die Bewässerung auch auf viele Culturpflanzen des Ackerlandes und ist für deren Düngung und Gedeihen wesentlich. Je nördlicher und höher über dem Meere ein Land liegt, um so feuchter und deshalb kühler sind Luft und Boden, um so schädlicher wirkt andauernde Feuchtigkeit der Sonnenwärme entgegen und um so nöthiger ist eine je nach der Culturart zutreffend bemessene Entwässerung.

a) Nachtheile nasser Ländereien.

Die schädliche Wirkung einer überflüssigen Bodenfeuchtigkeit ist darin §. 217. begründet, daß sie

1. der Cultur und Beerntung hinderlich wird,
2. den Boden mittel- und unmittelbar erkältet und
3. eine günstige physikalische und chemische Einwirkung der Luft und der Culturmethode auf den Boden aufhebt.

Nasse Felder erschweren und verspäten die Bestellung im Frühjahr und nach anhaltendem Regen, erfordern daher ein größeres Betriebscapital und vorsichtige Behandlung, sie schmälern den Reinertrag einer Wirthschaft in doppelter Hinsicht.

Die Wärme des Bodens wie der Luft ist das wesentlichste Moment für gedeihliche Entwicklung der Pflanzen und eine zeitige Ernte, was um so wichtiger erscheint, je höher die Lage, je kürzer der Sommer und je kälter das Klima an und für sich schon ist.

Das Erkälten des Bodens durch überschüssige Feuchtigkeit ist darauf zurückzuführen, daß bei dem Uebergang des Wassers aus dem flüssigen in den dampfförmigen Zustand eine bedeutende Menge Wärme gebunden, also dem Boden und der Luft entzogen wird, weshalb selbst ein warmer anhaltender Regen zur wärmeren Jahreszeit einen schon an und für sich feuchten und nassen Boden erkälten kann; ferner verhindert das Wasser mechanisch das Eindringen der wärmeren Luft in den Boden und ist außerdem ein schlechter Leiter für die Wärme der Luft, die sich daher dem mit Wasser erfüllten Boden nicht mittheilen kann; außerdem verliert das Wasser die ausgenommene Wärme in den oberen Schichten fortwährend durch Strahlung.

Das Ein- und Ausströmen der Luft wird durch die überschüssige Bodenfeuchte und hiermit auch die unbehinderte Einwirkung des Sauerstoffs, der Kohlensäure und des Ammoniakgehaltes der Luft auf den Boden vermindert, ja selbst aufgehoben, damit aber die Verwitterung und Aufschließung der Bodenbestandtheile, die Gährung und Fäulniß und hiervon bedingte Wirkung des Düngers verlangsamt, seine rechtzeitige Zersetzung erschwert, ein schneller Umsatz des Düngercapitals und hierdurch eine entsprechende Steigerung der Ernten unmöglich gemacht.

b) Ursachen der Versumpfung.

§. 218. Die überflüssige Feuchtigkeit des Bodens hat verschiedene Ursachen:

1. Entweder ist sie durch Tagwasser bedingt, welches nassen Ländereien sowohl sichtbar aus der Umgebung zufließt, als aus den Verwallungen der Teiche und Canäle zc. offen hervordringt und in Form von Regen und Schnee als Meteorwasser niedersfallend durch die Terrainbildung an genügendem raschen Abfließen gehindert ist, oder es ist

2. Grundwasser, das aus tieferen Bodenschichten hervorschwigt, als Quellwasser im Untergrund sich ansammelt und beim Steigen der Flüsse als Horizontalwasser in und über das Terrain fließt.

3. Endlich können beide Ursachen — das Vorhandensein von Tag- und Grundwasser — einen feuchten und nassen Boden bedingen.

Als Meteorwasser schadet es nur durch allzuhäufiges Vorkommen und längeres Verweilen auf und in dem Boden, beides bedingt durch die Lage und

Oberflächengestaltung der Felder, die Beschaffenheit ihrer Ackerkrume und des Untergrundes und deren wasserhaltende Kraft.

Mangelt z. B. in muldenförmigen Lagen mit wenig durchlassendem Untergrund das zum raschen Abfließen nöthige Gefälle, so kann das Regenwasser nur in die Luft verdunsten und allmählich in den Untergrund versinken.

Der hierbei entstehende Nachtheil ist am geringsten zur warmen Jahreszeit auf warmem, losem Boden und Untergrund, am größten auf festen, undurchlassenden und thonhaltigen Schichten im Herbst, Winter und Frühjahr, insofern an solchen Stellen die Pflanzen ausfrieren (Badfrost), die fein bestellte Ackerkrume ineinanderfließt, Krustenbildung eintritt und die Pflanzen verkümmern.

Unter den gewöhnlichen Mitteln, das Tagwasser abzuhalten und das Abfließen des Meteorwassers zu befördern, sind außer dem Aufwerfen von Gräben der Beetbau, die Wasserfurchen und eine Veränderung der Oberflächenneigung zu erwähnen.

Grundwasser findet sich entweder in den tieferen Erdschichten oder im Untergrund, d. h. in mittleren Schichten, vorzüglich wenn diese aus durchlassendem Boden, wie zertrümmertem Fels, Kies und Sand, bestehen, welche auf undurchlassenden Thon- und Lettenschichten ruhen. §. 219.

Je tiefer das Grundwasser unter der Bodensfläche liegt, um so weniger schädlich wirkt es auf die Ackerkrume und Grasnarbe. Im andern Falle steigt es durch Haarröhrenkraft im Lehm Boden 54 bis 60 cm hoch, im Thonboden noch höher, in sandhaltiger Erde weniger hoch. Im Kiesboden hört die Haarröhrenkraft auf; im Torf und Moor ist sie am größten und schädlichsten.

Das schädliche Grundwasser muß nicht nur so tief versenkt werden, daß es die Oberfläche nicht mehr näßt und übersättigt, sondern es muß auch in der Tiefe derart abgeleitet werden, daß jede Anhäufung und schädliches Emporsteigen dauernd verhindert ist. In diesem Falle wird auch hinzutretendes Tagwasser, weil es zu dem Grundwasser leicht hinabsinkt, nicht mehr schädlich wirken können.

2. Methoden der Entwässerung.

Die Felder werden entwässert durch Bohrung und die Anwendung sogenannter Schlucker oder durch Versenken des Wassers in Brunnenschächte, durch offene Gräben und durch verdeckte Abzüge. §. 220.

Die beiden ersten Methoden (s. S. 224) sind nur als Ausnahme zu betrachten und hängen so sehr von localen und zufälligen Verhältnissen ab, daß sie nur da in Frage kommen, wo die beiden anderen Methoden, z. B. wegen Mangels an Gefälle, oder bei durch fremden Besitz verhinderter Ableitung nicht anwendbar sind. Sie eignen sich, mit einer oder der anderen

Entwässerungsart in Verbindung gebracht, in sehr ebenem Terrain wesentlich zur Beschaffung einer Vorfluth.

a) Entwässerung durch offene Gräben.

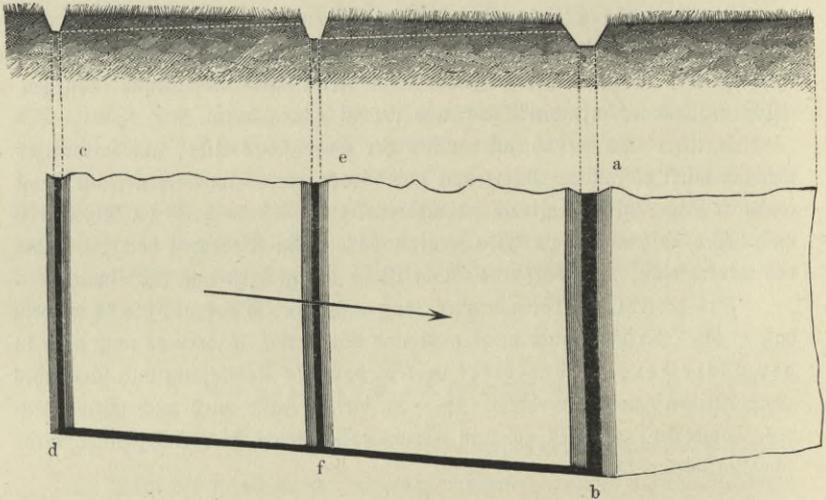
§. 221.

Dieselbe ist angezeigt, wenn zufließendes Tagwasser von den Feldern abgehalten oder eine Quelle abgefangen und abgeführt werden soll.

Ist Schwiß- oder Grundwasser abzuleiten, welches an einzelnen oder mehreren Stellen zu Tage tritt, also in begrenztem Maße schädlich wirkt, so genügt es nicht immer, nach jedem einzelnen dieser Punkte offene Gräben zu führen und diese zu einem Hauptablauf zu vereinigen, weil hierdurch die zwischen den Gräben liegenden Flächen öfters nur ungenügend zu entwässern sind, selbst wenn diese Gräben in das stärkste Gefälle der Fläche gelegt wurden.

In solchen Fällen ist es besser, einen, oder bei größerer Ausdehnung der Versumpfung mehrere Gräben quer zu der Richtung des Hauptgefälles mit

Fig. 74.

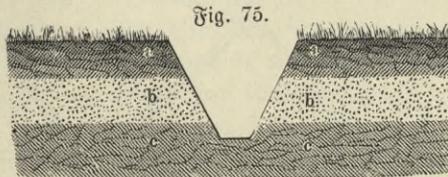


einigem Fall in der Sohle auszuheben, um die unterirdischen, durch punktirte Linien angedeuteten Wasseradern, wie in Fig. 74, abzuschneiden, wobei der am tiefsten liegende Hauptgraben *ab* das Wasser der beiden etwas höher liegenden Auffanggräben *dc* und *fe* durch einen im Hauptgefälle liegenden Verbindungsgraben *db* aufnimmt.

Ist dagegen ein Feld durch Grundwasser derart versumpft, daß dieses sich in einer durchlassenden Schicht des Untergrundes überall hin verbreitet und durch die Haarröhrenkraft des Bodens bis zur Ackerkrume aufsteigt, so kann das Grundwasser oft schon durch einen einzigen nach Tiefe und Gefälle richtig bemessenen offenen Graben angezapft, d. h. sowohl versenkt als abgeleitet werden. Bei weniger durchlassendem Untergrund sind neben dem Hauptgraben

oder Canal noch secundäre Gräben nöthig, deren Zahl und Entfernung örtlich verschieden, wobei aber auf eine regelmäßige Anordnung zu achten ist. Je wagerechter das Terrain liegt, um so schwieriger ist es, den Grabensohlen das wünschenswerthe Gefälle zu geben. Aber auch in solchen Fällen erfolgt durch ein Netz passend gelegter Gräben eine gewisse mechanische Depression des Grundwasserspiegels, weil dessen Verdunstung auf den Wasserflächen der Gräben befördert wird, und eine künstliche Gefällentwicklung nach einem passend gelegenen Punkte läßt sich auch wohl durch mechanische Wasserhebung ermöglichen.

Ist *aa*, Fig. 75, die Ackerkrume oder Rasemarbe, *bb* die wasserhaltige und *cc* die undurchlassende Erdschicht, so muß die Grabensohle womöglich in die letztere gelegt und dadurch der Spiegel und Abfluß des Grundwassers in eine unschädliche Tiefe versenkt werden. Es ist dies mitunter durch das Auftreten von Trieb sand erschwert; die Böschungen des Grabens fallen zusammen und es läßt sich erst nach und nach die erforderliche Tiefe erreichen, wenn die Haltbarkeit der Grabenwändungen durch Rasenbekleidung oder Weidenpflanzungen gesichert wird.



Die Entwässerung durch offene Gräben ist vornehmlich da angezeigt und von voller Wirkung, wo sich das Grundwasser in den durchlassenden Schichten eines Feldes leicht ins Gleichgewicht setzt, ein tiefer Graben also dasselbe auf bedeutende Strecken an sich ziehen kann. §. 222.

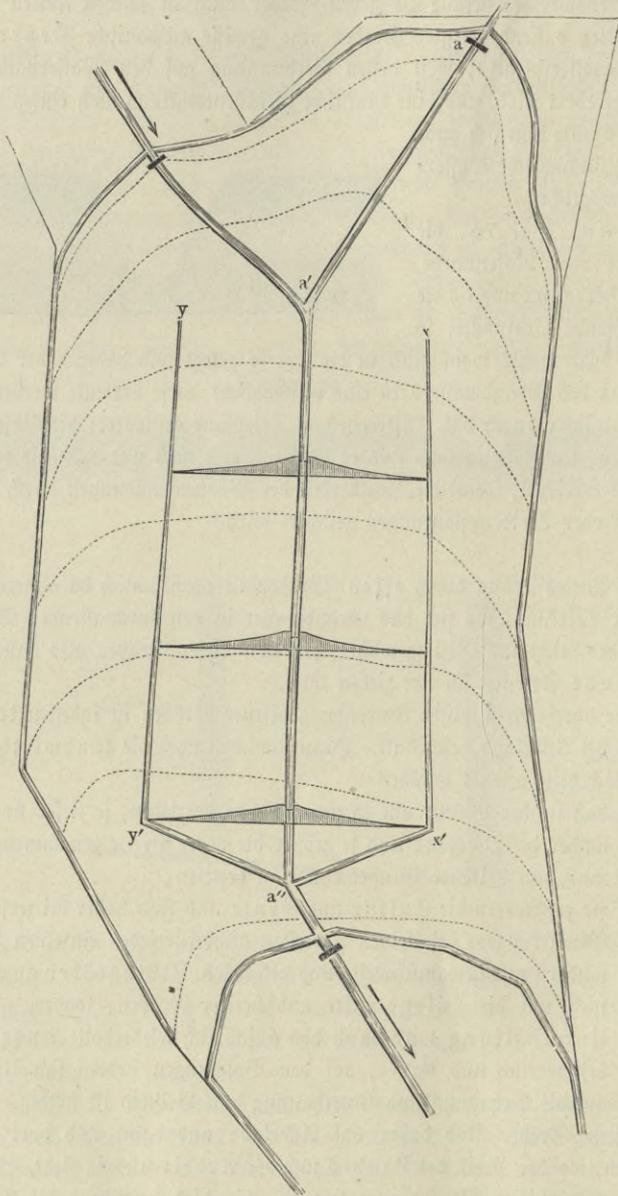
Eine durchweg nützliche Anwendung offener Gräben ist indessen technisch besonders bei Ackerland beschränkt. Hinzu kommen noch die landwirtschaftlichen Nachtheile offener Gräben:

- a) daß sie der Cultur um so mehr Fläche entziehen, je tiefer sie sind, je flacher die Böschung und je größer die obere Breite genommen werden muß, um haltbare Grabenwände zu erzielen;
- b) sie erschweren die Cultur und Ernte und sind daher bei zerstückelten Gemarkungen, bei kleinen Parzellen nicht für jeden einzelnen Besitzer, sondern nur gewannenweise und als sogen. Fluthgräben anwendbar;
- c) nicht nur die Anlage tiefer und breiter Gräben, sondern auch ihre Unterhaltung wird durch das alljährlich wiederholte Ausräumen beschwerlich und theuer; auf den Böschungen siedeln sich Unkräuter an, die Erbauung und Unterhaltung von Brücken ist nöthig.

Offene Gräben sind daher auf Ackerland nur dann und dort wirtschaftlich, wo der Preis des Landes und der Arbeit niedrig steht, überhaupt ein mehr extensiver Betrieb angezeigt ist, wie dies besonders bei Wiesen- und Weideland zutrifft. Wo dagegen das Ackerland intensiv cultivirt wird, sind verdeckte Wasserabzüge vorzuziehen und lohnender.

§. 223. Ein Beispiel für das Abfangen des schädlichen Grundwassers einer ver-
 fumpften Wiese ist in Fig. 76 skizzirt. $a a' a''$ war ein kleiner Bach in der

Fig. 76.



tiefften Stelle der torfigen Wiese (wie die punktirten Horizontallinien zeigen),
 mit einem Untergrund von Triebsand, in welchem das Wasser rechts und links

von den Höhen einströmte. Ein Vertiefen des Baches war nicht thunlich, weil der Wasserdruck Wände und Sohle mit Triebsand zulöste. Es wurden daher dicht an den Abhängen entlang zwei stark geböschte Entwässerungsgräben yy' und xx' so tief als thunlich eingeschnitten und bei a'' mit dem Bach vereinigt. Hierdurch wurde das Grundwasser größtentheils von der Mitte des Thales abgehalten und diese durch die aus den Gräben gewonnene Torferde und Sand zu einem natürlichen Rückenbeet angefüllt, so daß jetzt da ein erhöhter Transportirgraben liegt, wo früher der Bach von a' nach a'' geflossen ist. Eine wiederholte Ueberfahrung mit Sand hat diesen zuerst ins Rohe gearbeiteten Plan vervollständigt und eine recht gute Wässerungswiese mit süßen Gräsern und mit geringen Kosten geschaffen, wo früher nur Torfmoos und saure Gräser wucherten.

Ein entschiedener Vorzug offener Gräben für sehr ebene Lagen liegt darin, daß sie mit außerordentlich geringem Gefälle angelegt werden können und dennoch das Tag- und Grundwasser im Fließen erhalten ¹⁾.

b) Entwässerung durch verdeckte Abzüge.

Tritt Grundwasser fein vertheilt auf größeren Flächen, als sogenanntes §. 224.
Schwitzwasser, im Boden auf, so sind zu dessen Abführung offene Gräben, die nahe zusammengelegt werden müßten, der in §. 222 angeführten Nachtheile wegen nicht anwendbar.

Fig. 77.

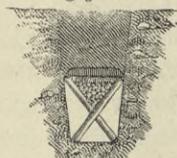


Fig. 80.

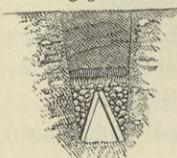


Fig. 78.

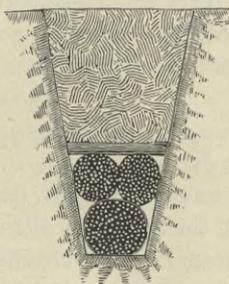
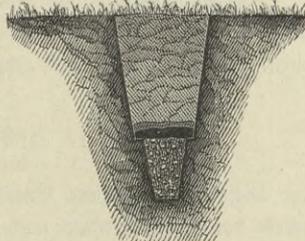


Fig. 79.



In solchen Fällen sind verdeckte Abzüge für Ackerland unbedingt vorzuziehen, auf Kieselwiesen aber nachtheilig, weil das Kieselwasser massenhaft in die Tiefe versinkt, anstatt die Grasnarbe zu düngen und zu erfrischen.

Ihre Ausführung kann eine sehr verschiedenartige sein. Die Grundlage derselben ist stets ein Graben von wechselnder mittlerer Breite und Tiefe, in welchen bis auf die neuere Zeit zu Faschinen gebundenes Reisig oder kleinere und größere Steine so eingelegt wurden, daß Höhlungen blieben, in welche das Wasser versinken und abfließen kann.

¹⁾ Vergl. Dünkelberg-Fries a. a. O., S. 201 u. f.

Fig. 77 (a. v. S.) zeigt einen primitiven Abzug aus Rasen und Heisig und Fig. 78 (a. v. S.) einen solchen aus Faszinen.

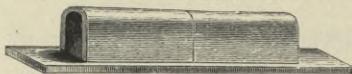
Fig. 79 (a. v. S.) stellt eine übliche Form mit Feldsteinen dar, worüber Rasen gedeckt und wobei ein allzugroßer Bedarf an Steinen vermieden ist.

Fig. 80 (a. v. S.) ist ein Abzug aus Bruchsteinen und Kieseln hergestellt.

§. 225.

Die Wirksamkeit solcher Abzüge ist zwar durch die Erfahrung festgestellt, allein nach Dauer und Erfolg eine sehr bedingte. Weiden- und Erlenholz dauert am längsten; in den Abzügen aus Feldsteinen fließt das Wasser nur langsam ab. In allen Gräben schlemmt sich die Erde von Sohle und Wänden auf und verstopft nach und nach die Zwischenräume. In sauren Wiesen bildet sich ein verfilztes Wurzelgeflecht um die eingebrachten Steine und verhindert nach und nach den Wasserablauf gänzlich. Am wenigsten findet man diese Uebelstände bei dem Abzug Fig. 80; allein diese Construction ist theurer als alle anderen, obgleich sie sämmtlich viel Steintransporte nöthig machen und

Fig. 81.



meistens zu flach gelegt werden, um die tieferen Schichten des Untergrundes zu entwässern.

Der Erfolg aller dieser Abzüge entspricht dauernd dem Kostenaufwande nicht und kann vorübergehend nur der extensiven Cultur genügen, seitdem man in den Röhren aus gebranntem Thon eine billigere und kräftiger wirkende Einrichtung kennen gelernt hat.

Zu diesen bildeten die Hohlziegel mit Thonplattenunterlage (Fig. 81) einen Uebergang, welche man zuerst in England angewendet hat und aus denen die Entwässerung mit gebrannten Thonröhren hervorgegangen ist¹⁾.

e) Die Drainage mit Thonröhren.

§. 226.

Diese eigenthümliche Entwässerungsmethode hat sich seit den fünfziger Jahren von England aus nach dem Continent verbreitet und ist hier, namentlich in Deutschland, ausgedehnt angewendet und verbessert worden.

Vincent²⁾ hat auf Grund der Beobachtungen Groppe's (Westfalen) zuerst den Versuch mit einer Theorie der Drainage gemacht.

v. Möllendorf, Waage und John³⁾ versuchten die Bewegung des Wassers in Drainröhren zu bestimmen und Formeln dafür aufzustellen, und die königliche General-Commission für Schlesien gab in einer Instruction für Feldmesser und Draintechniker⁴⁾ die bis dahin erkannten Principien

¹⁾ Vergl. Born a. a. O.

²⁾ Die Drainage, deren Theorie und Praxis. Leipzig 1870.

³⁾ Beiträge zur Bestimmung des richtigen Röhrendurchmessers und des Minimalgefälles der Drains. Dingler's Polytechnisches Journal 1855, 138. Bd., S. 257.

⁴⁾ Berlin 1857 bei Decker.

in genügender Zusammenstellung. Durch die Drainage mit Thonröhren und die hierdurch gegebene Grundlage zur Ausführung einer äußerst einfachen, billigen, haltbaren und daher praktischen Art verdeckter Abzüge — vorzugsweise Drains genannt — ist die Entwässerung der Ackerfelder in ein neues Stadium getreten und in großem Maßstabe nützlich geworden.

a. Grundlagen der Drainage.

Die Ausführung derselben umfaßt im Entwurf des Gesamtplans §. 227. speciell

1. die Grabenanlage;
2. die Bestimmung des Röhrenkalibers und der Länge der Drains;
3. das Legen und Decken der Röhren.

Außer der Richtung ist für Anlage der Draingräben wichtig:

Die Form derselben. Erster Grundsatz ist hierbei, Erdarbeit möglichst zu sparen. Man giebt daher dem Graben wie in Fig. 82 eine nur geringe obere und Sohlenbreite.

Die obere Breite wechselt je nach der Tiefe des Grabens, der Bodenart, dem Untergrund und der Uebung der Arbeiter zwischen 40 und 60 cm.

Die untere oder Sohlenbreite muß dem Durchmesser der Thonröhren angepaßt werden, so daß diese in der Höhlung der Erde festliegen; sie wird daher meistens schmaler als der Fuß des Arbeiters gemacht.

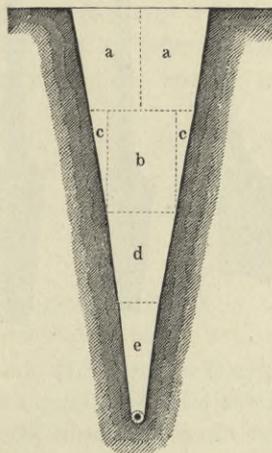
Die Innehaltung dieser Dimensionen ist erleichtert, wenn man sich durchweg besonderer Drainwerkzeuge zum Ausspaten bedienen kann, und das Auswerfen normaler Gräben nicht durch Einstürzen der Wände, durch Triebsand im Untergrund oder durch eine feste steinige Erde erschwert wird, die gehackt werden und wobei der Arbeiter im Graben selbst stehen muß.

β. Die Drainwerkzeuge.

Ein Satz englischer Draingeräthe besteht gewöhnlich aus den Spaten, §. 228. Fig. 83, 84, 85 (a. f. S.), und dem Hohlspaten, Fig. 86 (a. f. S.), der Schaufelhacke, Fig. 87 oder 88 (a. f. S.), und dem Schwanenhals oder Sohlenhacke, Fig. 89 (a. f. S.).

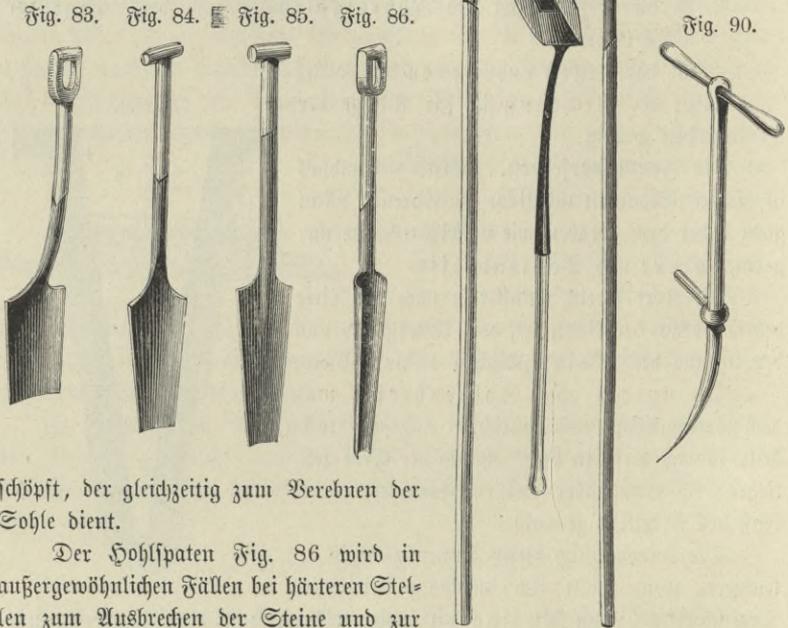
Für das Ausbrechen der Steine ist der Fußpickel, Fig. 90 (a. f. S.), sehr brauchbar. Zum Ausheben der Gräben, f. Fig. 82, bedient man sich zuerst des Spatens Fig. 83, mit dem man in zwei Stichen *aa* neben einander die obere Grabenbreite aushebt; ein dritter Stich mit demselben Spaten

Fig. 82.



hebt die Erde *b* aus. Die hierbei zerkrümelnde und aus *cc* abgestoßene Erde kann mit einer gewöhnlichen, an den Seiten etwas aufgebogenen Schaufel herausgeworfen werden.

Ein vierter Stich mit dem Spaten Fig. 84 bringt die Erdmasse *d* und ein fünfter mit dem Spaten Fig. 85 diejenige aus *e* heraus. Was sich in *d* loskrümelt, wird mit den Schaufelhacken Fig. 87 oder Fig. 88 und die auf der Sohle liegende Erde mit dem Schwannhals Fig. 89 herausge-



schöpft, der gleichzeitig zum Verebnen der Sohle dient.

Der Hohlspaten Fig. 86 wird in außergewöhnlichen Fällen bei härteren Stellen zum Ausbrechen der Steine und zur Lockerung der Erde in der Sohle angewandt.

§. 229. Die schweren eisernen, nur verstärkten englischen und diesen auf dem Continent nachgebildeten Geräthe werden neuerdings ganz aus haltbarem Stahlblech angefertigt und dadurch leichter, handlicher und dauerhafter.

Das Ausspaten der Erde aus den Draingräben macht deren Anfertigung wohlfeiler, als wenn dieselbe gehackt und dadurch ihr Volumen vermehrt werden muß. Leider ist dies in vielen Fällen, namentlich bei Drainanlagen im Gebirgsboden, bei dem Vorkommen großer Steine, bei festem Thon *rc.*, nicht zu umgehen, wodurch der Graben breiter, als nöthig und beabsichtigt war, ausfällt. Gleiches ist der Fall, wenn die Grabenwände nicht stehen und zusammenrutschen, was durch Verschalung mit Brettern, besonders wenn der Graben in Triebfandschichten zu liegen kommt, nur selten ganz zu verhindern

ist¹⁾. Hierbei sind die oben beschriebenen Geräthe entbehrlich, Rodhacken, Pichel und die gewöhnliche Schaufel treten an die Stelle und zu dem Ausstich der Dammerde kann der Gartenspaten verwendet werden.

Grabentiefe. Die Tiefe der Draingräben ist zwar nach der Vertikalität §. 230. wechselnd, sollte indeß erfahrungsgemäß und um das Einfrieren des Wassers in den Röhren zu verhüten, nicht unter 90 cm und durchschnittlich 105 bis 125 cm betragen.

In Bodenarten, die sich nach Abzug des Wassers oder durch Vermodern setzen, wie der Torf, sollte noch tiefer drainirt werden²⁾.

Auch ist tieferes Drainiren bei Grundwasser um so mehr angezeigt, je größer die Haarröhrenkraft des Bodens ist.

Erschwert der Mangel an Vorfluth genügend tieferes Drainiren, so schließe man diese Fläche vom Drainiren aus und entwässere sie so weit als möglich durch offene Gräben; denn zu flach gelegte Drainzüge sind dem Einfrieren unterworfen und unterbrechen nur zu leicht die Wirkung der höher liegenden Drains, deren Entfernung und Wirkung richtig bemessen ist, was bei den untersten flacher gelegten Drains nicht mehr zutrifft.

Besonders bei Wiesen und Weiden sind offene Gräben den Drainzügen unbedingt vorzuziehen.

Einen wesentlichen Einfluß hat die Tiefe der Gräben auch auf die Entfernung der Drains (§. 233).

Gefälle der Gräben. Ein geringes, von geübten Arbeitern in der §. 231. Sohle eines langen Draingrabens noch darstellbares Gefälle dürfte 2 $\frac{1}{2}$ auf 1000 sein; in vielen Fällen wird man mindestens 3 auf 1000 herstellen.

Hat daher eine Fläche ein geringeres als das angegebene Gefälle, so wird man häufig die Entwässerung mit offenen Gräben wählen müssen, worin auch bei nicht ganz ebener Sohle und selbst bei einem Gefälle von $\frac{1}{3}$ auf 1000 noch eine stetige Fortbewegung des Wassers zu ermöglichen sein wird. In anderen Fällen giebt man den Drains das Gefälle der Fläche. Es kommt indeß vor, daß bei starkem Fall und viel Wasser im Graben die einzelnen Röhren aus einander getrieben werden und das Legen der Röhren erschwert ist. In diesen Fällen ist es rätlich, den Draingräben das volle Gefälle der Fläche nicht zu geben, was durch Abschneiden der Drainzüge mittelst Querdrains und etagenweise Anordnung zu ermöglichen ist.

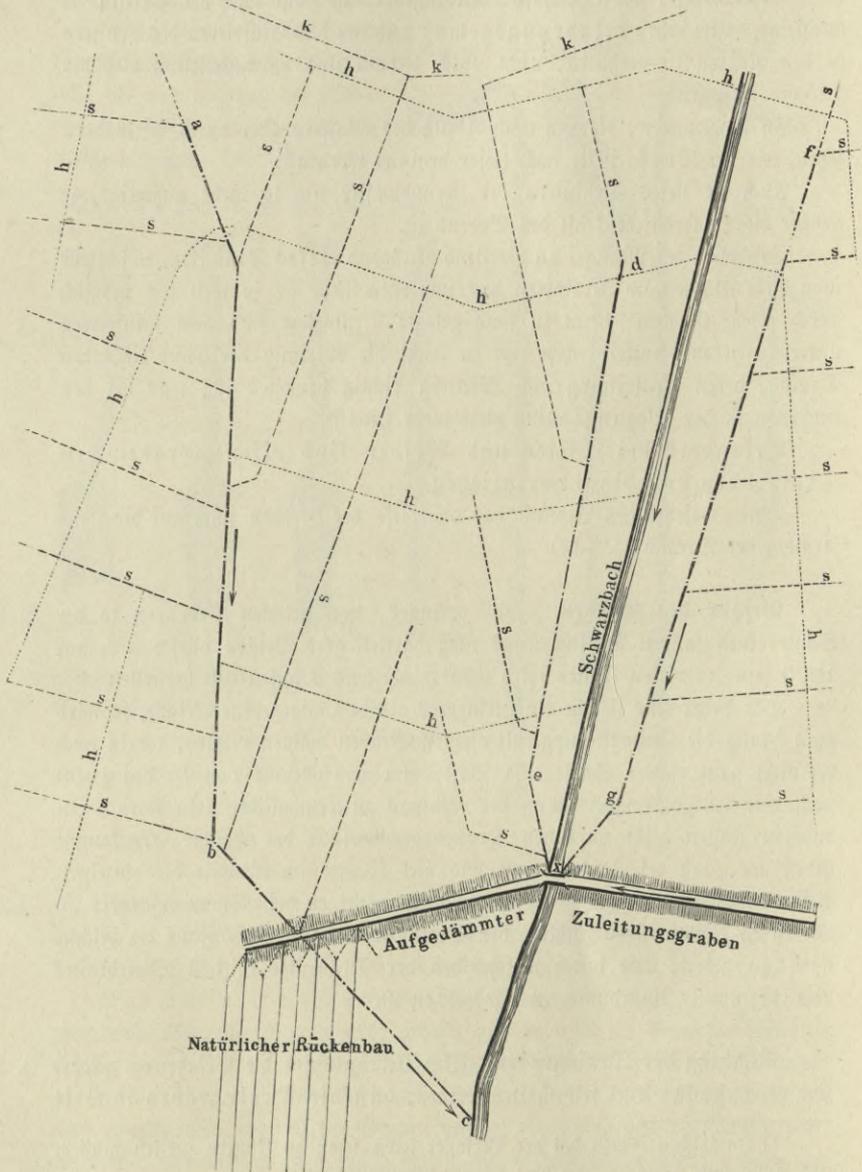
Richtung der Draingräben. Im Uebrigen hat die Erfahrung gelehrt §. 232. und es muß als Regel festgehalten werden, daß die Draingräben so weit

¹⁾ In solchen Fällen hat der Verfasser selbst schon zu Eimern greifen müssen, um Sand und Schlamm mit dem Wasser herauszuschöpfen.

²⁾ Bei Entwässerung der Souterrains und Keller von Häusern, bei Todtenhöfen etc. hat Verfasser mit großem Erfolg selbst 1,8 bis 2,7 m tief drainirt.

als möglich parallel neben einander stets in das Hauptgefälle der Felder (§. 87 und 88), also rechtwinklig auf die abgesteckten Horizontallinien (*h*) zu legen sind.

Fig. 91.



Hieraus folgt, daß die Richtung der Draingräben mit der verschiedenen Neigung des Terrains wechseln muß.

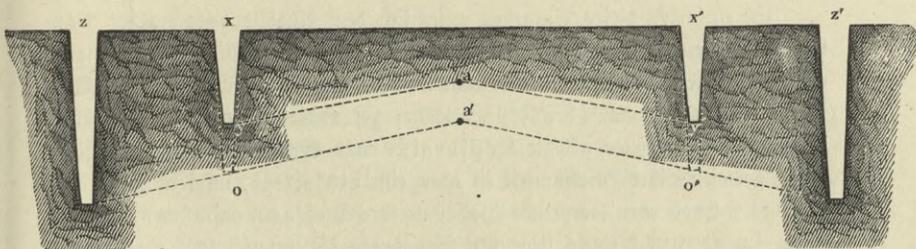
Das Gesagte gilt indeß nur für die sogenannten Saugdrains oder Nebendrainen *ss*, Fig. 91, welche dazu bestimmt sind, das Wasser aus der ganzen Fläche zu sammeln und den Sammel- oder Hauptdrains (*abc* *de, fg*) zuzuleiten, welche mehr oder minder spitz- oder rechtwinklig auf die Richtung der Saugdrains in den tieferen Punkten der Fläche liegen und in einen Graben, Bach oder Canal, hier bei *x* und *c*, einmünden.

Auch wendet man häufig noch sogenannte Kopfdrainen *kk* an, welche oberhalb der Saugdrains quer auf das Hauptgefälle liegen und dazu bestimmt sind, das an einzelnen Stellen der Felder, z. B. an den Grenzen derselben, über welche die Saugdrains nicht fortgesetzt werden können, aus dem Untergrund hervordringende Wasser abzuschneiden und mittelst eines anschließenden Saugdrains auf dem kürzesten Wege in den Hauptdrain zu führen, dessen Grabensohle stets um die Dicke seiner Röhren tiefer als die Sohle der Saugdrains liegen muß¹⁾.

Sämmtliche Saugdrains, die in einen gemeinschaftlichen Hauptdrain münden, bilden ein Entwässerungs-System, mehrere zu einander gehörige Einzelsysteme eine größere Drain-Abtheilung.

Die Entfernung der Drains. Ganz bestimmte Angaben über die wechselnde Entfernung der Saugdrains von einander können nicht gemacht werden. §. 233.

Fig. 92.



Allgemein gilt, daß die Drains die Flächen, welche sie durchziehen, völlig entwässern müssen und auch der Kostenvermehrung wegen nicht näher an einander gelegt werden dürfen, als unumgänglich nöthig ist.

Die Entfernung der Saugdrains wechselt mit der Menge des vorhandenen Tag- und Grundwassers, der Beschaffenheit des Untergrundes, der Tiefe und des Gefälles der Gräben, der Länge der Leitung und dem Röhrenkaliber zwischen 8, 10 bis 20 und selbst 30 m, und es muß der Uebung und dem Scharfblick des Technikers überlassen bleiben, die zulässige

¹⁾ In Galizien hat sich die Praxis herausgebildet, die einzelnen Strecken der Kopfdrainen in die correspondirenden Saugdrains münden zu lassen und so deren Wasserführung zu belasten. Besser ist es, den letzten Saugdrain hierzu zu benutzen, wodurch auch das Kaliber der Hauptdrains verkleinert werden kann.

Entfernung zu bestimmen, in welcher die Drains je nach der Vertikalität angelegt werden dürfen.

Außer dem Hauptgefälle *z*. hat hierauf die Tiefe der Draingräben einen besonderen Einfluß.

Damit das Wasser aus dem zwischen den Gräben *xx'*, Fig. 92 (a. v. S.), liegenden Terrain in diese gelangen kann, ist ein um so stärkeres Gefälle aus der Mitte nach den Seiten erforderlich, je dichter der Boden und je entfernter von einander die Gräben sind. Durch dieses Gefälle ist der Spiegel des Grundwassers in der Mitte, hier bei *a*, bestimmt. Nach §. 219 muß dieser Punkt so tief gelegt werden, daß die Haarröhrenkraft des Bodens nicht mehr schädlich wirkt. Wäre dies bei den Gräben *xy* und *x'y'* zu befürchten, so kann ein Vertiefen der beiden Gräben um *yo* und *y'o'* den Wasserspiegel zwischen den Gräben von *a* nach *a'* versenken. Ein weiteres Vertiefen der Draingräben würde, ohne das Seitengefälle zu schwächen, selbst ihr Hinausrücken nach *z z'* ermöglichen.

§. 234. Neuerdings empfiehlt Ingenieur Merl-Speyer dem obigen Grundsatz (§. 232) zuwider, die Sammeldrains in das stärkste Gefälle und die Saugdrains (parallel) zu einander quer auf diese Richtung zu legen, also die umgekehrte Anordnung oder die sogenannte Querdrainage, wobei die Saugdrains geneigt zum Hauptgefälle zu liegen kommen, und hat diese Methode durch Rechnung als die bessere zu begründen versucht¹⁾.

Es entspricht dieses Vorgehen wesentlich dem Ausbildungsgang des Bauingenieurs, seine Maßnahmen rechnerisch begründen zu wollen, was bei landwirtschaftlicher Produktion leider nicht immer anwendbar ist. Bei der seither in der großen Mehrzahl der Fälle bewährt gefundenen sogenannten Paralleldrainage sind ja quer gelegte Kopfdrains und Sammeldrains von jeher üblich gewesen; ihre Wirksamkeit ist aber eine einseitige, insofern sie wesentlich nur das von oben kommende Wasser in ihre Stoßfugen aufnehmen, während jedem im stärksten Gefälle liegenden Saugdrain die unterirdischen Wasser von beiden Seiten zufließen und auch kleinere Röhrenkaliber das Untergrundwasser mit größerer Geschwindigkeit ableiten, als dies bei quer gelegten Saugdrains mit geringerem Sohlengefälle zutrifft.

Deshalb ist die Parallel- oder Längsdrainage allgemein einfacher in der Anlage und selbst in der Hand eines denkenden Empirikers sicherer in ihrer Wirkung, wenn die so außerordentlich wechselnde Natur des Bodens, seine wasserhaltende Kraft, die Ursachen der Feuchtigkeit und Nässe und namentlich die durch die Wirkung der Drainage eingeleitete Veränderung der Bodenstructur und der damit wechselnden Culturbedingungen in der Zeit so richtig als möglich angesprochen werden. In der Bodenkenntniß ist aber der erfahrene Landwirth und Culturtechniker der Natur der

¹⁾ Neue Theorie der Bodenentwässerung, Ansbach 1890. Eine eingehende kritische Besprechung verbietet der beschränkte Raum.

Sache nach eingehender geschult, und der Bauingenieur kann sich jene Erfahrungen nur sehr allmählich und schwieriger aneignen, als Derjenige, welcher Jahr für Jahr die Witterung und den Boden nach seiner wechselnden Fruchtbarkeit scharf zu beurtheilen versteht.

Damit ist eine bewußte und selbst vermehrte Anwendung von Kopfdrains und Sammeldrains, im Sinne ihrer Wirkung als Querdrainage, um so weniger zu verwerfen, als es ja mitunter stärker geneigtes und das Wasser schwieriger an die parallel im Hauptgefälle liegenden Saugdrains abgebendes Gelände giebt, was eine Verkürzung der Saugdrains rechtfertigt, also ihre Längenerstreckung beschränkt und solche häufiger, als es in dem Anhalten der stärksten Neigung der Felder bedingt wäre, durch quer eingelegte Sammeldrains unterbricht und in ihrer Wirkung unterstützt.

Deshalb aber die verhältnißmäßig einfache Paralleldrainage ganz verwerfen und eine allgemeine Einführung der complicirten Querdrainage empfehlen zu wollen, ist unerfindlich; denn diese vermindert das Gefälle der Saugdrains künstlich, vermehrt unnötig die Zahl der Röhrenverbindungen und die daraus möglicherweise erfolgenden Schäden, und erfordert eine sorgsamere Ausführung.

Die Erkenntniß der Natur des Bodens stigt sich keiner Formel, sonst würde die nunmehr zu besprechende Lücke in der Lehre von der Drainage über die wechselnde Breite der Zwischenräume der Drainzüge rechnerisch auszufüllen sein, was auch Merl selbst als bisher nicht gelungen betont.

Die Größe des Seitengefalles, bezogen auf die halbe Entfernung der Röhrenzüge bei Parallel- oder sogenannten Längsdrainagen, wechselt §. 235.

- a) mit der natürlichen Bindigkeit oder Lockerheit, der hiervon abhängigen Undurchlässigkeit oder Durchlässigkeit und des Maßes der wasserhaltenden Kraft der Untergrundschichten, deren Bestand und Structur an Probelschern oder mittelst des Erdbohrers untersucht wird. Im Allgemeinen gilt, daß gleichartige Verwitterungsböden häufig undurchlässender, als Schwemmlandsböden sind;
- b) Tiefcultur und die Wirkung der Wärme, des Sauerstoffs und der Kohlensäure der Atmosphäre verändern mit der Zeit die natürliche Structur des Bodens und verstärken die Wirkung der Drainage infolge Aufhebung der schädlichen Rasse. Es sind daher bei wärmerem Klima und in Sonnenlagen relativ weitere Entfernungen zulässig.
- c) Wie abweichend das Seitengefälle einiger Bodenarten sich gestaltet, zeigt Fig. 93 (a. f. S.) nach den Versuchen von Delacroix¹⁾, wonach das Gefälle des Grundwasserspiegels im drainirten Boden auf ein Meter Tiefe betrug:

¹⁾ In der Figur sind die Grundwasserstände des drainirten Bodens in der Mitte und über den Drains um so höher, je bindiger derselbe ist und umgekehrt.

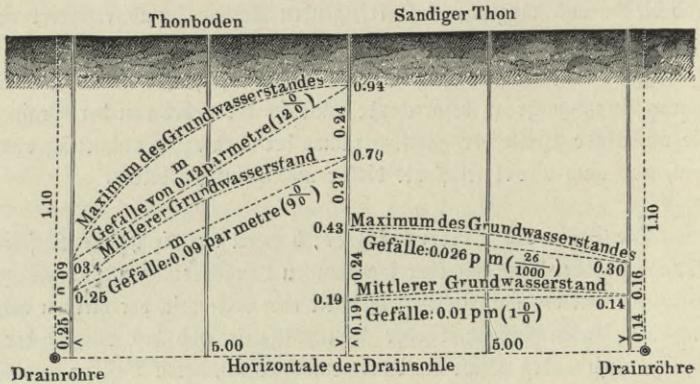
1. bei compactem Thonboden 90 mm
2. „ thonig-sandigem Boden mit Thonschicht . . . 16 „
3. „ Lehm Boden (Sand beginnt vorzuwalten) . . . 10 „
4. „ Lehm Boden (Sand waltet vor) 8 „

In dem Boden 4 durften die Drains achtmal so weit aus einander liegen, als bei dem Boden 1 und fünfmal weiter als bei den Böden 2 und 3.

d) Auf den wechselnden Stand des Grundwasserspiegels übt naturgemäß auch die Regenhöhe der Gegend und ihre Vertheilung aufs Jahr einen bestimmenden Einfluß: er hebt sich bei vermehrtem Abfluß und sinkt seiner Verminderung gemäß, wobei sich gleichzeitig der Wasserstand über den Drains hebt und senkt.

In denselben Bodenbonitäten wird man daher im See- oder Küstengebiet relativ enger, im Continientalklima weiter drainiren.

Fig. 93.



- e) Unter den gedachten gleichen Bedingungen kann bei stärkerem Oberflächengefälle relativ weiter, als in mehr horizontalen Lagen drainirt werden, weil im ersten Fall mehr Meteorwasser vom Lande oberflächlich abrinnt, im zweiten dagegen mehr in den Boden einsickert.
- f) Unzweifelhaft übt neben der örtlichen Niederschlagshöhe und dem oberirdischen Abfluß u. s. w. auch die wechselnde Lufttemperatur und die hieraus erfolgende Verdunstungsgröße einen beachtenswerthen Einfluß auf die abzuführende Wassermenge und die Entfernung der Drainzüge aus. Deshalb ist die verschiedene Erwärmung des Bodens, je nach seiner Exposition gegen die Weltgegenden und ob frei oder beschattet und gegen die Winde geschützt oder nicht, ebenfalls zu beachten.
- g) Sind nur vereinzelte Feldtheile zu entwässern und handelt es sich daher um eine partielle Drainirung, so können oft einige wenige, weiter aus einander, aber tiefer als 1,25 m gelegte Drains genügen,

während bei einer systematischen Drainirung des ganzen Feldes mittlere Entfernungen der Saugdrains festzuhalten sind.

Als maximale Entfernungen können gelten:

Im ausgesprochenen Sandboden	30 m
„ lehmigen Sande	25 „
„ sandigen Lehm	20 „
„ eigentlichen Lehmboden	15 „
„ schweren Lehm und Thon	8, 10 bis 12 „

was auch für feinen Trieb sand gilt, welcher die Masse sehr festhält.

Das Wasser bewegt sich aus der Mitte nie senkrecht, sondern um so diagonalen und im spitzeren Winkel nach den Saugdrains hin, je stärker das Hauptgefälle der Fläche ist. Dies verlängert den Weg der einzelnen Wasserfäden nicht unbedeutend und damit die Zeit des Abfließens, was bei Bestimmung der Entfernung der Drains zu berücksichtigen ist.

Bei ausgesprochen und stärker geneigtem Terrain sind sogenannte Kopfdrains (§. 232), nebst verkürzten Saugdrains, also eine öftere Unterbrechung der letzteren durch quer gelegte Sammeldrains angezeigt und nützlich.

Indessen sind steile nachrutschende und verschwimmende Böschungen in tertiären und jurassischen Thonböden auch ohne Kopf- und Querdrainage erfolgreich zu entwässern¹⁾, wenn kurze näher gelegte Saugdrains senkrecht zur Böschung derart vorgetrieben werden, daß sie, soweit als möglich, immer tiefer in die Böschung einschneiden, ihr Sohlgefälle also sich mindert, aber die tieferen Schichten des nassen Untergrundes angeschnitten werden.

Es liegt nahe, diese Methode auch auf minder geneigtes nasses Land zielbewußt anzuwenden und das Sohlgefälle der Saugdrains künstlich abzumindern (§. 231), damit aber die Querdrainage ganz unnötig zu machen, obwohl sie gerade hier grundsätzlich besser wirken müßte, thatsächlich aber nur weit schwieriger ausführbar ist.

Bei richtig bemessener Entfernung darf nicht übersehen werden, daß zwei benachbarte Röhrenstränge, wenn sie auch durchschnittlich gleich tief unter der Oberfläche liegen, dennoch nach Wasseraufnahme und Ableitung sich verschieden verhalten, insofern dem einen Strang mehr, dem andern weniger Wasser zufließen kann, was eine ungleiche Belastung zur Folge hat. Dies ist der Fall, wenn die Tiefe zweier Drains in den correspondirenden Punkten eine abweichende ist, oder sich vereinzelt kleinere Mulden hier und da finden, wodurch der Weg des Wassers ein ungleicher wird.

7. Das Röhrenkaliber.

Das Kaliber der Röhren oder die lichte Weite derselben wechselt §. 236. an verschiedenen Fabrikationsorten nach den benutzten Formen der Drainröhrenpressen.

¹⁾ Vergl. Dünkelberg-Fries a. a. O., S. 218 u. f.

So sind am Mittelrhein Drainröhrenpressen nach Williams durch Jordan u. Sohn aus Darmstadt¹⁾ und mit denselben nachstehende Kalibergrößen zahlreich verbreitet, für welche der Verfasser die Bestimmung der lichten Weite nach Nummern vorgeschlagen und angenommen hat, indem er die engste Röhre mit Nr. 1 und jede folgende mit einer höheren Nummer bezeichnete. Dadurch ist auch diese Bezeichnungsart überall leicht verständlich und anwendbar, wenn man nur die in anderen Gegenden üblichen Kaliber in Centimetern ausgedrückt mit den angegebenen und in den folgenden Tabellen zu Grund gelegten einfach vergleicht. Gleichwohl wäre eine Einigung auf generelle Annahme derselben Kaliber von 3, 3,5, 4, 4,5, 5 cm zc. sehr erwünscht, weil metrisches Maß an Stelle der früheren nach Zoll und Linien bemessenen Röhrendurchmesser anzuwenden ist.

Nummer der Röhren	Durchmesser cm	Querschnitt qcm	Das Tausend		Eine Röhre kostet Pfennig
			wiegt Kilogramm	kostet Mark	
1	2,75	5,940	600	30,50	3,05
2	3,25	8,296	750	39,50	3,95
3	3,75	11,045	900	48,50	4,85
4	4,50	15,904	1250	54,50	5,45
5	5,00	19,635	1500	60,50	6,05
6	5,75	25,967	1750	69,50	6,95
7	6,00	28,274	2000	84,50	8,45
8	8,00	50,265	2500	105,50	10,55
9	9,50	70,882	3000	120,50	12,05
10	10,50	86,590	3500	144,50	14,45

Amtliche Vorschrift rundet für Schlesien die lichte Weite der kleinsten Röhren auf 4 cm ab, obwohl dies die Kosten der Drainage ganz unnötig erhöht, weil es doch nur darauf ankommt, den maximalen örtlichen Wasserandrang abzuleiten.

In diesem Falle wird bei gleichmäßiger Sohle und richtiger Lage der Röhren etwa eindringender Schlamm und Sand erfahrungsgemäß weit leichter und sicherer hinausgespült, als wenn die Röhre weiter als nötig genommen wird.

Die Erfahrung hat indeß gezeigt, daß die kleinsten Röhren (Nr. 1) bei geringem Gefälle schwierig zu legen sind und leicht ihren Dienst verfahren und daß sie nur bei stärkerem Gefälle, kurzen Leitungen und genauer Arbeit angewendet werden sollten.

Am meisten kommen die Kaliber Nr. 2 und 3 zur Anwendung.

¹⁾ Diese Firma ist unter anderen auf den Ausstellungen zu Darmstadt, München, Paris (1855), Karlsruhe, Würzburg und London (1862) für ihre gut konstruirten sehr verbesserten Backstein- und Ziegelmaschinen prämiirt und liefert einfache Drainpressen von 690 Mk., doppelt wirkende von 1158 Mk. an; ein Satz von sieben Stück Draingeräthen (deutsche, wovon der Legehaken entbehrlich ist) für 48 Mk., einen Satz englische von 11 Stück zu 66 Mk.

d. Die Geschwindigkeit des Wassers in Röhren

hängt von dem Gefälle und dem Verhältniß des Umfangs zum Querschnitt der Röhre ab, das mit der Vergrößerung des Durchmessers immer günstiger wird und umgekehrt. §. 237.

Dagegen verringern die Rauigkeiten im Innern, die Kürze der Röhren (0,30 m), die davon bedingten vielen Stoßfugen, die unvermeidlichen Krümmungen der Röhrentouren und die Unmöglichkeit, die Oeffnungen ganz genau zusammenzupassen, die Geschwindigkeit, gegenüber geschlossenen glatten Wasserleitungsröhren, ganz außerordentlich.

Der dadurch bedingte Reibungscoefficient wird (bei glatten Wasserleitungsröhren nach Weisbach) mit wachsender Geschwindigkeit und auch, aber in geringerem Grade, mit der Vergrößerung des Durchmessers kleiner.

Beträgt der Coefficient für lange glatte Metallröhren z. B. bei 0,1 m Geschwindigkeit 0,0440, so ist er bei 0,2 m 0,0356, bei 1,0 m 0,0239 und bei 2,0 m Geschwindigkeit 0,0211. Für Holzlöhren ist er 1,75 mal größer als bei Metallröhren und steigt nach den directen Versuchen Darcy's bei sehr rauhen Wänden sogar auf das Zwei- bis Dreifache.

Bei den kurzen auf den laufenden Meter mehr als dreimal unterbrochenen, an den Fugen niemals ganz genau passenden Drainröhren muß deshalb die Reibung noch größer als oben angegeben sein.

Deshalb kann die von Eytelwein für die Bewegung des Wassers in Metallröhren aufgestellte Formel mit gleichbleibendem Coefficienten nicht ohne Weiteres für den Draintechniker maßgebend sein und hat v. Möllendorff versucht, den Rauheitscoefficienten für Drainröhren experimentell zu bestimmen.

Neuerdings hat der Ingenieur Nielsen-Barel die Wassergeschwindigkeit in den Drains kritisch bearbeitet¹⁾ und ist nach dem Vorgang von Vincent für einen veränderlichen Coefficienten eingetreten. Dieser schlug vor, den Eytelwein'schen Coefficienten 3,59 bei einer Lichtweite der Drains von 3 cm willkürlich mit $\frac{2}{3}$, bei 5 cm mit $\frac{3}{4}$, bei 8 cm mit $\frac{4}{5}$, bei 10 cm mit $\frac{5}{6}$, bei 13 cm mit $\frac{6}{7}$ und bei 15 cm mit $\frac{7}{8}$ zu vervielfachen²⁾.

¹⁾ Landw. Jahrbücher 1886, S. 217 u. f.

²⁾ Nielsen weiß aber nach, daß Vincent diese Ergänzung bei der Berechnung der Tabellen seines Werkes über Drainage selbst gar nicht benutzt hat, mithin diese nach der Eytelwein'schen Formel berechneten Werthe seinem Vorschlag nicht entsprechen, und warnt geradezu vor deren Gebrauch. Nielsen berechnet, daß Vincent bei der Herstellung jener Tabellen statt der vorgeschlagenen die folgenden Coefficienten, deren Unrichtigkeit nachgewiesen ist, thatsächlich benutzt hat:

bei einem Durchmesser von	beträgt der von Vincent benutzte Coefficient
0,025	1,052
0,05	1,015
0,10	0,969
0,15	0,965

Nielsen prüfte die Anwendbarkeit dieser von Vincent willkürlich gewählten Coëfficienten mittelst der Kutter'schen Formel für die Geschwindigkeit des Wassers in offenen Wasserläufen (§. 105) und fand als Coëfficienten für die Röhrenweiten von

	3	5	8	10	13	15 cm
nach Vincent	33,9	38,2	40,7	42,4	43,6	44,5
nach Kutter	30,2	35,9	41,4	44,1	47,4	49,2

Hiernach sind die Vincent'schen Coëfficienten für die engeren Röhren zu groß und für weitere Röhren zu klein, wenn auch beide Reihen nicht allzu sehr verschieden sind.

Nielsen benutzt dennoch die Cytelwein'sche Röhrenformel mit nach Obigem wechselnden Verhältnißzahlen, weil ein sicherer Rauigkeits-Coëfficient für Drainröhren nicht bekannt sei, und entwirft graphische Tafeln, aus welchen die Röhrenweiten unter wechselnden Bedingungen des Gefälles und der zu entwässernden Flächen ohne weitere Rechnung unmittelbar abgelesen werden können¹⁾. Vergl. die Tafeln und ihre Erläuterung in §. 245 u. f.

Indessen hat die Praxis ergeben, daß auch bei nicht wechselnden Coëfficienten die v. Müllendorff'sche Formel brauchbare Resultate ergiebt, besonders wenn die Minimalgeschwindigkeit nicht unter 0,2 m angenommen und die mittlere Regenmenge zutreffend geschätzt wird. Die Fehler, welche

¹⁾ Dem Vorbild von Nielsen folgend, haben Gerhardt-Berlin und Frank-München eigene Tafeln construiert; vergl. Deutsche Bauzeitung Nr. 92 von 1888 und Nr. 40 von 1889, welche zwar erweitert, indessen nicht bequemer für den Gebrauch sind; denn Gerhardt hat zwei Curvensysteme eingeführt, während Nielsen nur eins hat und die Frank'sche Tafel ist mit Linien so überladen, daß man nur zu leicht auf eine falsche Linie überspringt. Auch erfordert das Interpoliren wegen der ungleichen Stufen an verschiedenen Stellen dieser Tafeln große Aufmerksamkeit.

Dazu kommt, daß die von Gerhardt benutzten Coëfficienten aus den von Nielsen unter Annahme einer bestimmten Rauigkeit nach der Kutter'schen Formel für offene Wasserläufe berechneten und den Vincent'schen Coëfficienten das willkürlich angenommene Mittel bilden, womit Gerhardt dann ohne Weiteres rechnet.

Frank dagegen vergleicht mit diesen Gerhardt'schen die nach seiner eigenen Formel für unreine Leitungen ermittelten Coëfficienten, welche in ähnlicher Weise wie die anderen abnehmen, aber noch kleiner als diese sind, und behauptet, daß die seinigen richtiger wären. Auch benutzt er die Cytelwein'sche Formel für die Flußläufe, die bekanntlich zu hohe Werthe für v giebt, und nicht die Cytelwein'sche Röhrenformel, bei welcher doch in gewisser Weise der Druckhöhenverlust durch Eintritt des Wassers in die Röhren berücksichtigt ist, was bei der Formel für Flußläufe nicht nöthig war.

Aus allen diesen Gründen sind die Tafeln von Nielsen den beiden obigen unbedingt vorzuziehen und auf Wunsch des Verfassers durch verschiedene Stufen, entsprechend ebensoviele verschiedenen Regenhöhen, ergänzt, während sie früher nur dem Regenfall der Nordseeküste entsprachen.

bei mangelhafter Annahme der örtlichen Regenhöhe unterlaufen, können weit größer ausfallen, als dies bei Festhaltung eines gleichbleibenden Coëfficienten irgendwie der Fall ist.

Für das metrische Maß hat man nach v. Möllendorff:

§. 238.

$$v = 3,596 \sqrt{\frac{46,5 \times d \times h}{l + 46,5 \times d}}$$

wenn v die Geschwindigkeit, d den Röhrendurchmesser und h das Gefälle auf die Länge l , alle Größen in Meter, bedeuten.

Es empfiehlt sich l constant zu 1000 und die geringste Geschwindigkeit des Drainwassers zu 0,225 m pro Secunde (rund 0,2) anzunehmen, um die Sedimentbildung in den Röhren zu verhindern, da nach §. 110 fetter Thon erst bei mehr als 0,152 m, Sand bei 0,305 m Sohlengeschwindigkeit in Canälen fortbewegt wird, auch die zugehörigen mittleren Geschwindigkeiten 0,2 und 0,4 m betragen. Denn es ist sicherer, kleine Kaliber nicht bei geringen Gefällgrößen zu verwenden, um die Gefahr der Verschlammung zu umgehen¹⁾.

Aus obiger Formel und für $l = 1000$, $v = 0,225$ m entwickelt sich für metrisches Maß das Gefälle:

$$h = \frac{50,625 + 2,354 \times d}{601,299 \times d} = \frac{0,084193}{d} + 0,0039$$

oder abgerundet

$$h = \frac{8,42}{d} + 0,004,$$

wenn h in Metern und d in Centimetern ausgedrückt wird.

Hieraus berechnen sich für die verschiedenen Röhrenkaliber:

Röhren- Nummer	Bei lichtem Durchmesser cm	Ein Minimalgefälle auf 1000 ²⁾	Ein Wasserdebit pro Secunde Liter ³⁾
1	2,75	3,066	0,134
2	3,25	2,595	0,187
3	3,75	2,250	0,249
4	4,50	1,875	0,358
5	5,00	1,688	0,442
6	5,75	1,468	0,584
7	6,00	1,407	0,636
8	8,00	1,056	1,131
9	9,50	0,990	1,595
10	10,50	0,806	1,948

¹⁾ Vincent begnügt sich schon mit einer Minimalgeschwindigkeit des Drainwassers von 0,15 m pro Secunde, weil die Praxis gezeigt habe, daß hierbei die Röhren rein blieben. Diese Annahme ist um so weniger zu rechtfertigen, als

Es zeigen diese Zahlen, daß man z. B. Röhren Nr. 1 bei Gefällgrößen von weniger als 3:1000 nicht mehr anwenden sollte, weil dieselben bei einer geringeren mittleren Geschwindigkeit als 0,225 m pro Secunde nicht von Sedimenten rein bleiben, — daß sie aber im günstigsten Fall nicht mehr als höchstens 0,134 Liter Wasser pro Secunde abführen.

Professor Gieseler-Bonn hat die Müllendorff'sche Formel (§. 238) vereinfacht, indem er das letzte Glied des Nenners $46,5 \cdot d$ ausfallen läßt, weil es, die Länge der Röhrentour = 1000 gesetzt, diese nur unbedeutend (um 1,28 m) vergrößert.

Zieht man aus $46,5$ im Zähler die Wurzel = $6,819$ und vervielfacht damit den Coefficienten $3,596$, so wird derselbe $24,52$ und die Geschwindigkeit des Wassers in der Röhre ist:

$$v = 24,52 \sqrt{d \cdot J},$$

worin d den Durchmesser und J das relative Gefälle in Metern bezeichnet.

Es sei $J = 1:1000 = 0,001$ und $d = 0,0275$ m, so ist v nach der Müllendorff'schen Formel $0,128$ m und nach Gieseler $0,12858$ m.

Es genügt daher, den bleibenden Coefficienten rund zu 24 anzunehmen; Gieseler will denselben sogar, um noch sicherer zu gehen, nur zu 20 annehmen. Jedenfalls erleichtert die vereinfachte Formel die Berechnung neuer Tabellen für verschiedene Röhrenkaliber, obwohl die graphischen Tafeln von Nielsen dies unnöthig machen.

e. Verschiedenheit der Regenhöhe.

- §. 239. Aus den Jahren 1842/45 berechnen sich im Durchschnitt folgende Regenhöhen: a) für das Flachland des Mittelrheins (Wiesbaden) 71,325 cm, rund 0,72 m; b) für das höhere Bergland (nassauischer Westerwald) 139,98 cm, rund 1,4 m.

die Röhren in der Regel nicht volllaufen und dann die mittleren Sohlergeschwindigkeiten sich sehr rasch und bedeutend vermindern. Deshalb ist mit Sicherheit anzunehmen, daß von Sedimenten frei bleibende Röhrentouren eine größere Geschwindigkeit als 0,15 m pro Secunde entwickeln müssen.

Anmerkungen zur Tabelle auf S. 247:

*) Bei Annahme der Vincent'schen Minimalgeschwindigkeit von 0,15 m würden obige Minimalgefälle mit 0,64 zu vervielfachen sein:

$$3,066 \times 0,64 = 1,962:1000,$$

was offenbar viel zu niedrig wäre, wenn man bedenkt, wie schwierig es in der Praxis ist, ein Gefälle von rund 2 mm pro Meter in vielfacher Wiederholung auf lange Strecken in erdiger, oft rauher Sohle gleichmäßig zu vertheilen und mit öfters mangelhafterem Röhrenmaterial genügend auszuliegen.

*) Das Product des Querschnitts (§. 236) in die Minimalgeschwindigkeit (22,5 cm) ergibt das kleinste Wasserdebit in Cubikcentimetern oder Tausendtheilen des Liters.

Hieraus folgen als Monatsmittel der Regenhöhen für a) 6 cm, für b) 11,66 oder rund 12 cm, obwohl die Entfernung beider Regenstationen nur etwa 70 km beträgt, aber ihre Seehöhen 128 und 604 m sind.

In Bonn (Seehöhe 44 m) fallen im Mittel jährlich 59,5 cm und hiervon im Winter 11,7, im Frühling 14,2, im Sommer 19,7 und im Herbst 13,9 cm.

In der Eifel und dem Hunsrück steigt die Regenhöhe auf 800 mm und auch mitunter darüber. Es entfallen rechnerisch auf ein Hektar im Mittel:

Regenhöhe:

pro Monat	täglich	pro Stunde	pro Minute	pro Secunde
cm	cbm	cbm	cbm	Liter
6 = 600	20	0,833	0,0138 = 13,88	0,23148
7 = 700	23,3	0,972	0,0162 = 16,20	0,26999
8 = 800	26,6	1,111	0,0185 = 18,51	0,30850
9 = 900	30,0	1,250	0,0209 = 20,83	0,34716
und auf dem Westerwalde				0,46276 Liter.

Die mittleren Regenhöhen sind in Millimetern für Westfalen 764,7, Hannover und Oldenburg (Nordsee) 718,4, (Ostsee) 662,1, Schlesiſches Gebirge 714,4, Ebene 575,6, Niederrhein 692,5, Schleswig-Holstein (Nordsee) 686,5, (Ostsee) 619,5, Ostpreußen 599,2, Pommern 571,6, Brandenburg 547,9, Posen und Westpreußen 514,8 und 509,7, Bayern (südl.) 938,9, (nördl.) 735,7, Harz 925,7, Baden 917,5, Württemberg 718,2, Elsaß (Rhein-ebene) 667,7, Lothringen 648,3, Sachsen (Königreich) 633,8, Provinz Sachsen und Thüringen 605,4, Hessen 627,7 mm.

ζ. Abzuführende Wassermengen.

Berücksichtigt man, daß in einzelnen Monaten viel größere Regenhöhen als die oben berechneten Mittel entfallen, z. B. im März 1842 zu Wiesbaden 11,16 cm, zu Neukirch 37,35 cm, daß sie nahesten das Zwei- und Dreifache betragen können und häufig aus Feldern Grundwasser abzuführen ist, so müssen die Drainröhren derart gewählt werden, daß sie mehr als die mittlere monatliche Regenmenge und selbst das Doppelte derselben abzuleiten vermögen¹⁾. — Die nachfolgenden Tabellen geben für das darin bezeichnete, auf 1000 bezogene Gefälle die hiervon abhängigen Geschwindigkeiten (*v*) und Wassermengen (*W*) für die Röhrenkaliber Nr. 1 bis 10 bei einer mittleren Regenhöhe von 0,231 Liter per Secunde.

§. 240.

¹⁾ Es ist dies um so mehr angezeigt, als die Berechnung der Geschwindigkeit des Wassers mittelst Formeln keine ganz genauen Resultate geben kann, auch die wechselnde Durchlässigkeit des Bodens das Wasser mit wechselnder Schnelligkeit nach den Drains abfließen läßt und der oberflächliche Ablauf wie die Verdunstung des Regenwassers in den einzelnen Jahreszeiten und Jahren eine abweichende ist.

Befälle auf Tausend	Geschwindigkeiten v (in Metern) und Wassermengen W (in Litern oder					
		Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
	$d =$	2,75	3,25	3,75	4,50	5,00
1	v	0,128	0,139	0,150	0,164	0,173
	W	0,076	0,115	0,166	0,261	0,340
1,5	v	0,157	0,170	0,183	0,191	0,212
	W	0,093	0,141	0,202	0,304	0,415
2	v	0,183	0,197	0,211	0,232	0,244
	W	0,109	0,163	0,233	0,369	0,479
2,5	v	0,202	0,220	0,237	0,259	0,273
	W	0,120	0,183	0,262	0,412	0,536
3	v	0,222	0,241	0,259	0,284	0,299
	W	0,132	0,200	0,286	0,452	0,587
4	v	0,256	0,278	0,278	0,328	0,346
	W	0,152	0,231	0,307	0,522	0,679
5	v	0,286	0,311	0,335	0,366	0,386
	W	0,170	0,258	0,370	0,582	0,759
6	v	0,314	0,341	0,367	0,401	0,423
	W	0,187	0,283	0,405	0,638	0,831
7	v	0,339	0,369	0,396	0,433	0,457
	W	0,201	0,306	0,437	0,689	0,898
8	v	0,362	0,394	0,423	0,463	0,489
	W	0,215	0,327	0,467	0,737	0,960
9	v	0,384	0,418	0,449	0,492	0,519
	W	0,228	0,347	0,496	0,782	1,018
10	v	0,405	0,440	0,473	0,518	0,547
	W	0,241	0,365	0,522	0,824	1,073
20	v	0,573	0,623	0,669	0,733	0,773
	W	0,340	0,517	0,739	1,166	1,517
30	v	0,701	0,762	0,820	0,897	0,947
	W	0,416	0,632	0,906	1,427	1,858
40	v	0,810	0,880	0,947	1,036	1,094
	W	0,481	0,730	1,045	1,648	2,146
50	v	0,906	0,984	1,058	1,159	1,223
	W	0,538	0,816	1,169	1,833	2,669

$\frac{1}{1000}$ cbm) bei folgenden Nummern und Röhrendurchmessern d (in Centim.):						Befälle auf Tausend
	Nr. 6	Nr. 7	Nr. 8	Nr. 9	Nr. 10	
$d =$	5,75	6,00	8,00	9,50	10,50	
1	v	0,185	0,189	0,218	0,237	0,249
	W	0,480	0,534	1,095	1,682	2,428
1,5	v	0,227	0,231	0,267	0,291	0,305
	W	0,588	0,654	1,342	2,060	2,643
2	v	0,262	0,267	0,308	0,353	0,352
	W	0,679	0,755	1,549	2,378	3,048
2,5	v	0,293	0,299	0,314	0,375	0,394
	W	0,759	0,845	1,581	2,659	3,412
3	v	0,321	0,327	0,378	0,401	0,432
	W	0,832	0,926	1,897	2,842	3,738
4	v	0,371	0,378	0,436	0,475	0,498
	W	0,961	1,069	2,191	3,364	4,316
5	v	0,414	0,423	0,487	0,531	0,557
	W	1,074	1,194	2,449	3,761	4,825
6	v	0,453	0,463	0,534	0,581	0,610
	W	1,176	1,309	2,683	4,119	5,286
7	v	0,490	0,500	0,577	0,628	0,659
	W	1,271	1,414	2,898	4,449	5,711
8	v	0,524	0,534	0,617	0,715	0,705
	W	1,358	1,511	3,098	4,757	6,104
9	v	0,556	0,567	0,654	0,712	0,748
	W	1,441	1,603	3,286	5,073	6,474
10	v	0,586	0,598	0,689	0,751	0,788
	W	1,519	1,689	3,464	5,318	6,825
20	v	0,828	0,845	0,975	1,062	1,113
	W	2,148	2,390	4,899	7,522	9,652
30	v	1,015	1,035	1,194	1,301	1,365
	W	2,661	2,927	5,999	9,212	11,822
40	v	1,172	1,196	1,379	1,502	1,576
	W	3,038	3,380	6,928	10,638	10,652
50	v	1,310	1,337	1,542	1,679	1,762
	W	3,397	3,778	7,745	11,893	15,262

Der Entwurfsmittler Wölgling in Friedberg hat die Geschwindigkeits- und Wassermengen-Berechnungen nach der Wöllendorff'schen Formel noch auf folgende Tabelle erstreckt:

Gefälle auf 1000	Geschwindigkeiten v (in Metern) und Wassermengen W (in Litern oder $\frac{1}{1000}$ cbm) bei folgenden Nummern und Röhrendurchmessern d (in Centimetern):										Gefälle auf 1000	
	Röhrendurchmesser d (in Centimetern):											
	Nr. 0 2,5	Nr. 1 3,1	Nr. 2 3,7	Nr. 3 4,4	Nr. 4 6,2	Nr. 5 7,5	Nr. 6 8,7	Nr. 7 10,0	Nr. 8 11,2	Nr. 9 12,5		Nr. 10 13,7
1	$\frac{v}{W}$ 0,123 0,060	0,136 0,103	0,149 0,160	0,163 0,247	0,193 0,582	0,212 0,937	0,228 1,357	0,245 1,921	0,259 2,550	0,273 3,355	0,286 4,218	0,303 5,350
1,5	$\frac{v}{W}$ 0,150 0,074	0,167 0,126	0,183 0,196	0,200 0,303	0,236 0,713	0,260 1,147	0,280 1,662	0,300 2,353	0,317 3,123	0,335 4,109	0,350 5,160	0,375 6,628
2	$\frac{v}{W}$ 0,173 0,085	0,193 0,146	0,211 0,227	0,230 0,349	0,273 0,823	0,300 1,325	0,323 1,919	0,346 2,717	0,366 3,606	0,387 4,744	0,405 5,965	0,428 7,566
2,5	$\frac{v}{W}$ 0,194 0,095	0,216 0,163	0,236 0,253	0,257 0,391	0,306 0,920	0,335 1,480	0,359 2,146	0,387 3,088	0,409 4,032	0,432 5,304	0,453 6,670	0,479 8,459
3	$\frac{v}{W}$ 0,212 0,101	0,236 0,178	0,258 0,278	0,281 0,428	0,334 1,008	0,367 1,622	0,395 2,350	0,424 3,328	0,448 4,417	0,474 5,811	0,496 7,305	0,524 9,267
4	$\frac{v}{W}$ 0,245 0,120	0,273 0,206	0,298 0,320	0,325 0,494	0,386 1,164	0,424 1,873	0,457 2,714	0,489 3,839	0,518 5,100	0,547 6,710	0,572 8,435	0,606 10,700
5	$\frac{v}{W}$ 0,274 0,131	0,305 0,230	0,333 0,358	0,363 0,553	0,431 1,303	0,474 2,094	0,510 3,034	0,547 4,297	0,579 5,710	0,611 7,502	0,640 9,431	0,677 11,960
6	$\frac{v}{W}$ 0,301 0,147	0,334 0,252	0,365 0,393	0,398 0,605	0,472 1,426	0,519 2,994	0,559 3,324	0,599 4,707	0,634 6,246	0,670 8,218	0,701 10,331	0,743 13,123
7	$\frac{v}{W}$ 0,324 0,159	0,361 0,272	0,394 0,424	0,430 0,654	0,510 1,540	0,561 2,478	0,604 3,590	0,647 5,084	0,685 6,747	0,723 8,876	0,757 11,158	0,801 14,155
8	$\frac{v}{W}$ 0,347 0,170	0,386 0,291	0,422 0,453	0,460 0,699	0,545 1,646	0,600 2,649	0,646 3,888	0,692 5,435	0,732 7,213	0,773 9,489	0,809 11,929	0,856 15,132
9	$\frac{v}{W}$ 0,368 0,180	0,409 0,309	0,447 0,481	0,488 0,741	0,578 1,746	0,636 2,809	0,685 4,071	0,734 5,764	0,775 7,633	0,820 10,064	0,858 12,653	0,908 16,050

10	$\frac{v}{W}$ 0,388 0,190	0,431 0,325	0,471 0,507	0,514 0,781	0,610 1,841	0,670 2,961	0,722 4,291	0,774 6,076	0,819 8,064	0,865 10,609	0,905 13,337	0,957 16,918
11	$\frac{v}{W}$ 0,406 0,199	0,452 0,311	0,494 0,532	0,539 0,820	0,640 1,931	0,703 3,106	0,757 4,500	0,811 6,373	0,859 8,458	0,907 11,127	0,950 13,988	1,004 17,744
12	$\frac{v}{W}$ 0,425 0,208	0,473 0,357	0,516 0,555	0,563 0,856	0,660 1,993	0,734 3,244	0,791 4,701	0,848 6,656	0,897 8,834	0,947 11,622	0,991 14,610	1,051 18,576
13	$\frac{v}{W}$ 0,442 0,217	0,492 0,371	0,537 0,578	0,586 0,891	0,695 2,099	0,764 3,377	0,823 4,892	0,884 6,928	0,933 9,195	0,986 12,096	1,031 15,210	1,092 19,290
14	$\frac{v}{W}$ 0,459 0,225	0,510 0,385	0,558 0,600	0,609 0,926	0,721 2,178	0,793 3,504	0,854 5,077	0,915 7,189	0,969 9,541	1,023 12,553	1,071 15,781	1,133 20,020
15	$\frac{v}{W}$ 0,475 0,233	0,528 0,399	0,579 0,621	0,629 0,957	0,747 2,255	0,821 3,627	0,884 5,255	0,948 7,442	1,003 9,876	1,059 12,993	1,108 16,334	1,173 20,721
16	$\frac{v}{W}$ 0,490 0,241	0,546 0,412	0,596 0,641	0,650 0,988	0,771 2,328	0,848 3,746	0,913 5,428	0,979 7,686	1,035 10,201	1,094 13,419	1,144 16,870	1,211 21,400
17	$\frac{v}{W}$ 0,505 0,248	0,562 0,424	0,615 0,661	0,670 1,019	0,795 2,400	0,874 3,862	0,941 5,595	1,009 7,922	1,067 10,510	1,127 13,832	1,178 17,350	1,248 22,059
18	$\frac{v}{W}$ 0,520 0,255	0,579 0,437	0,632 0,680	0,689 1,048	0,818 2,470	0,899 3,983	0,968 5,757	1,038 8,152	1,098 10,820	1,160 14,233	1,215 17,894	1,285 22,698
19	$\frac{v}{W}$ 0,534 0,262	0,595 0,449	0,650 0,699	0,708 1,077	0,840 2,537	0,924 4,082	0,995 5,915	1,066 8,375	1,128 11,120	1,192 14,623	1,247 18,384	1,320 23,320
20	$\frac{v}{W}$ 0,548 0,269	0,610 0,460	0,667 0,717	0,727 1,105	0,862 2,603	0,948 4,188	1,021 6,068	1,094 8,593	1,158 11,400	1,223 15,003	1,280 18,861	1,354 23,326
30	$\frac{v}{W}$ 0,671 0,329	0,747 0,564	0,816 0,878	0,890 1,353	1,056 3,188	1,161 5,130	1,250 7,432	1,340 10,524	1,419 13,970	1,497 18,375	1,531 22,574	1,658 29,303
40	$\frac{v}{W}$ 0,775 0,380	0,863 0,651	0,943 1,013	1,028 1,562	1,219 3,682	1,341 5,923	1,444 8,582	1,547 12,152	1,637 16,130	1,729 21,218	1,810 26,674	1,915 33,836
50	$\frac{v}{W}$ 0,877 0,430	0,965 0,7-8	1,053 1,133	1,149 1,747	1,363 4,116	1,499 6,623	1,614 9,595	1,730 13,596	1,830 18,030	1,933 23,722	2,018 29,754	2,141 37,830

Es berechnet sich dann die pro Hektar und Secunde abzuführende Wassermenge

$$\begin{aligned} \text{für Wiesbaden auf } 2 \times 0,23148 &= 0,463 \text{ Liter,} \\ \text{„ Neufirch „ } 2 \times 0,4632 &= 0,925 \text{ „} \end{aligned}$$

Stärkere Niederschläge, die ohnedies bei einigem Flächengefälle über gesättigten Boden größtentheils abfließen, können hierbei nicht berücksichtigt werden.

§. 241. Bezieht man die vorstehenden pro Secunde und Hektar entfallenden Wassermengen auf die von den einzelnen Röhrenkalibern (nach §. 238) mit der mittleren Minimalgeschwindigkeit von 0,225 m abgeführten Wassermassen (indem man mit der von einem Hektar abzuführenden Regenmenge in die den einzelnen Röhrennummern entsprechenden Wassermengen dividirt), so erhält man die Hektareanzahl, welche Röhren von verschiedener lichter Weite bei Gefällverhältnissen, welche obiger minimalen Geschwindigkeit entsprechen, mindestens abzuführen vermögen.

So ist z. B. für den Regenfall von Wiesbaden und das Röhrenkaliber Nr. 1 (§. 238) der secundliche Abfluß 0,134 Liter, es müssen aber nach Obigem als pro Secunde und pro Hektar abzuführen 0,463 Liter eingesetzt werden; es kann also mit Röhren Nr. 1 nicht ein volles Hektar, sondern nur $\frac{0,134}{0,463} = 0,2894$ ha oder 28 a 94 qm mit der Minimalgeschwindigkeit von 0,225 m und dem entsprechenden Gefälle von 3,066:1000 entwässert werden.

Hiernach ist die folgende Tabelle für 0,463 Liter pro Secunde und Hektar berechnet und für andere örtliche Regenhöhen umzurechnen:

	Wiesbaden ha	Neufirch ha
Nr. 1	0,2894	0,1447
„ 2	0,4038	0,2019
„ 3	0,5378	0,2689
„ 4	0,7732	0,3866
„ 5	0,9546	0,4773
„ 6	1,2613	0,6306
„ 7	1,3736	0,6868
„ 8	2,4430	1,2230
„ 9	3,4449	1,7224
„ 10	4,2073	2,1036

In der Praxis findet sich meistens ein stärkeres als das in der Tabelle (§. 238) angenommene Minimalgefälle, weshalb dem entsprechend die Geschwindigkeiten und die Wassermengen wachsen müssen, welche die selbe Röhrennummer liefert. Hiermit steht die Fläche, welche sie entwässern können, in directem Verhältniß.

Aus der Anzahl der Liter in der Tabelle, wie aus den in §. 238 angegebenen Minimalgefällen folgt wiederholt, daß erst bei einem Gefälle von 3:1000 Röhren Nr. 1, bei 2,5:1000 Röhren Nr. 2, bei 2:1000 Röhren Nr. 3 und bei 1,5:1000 Röhren Nr. 4 und 5 verwendet werden dürfen, wenn die berechnete Anzahl Liter pro Secunde ablaufen soll (§. 238).

Selbstverständlich können mit zunehmendem Gefälle und hieraus folgenden größeren Geschwindigkeiten mit denselben Röhren größere Wassermengen abgeführt werden. So giebt Nr. 4 (S. 250) bei 1 auf 1000 Gefälle 0,261 Liter pro Secunde, während Nr. 2 bei 5 auf 1000 schon 0,258 Liter abführt. — Es braucht nach dem Vorigen kaum noch bemerkt zu werden, daß die Zahlen der Tabelle nur eine allgemeine, aber möglichst sorgfältig festgestellte Orientirung bezwecken.

Gefälle auf Zaehend	Es entwässern in Hektaren bei 6 cm mittlerer monatlicher Regenhöhe bzw. bei 0,463 Liter pro Secunde und Hektar die Röhrennummern:									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,16	0,24	0,38	0,56	0,73	1,03	1,15	2,36	3,63	5,24
1,5	0,20	0,30	0,43	0,65	0,89	1,27	1,41	2,89	4,44	5,70
2	0,23	0,35	0,50	0,79	1,03	1,48	1,63	3,34	5,11	6,57
2,5	0,25	0,39	0,56	0,89	1,15	1,63	1,82	3,41	5,74	7,36
3	0,28	0,43	0,61	0,97	1,26	1,79	2,00	4,09	6,13	8,07
4	0,32	0,49	0,66	1,12	1,46	2,07	2,30	4,73	7,26	9,32
5	0,36	0,55	0,79	1,25	1,63	2,31	2,57	5,28	8,12	10,42
6	0,40	0,61	0,85	1,37	1,79	2,54	2,82	5,79	8,89	11,41
7	0,43	0,66	0,94	1,48	1,93	2,74	3,05	6,25	9,60	12,33
8	0,46	0,70	1,00	1,59	2,07	2,93	3,26	6,69	10,25	13,18
9	0,49	0,74	1,07	1,68	2,19	3,11	3,46	7,09	10,95	13,98
10	0,52	0,78	1,10	1,78	2,31	3,28	3,64	7,48	11,48	14,74
20	0,73	1,33	1,59	2,51	3,27	4,63	5,16	10,56	16,24	20,84
30	0,90	1,36	1,95	3,08	4,01	5,74	6,32	12,93	19,89	25,53
40	1,04	1,57	2,25	3,56	4,63	6,56	7,08	14,96	22,95	29,48
50	1,16	1,76	2,52	3,95	5,65	7,33	8,15	16,72	25,68	32,81

Aus derselben Tabelle läßt sich nach §. 241 die Anzahl Hektaren annähernd berechnen, welche die verschiedenen Röhrenkaliber bei wechselnden Gefällgrößen und unter bestimmtem Regenfall, der für Wiesbaden zu 6 cm monatlicher Höhe angenommen ist, zu entwässern vermögen. — Im Gebirge (Westerwald), wo die doppelte Regenmenge fällt, kann nur je die Hälfte der angegebenen Hektarezahl entwässert werden.

7. Länge der Leitungen.

Diese hängt besonders von der Gestalt und der Lage der Fläche, der Art §. 243. und Größe ihrer Neigung, der abzuführenden Wassermenge und von dem Kaliber der Röhren ab, welche verwendbar sind. Man kann aber dabei weit

sicherer vorgehen, als bei Bestimmung der Entfernung der Drains, wenn man die vorstehend entwickelten Berechnungen zu Hilfe nimmt.

Ist nämlich nach §. 233 bis 235 die zulässige Entfernung der Drainstränge den örtlichen Verhältnissen gemäß bestimmt, so läßt sich aus der Tabelle auf S. 255 diejenige Länge der Drainstränge berechnen, welche mit einer und derselben Röhrennummer gelegt werden darf. Könnten z. B. eine Anzahl Saugdrains bei einem Gefälle von 4 : 1000 je 12 m von einander entfernt gelegt werden, so genügten Röhren Nr. 1 für die Entwässerung einer Fläche von 0,32 ha auf eine Länge von $\frac{3200}{12} = 266$ m. Wollte man nun Nr. 2 benutzen, so reichten diese für $\frac{4900}{12} = 408$ m aus, und wollte man beide Kaliber auf 0,49 ha Fläche benutzen, so träfen auf Nr. 2 eine Länge von $408 - 266 = 142$ m und auf Nr. 1 die oben berechneten 266 m.

Selbstverständlich kann diese Rechnung nur eine annähernde Richtigkeit beanspruchen, ist aber einer erfahrungsgemäßen Schätzung unbedingt vorzuziehen.

Eine bestimmte Angabe über die Maximallänge eines und desselben Saugdrains läßt sich nicht allgemein gültig aufstellen. Beachtet man, daß mit zunehmender Länge auch das Röhrenkaliber stetig wachsen muß, und daß man Röhren Nr. 1, weil am ersten der Verschlämmung ausgesetzt, nicht gern, namentlich auf langen Strecken, verwendet, so folgt daraus eine vorzugsweise Benutzung von Nr. 2 und Nr. 3 und man gelangt bei sehr langen Touren, geringen Gefällgrößen und starkem Grundwasserandrang sehr bald zu einem Punkte, wo die theureren Nummern 4 und 5 angezeigt sind und es deshalb besser ist, die Saugdrains durch einen gemeinschaftlichen Sammeldrain (§. 234) zu unterbrechen.

Bei Gefällen von 5 und mehr auf 1000, glatter Sohle und richtig gewähltem Röhrenkaliber kann man selbst 300 m lange Saugdrains anwenden, aber stets nur mit Rücksicht auf den durchschnittlichen Regenfall.

In vielen Fällen muß aber an der Länge des Saugdrains mit Rücksicht darauf abgebrochen werden, daß einem Sammeldrain durch zahlreiche Saugdrains nicht zu viel Wasser zufließt, weil dadurch dessen Röhrenkaliber unzuweckmäßig vergrößert und vertheuert wird.

§. 244. Bei Bestimmung des Röhrenkalibers für einen Sammeldrain kommt die ganze Fläche in Betracht, welche durch die in jenen mündenden Saugdrains entwässert wird.

Diese Fläche ist gleich dem Product der durchschnittlichen Länge der Saugdrains in die Entfernung derselben von einander.

Es sei diese 15 m, die Länge eines jeden der sechs zugehörigen Saugdrains 250 m, so ist die entwässerte Fläche $= 15 \times 6 \times 250 = 22500$ qm $= 2$ ha 25 a und die Länge des Sammeldrains mindestens 75 m.

Die hiervon abgeführte Gesamtwassermasse würde nach §. 239 und 240 zu $2,25 \times 0,463 = 1,042$ Liter pro Secunde anzunehmen sein.

Bei einem Gefälle des Sammeldrains von 4 : 1000 müßten nach Tabelle S. 251 in dem letzten Fünftel derselben (gegen seine Mündung hin) auf etwa 15 m¹⁾ Röhren Nr. 7, für weitere 10 m (aufwärts Nr. 6, dann für 10 m Nr. 5, für 20 m Nr. 4 und für den Rest Röhren Nr. 3 gelegt werden.

Fehlen die größeren Röhrenkaliber, so müssen als Nothbehelf für Nr. 7 zwei Röhren Nr. 4, für Nr. 6 drei Röhren Nr. 3, für Nr. 5 zwei Röhren Nr. 3 auf und neben einander gelegt werden²⁾.

Wo keine Fabrik in der Nähe oder wenn die gewünschten Kaliber vergriffen sind, kommt ein solcher Behelf mitunter vor.

Es werden dann die in den Figuren 94 und 95 gezeichneten Fälle eintreten und entweder eine Röhre unten und zwei Röhren darüber, oder umgekehrt gelegt werden müssen. Im letzten Falle legen sich, wie in Fig. 95,

Fig. 94.

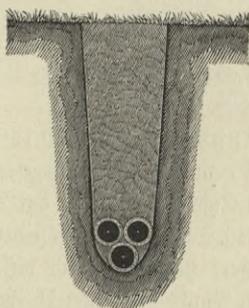
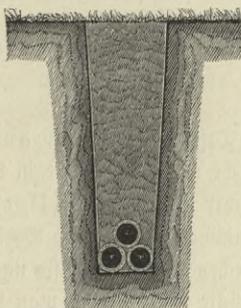


Fig. 95.



die Röhren leichter und sicherer als im ersten Fall; diese Legemethode ist aber insofern vorzuziehen, als bei zeitweise geringer Wassermenge wenigstens der eine unterste Drainstrang vollläuft und nicht so leicht verschlammten oder versanden kann.

Je kleiner die einzelnen Drainsysteme (§. 232) durchschnittlich projectirt werden (wobei man als Mittel der Größe etwa 4 bis 5 ha annehmen kann), um so kleiner dürfen die Kaliber des Sammeldrains gegriffen werden. Bringt es die Vertlichkeit nichtsdestoweniger mit sich, daß Sammeldrains von sehr starkem Röhrenkaliber nicht zu umgehen sind, so ersetze man solche nöthigenfalls durch offene Gräben.

¹⁾ Entsprechend der Voraussetzung, daß jeder Saugdrain aus $15 \times 250 = 3750$ qm Fläche $0,375 \times 0,463 = 0,174$ Liter pro Secunde liefert.

²⁾ Nach §. 236 kostet 1 Stück Nr. 7 8,45 Pf., 2 Stück Nr. 4 dagegen 10,9 Pf., 1 Stück Nr. 6 6,95 Pf., 3 Stück Nr. 3 14,55 Pf., was also eine wesentliche Vertheuerung zur Folge hat.

9. Graphische Bestimmung der Drainkaliber.

§. 245. Nielsen hat neuerdings sein graphisches Verfahren auf drei neuen Tafeln mit erklärendem Text dargestellt und erweitert¹⁾.

Auf Tafel II und III sind die wechselnden Gefälle in Procenten, die Wassergeschwindigkeiten pro Secunde in Meter, die Größe der Entwässerungsflächen in Quadratmeter bezw. Hektar und die zugehörigen Röhrenkaliber in Centimeter linear eingetragen.

Die Grundwerthe sind auf eine maximale Wasserabführung von 0,756 Liter pro Secunde und Hektar (Regenhöhe zu Wilhelmshafen 79,5 cm) bezogen, mit der mittleren monatlichen Regenhöhe von 0,0914 m, wie sie auch im rheinischen und mitteldeutschen Berglande vorkommen.

In den meisten Fällen reicht man für die Bestimmung des Röhrenkalibers mit der Tafel II in Verbindung mit der Tafel IV aus. Unter Umständen kann man noch Tafel III zuziehen und von folgender Hilfsstabelle Gebrauch machen.

Einer 2 mal so großen Fläche entspricht ein 1,32 mal so großer Durchmesser,

"	3	"	"	"	"	"	"	1,55	"	"	"	"
"	4	"	"	"	"	"	"	1,74	"	"	"	"
"	5	"	"	"	"	"	"	1,90	"	"	"	"
"	6	"	"	"	"	"	"	2,05	"	"	"	"

Die Tafel IV dient für andere Abflußmengen als 0,756 Liter pro Hektar und Secunde in der Art, daß man *AB* der herausgeschnittenen Tafel IV mit *AB* auf Tafel II, oder *CD* der Tafel IV mit *CD* auf Tafel III genau zusammenfallen läßt. Vorher knickt man Tafel IV an der einen Kante der entsprechenden Flächenleiste nach hinten scharf zusammen und diese an die Kante gerückte Leiste schiebt man dann an den Punkt der Tafel II, bezw. III, an welchem man ablesen will, vor.

Die Stufen der Flächenleisten umfassen bei Benutzung der Tafel II, gleich den Stufen dieser Tafel selbst, je 1000 qm (die ganz durchgehende Zahlenreihe auf IV), während sie, auf Tafel III gelegt, wie die Stufen hier, je 5000 qm (gleich den bei *CD* auf IV anfangenden Zahlen) bedeuten.

Sollen die Tafeln für eine noch größere Wasserabführung als 1,35 Liter pro Hektar und Secunde benutzt werden, z. B. für 2,1 Liter, so wähle man diejenige Leiste, welche $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$ oder etwa $\frac{1}{4}$ dieser Literzahl entspricht, im ersten Falle also Nr. 6 für $2,1 : 2 = 1,05$ Liter und beachte sodann, daß die Zahlen in diesem Falle das Doppelte (in den anderen Fällen das Drei- bezw. das Vierfache) der zu entwässernden Fläche anzeigen.

§. 246. Die folgenden Beispiele erläutern den Gebrauch der Tafeln näher.
Zu Tafel II. a) In einem System paralleler, in 15 m Entfernung

¹⁾ Vergl. Nielsen, Tafeln zur Bestimmung der Drainröhrenweiten. Braunschweig 1901.

verlegten Saugdrains wechseln ihre Längen zwischen 53 und 104 m, während das Gefälle durchweg etwa 0,5 Proc. beträgt. — Welcher Röhrendurchmesser ist zu wählen und welches ist die Geschwindigkeit des Wassers?

Der längste Drain entwässert eine Fläche von $104 \cdot 15 = 1560$ qm. Hält man die Spitze einer Feder auf den Kreuzungspunkt der 0,5 Proc.-Curve und der 3 cm-Linie, so sieht man, daß dieser Punkt etwas unter der zweiten der parallelen Flächenlinien liegt, d. h. etwas weniger als 2000 qm, etwa 1900 qm entwässerte Fläche anzeigt. — Der längste Saugdrain hat aber, wie oben berechnet, nur 1560 qm Fläche zu entwässern, weshalb die 3 cm-Röhren nicht nur für diesen, sondern für alle übrigen (kürzeren) Saugdrains desselben Systems mehr als genügen. Ferner liegt der obige Kreuzungspunkt rechts von dem mit 0,2 m Wassergeschwindigkeit bezeichneten Strich, woraus folgt, daß die Wassergeschwindigkeit in den 3 cm-Röhren im gegebenen Falle 0,21 m betragen wird.

b) Sollen anstatt 0,756 Liter 0,65 Liter Wasser pro Secunde und Hektar abgeführt werden, so führt man die 3. Zeile der Tafel IV an den oben erwähnten Durchschnittspunkt (nachdem AB auf AB gelegt ist) und ermittelt so eine zulässige Entwässerungsfläche von 2200 qm.

c) Sollte die Wasserabführung in einem anderen Falle 1,15 Liter pro Secunde und Hektar betragen, so giebt die 7. Zeile der Tafel IV, an jenen Punkt gerückt, nur 1300 qm an, und $1300:15 = 86,7$ m. Alle Saugdrains, deren Länge geringer als 86,7 m ist, dürfen also mit 3 cm-Röhren gelegt werden, während alle längeren Drains nach unten hin etwa 4 cm-Röhren erfordern.

d) Einige Saugdrains in einem Abstand von 12 m sind 152 m lang und können, in gleicher Tiefe verlegt, nur 0,23 Proc. Gefälle erhalten; welches ist ihr Durchmesser und ihre Geschwindigkeit?

Da $152 \cdot 15 = 1824$ qm ist und der Kreuzungspunkt zwischen einer gedachten 0,23 Proc.-Curve und einer unter 2000 gedachten 1824 qm-Flächenlinie links von dem 0,15-Minimalgeschwindigkeitsstrich liegt, so rückt man auf jener Curve aufwärts bis an diesen Strich vor, wo die 4 cm-Linie etwas oberhalb vorbeigeht, weshalb 4 cm der kleinste zulässige Durchmesser wäre.

Will man dagegen mindestens eine Geschwindigkeit von 0,20 m erzielen, so muß man die Curve noch weiter aufwärts bis zu diesem Geschwindigkeitsstrich verfolgen und ermittelt dadurch ein Röhrenkaliber von 5 cm, wenn man nicht vorzieht, den Saugdrains künstliches Gefälle zu geben.

Soll dagegen die Wasserlösung (anstatt 0,756 Liter, wie oben) nur 0,65 m betragen, so liegt der Kreuzungspunkt der 0,23 Proc.-Curve und der 1824 qm-Linie noch weiter nach links.

Wären dagegen 1,25 Liter abzuführen, so findet man, wenn die 8. Zeile der Tafel IV angelegt wird, daß bei 0,23 Proc. Gefälle 4 cm-Röhren 1824 qm genügend entwässern und eine Wassergeschwindigkeit von 0,17 m entwickeln, während, wenn diese mindestens 0,20 m betragen soll, 5 cm-Röhren erforderlich werden.

§. 247. Für die Bestimmung des Durchmessers eines jeden Sammeldrains kommt seine ganze Zuflußfläche in Betracht, die man entweder durch Umsfahren der äußersten Enden aller zugehörigen Saugdrains, bezw. ihrer zugehörigen Wasserscheiden mit dem Polarplanimeter bestimmt, oder durch Abzählen, indem man die Fläche auf der Karte mit einem genauen Quadratnetz in Bleistiftlinien überzieht, dessen Einzelfelder je ein Ar Größe haben, wobei man die längste gerade Begrenzungslinie als Basis annimmt. Oder man benutzt zum Auftragen der Karte Millimeterpapier, wobei ein Quadratmillimeter gleich ist:

bei dem Maßstab 1000:1	0,01	Ar ¹⁾ ,
" " " 1250:1	0,0156	"
" " " 1500:1	0,0225	"
" " " 2000:1	0,04	"
" " " 2500:1	0,0625	"

Münden zwei und mehr Sammeldrains verschiedener Systeme schließlich in einen Hauptsammeldrain, so kommt für dessen Kaliberbestimmung die Fläche sämtlicher zugehörigen Systeme in Betracht. Ihre Größe wird 15 bis 20 ha im Mittel nicht überschreiten, obwohl es Grundsatz sein muß, einer Drainage so wenig Ausmündungen als möglich zu geben, um den Ablauf zu concentriven und zu sichern.

Als Beispiele für den Gebrauch der Tafeln bei Sammeldrains werden folgende Annahmen und Schlußfolgen gemacht.

Zu Tafel II. e) Es seien 76 700 qm bei 3 Proc. Gefälle zu entwässern. Man setzt die Federspitze auf den Kreuzpunkt der Flächenlinie von 76 700 qm mit der 3 Proc.-Curve und liest 8,5 cm-Röhrenkaliber und 1,01 m Wassergeschwindigkeit ab.

Sind nur 0,65 Liter abzuführen, so legt man die Kante der 3. Leiste von Tafel IV derart an die 3 Proc.-Curve, daß die 7,67 ha-Pinie dieselbe schneidet, und findet 8,1 cm Durchmesser und 0,98 m Geschwindigkeit.

Verfährt man unter der Annahme von 0,95 Liter Wasserlösung mittelst der Kante der 5. Leiste ähnlich, so zeigt Tafel II 9,4 cm Durchmesser und 1,07 m Wassergeschwindigkeit an.

Zu Tafel III. f) Ein Sammeldrain hat 21,67 ha bei 0,45 Gefälle zu entwässern. Der Schnittpunkt einer gedachten 0,45 Proc.-Curve (in der Mitte zwischen 0,4 und 0,5 Proc.) mit der 21,67 ha-Flächenlinie zeigt 18,3 cm Durchmesser und 0,62 Geschwindigkeit.

Beträgt die Wasserlösung 0,85 cm Liter, so sucht man die 21,67 m-Pinie auf der 4. Leiste der Tafel IV auf, bringt diese mit der 0,45 Proc.-Curve zum Schnitt (*CD* auf *CD* gelegt) und findet den Durchmesser von 19,2 cm und 0,64 m Geschwindigkeit.

g) Ein Sammeldrain soll 64,95 ha bei 1,5 Proc. Gefälle entwässern, so ist nach der Hülftabelle (§. 245) $64,95 : 3 = 21,65$ ha, und die ent-

¹⁾ Vergl. Encyclopädie der Kulturtechnik, Bd. 1, S. 434.

sprechende Linie auf Tafel III giebt an der 1,5 Proc.=Curve 14,5 cm als Durchmesser an; die wirkliche lichte Weite aber ist $14,5 \cdot 1,55 = 22,475$ cm.

Bei 0,65 Liter Wasserlösung ist 21,65 ha auf der 3. Leiste der Tafel IV aufzufuchen und diese Linie (CD auf CD) bis zum Schnitt mit der 1,5 Proc.=Curve nach Tafel III vorzuschieben, wobei man 13,6 cm findet; der wirkliche Durchmesser ist also $13,6 \cdot 1,55 = 21,08$ cm.

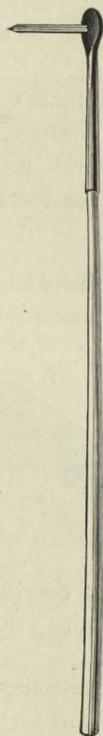
h) Wie groß ist die Fläche, welche 20 cm-Röhren bei 2 Proc. Gefälle entwässern? $20 : 1,32 = 15,2$ cm. Nach Tafel III entwässern 15,2 cm-Röhren bei 2 Proc. 28,5 ha, mithin 20 cm-Röhren bei 2 Proc. $28,5 \cdot 2 = 57$ ha, weil nach S. 258 einem 1,32 mal so großen Durchmesser eine 2 mal so große Fläche entspricht.

Die Wassergeschwindigkeiten verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus dem Durchmesser.

Ein Durchmesser von 15,2 cm entwickelt nach Tafel III bei 2 Proc. Gefälle eine Geschwindigkeit von 1,18 m und $1,18 : x = \sqrt{15,20} : \sqrt{20}$ ergibt $x = 1,35$ m Geschwindigkeit in Röhren von 20 cm Durchmesser bei 2 Proc. Gefälle.

v. Das Legen und Decken der Röhren.

Arbeitet man zur Beschaffung der nöthigen Vorfluth bei Anfertigung der §. 248. Gräben dem Gefälle entgegen, so wird bei dem Legen der Röhren umgekehrt Fig. 96.



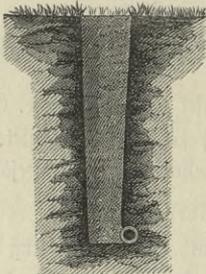
verfahren. Regel ist, mit dem Legen fertiger Gräben sobald als thunlich zu beginnen, besonders in leichtem Boden mit starkem Grundwasser, wo die Gefahr des Einstürzens am größten ist.

Vor dem Legen wird nochmals die Sohle abgeglichen,

etwa vorhandener Schlamm und Triebfand zurückgestrichen und darauf gesehen, daß nirgends breite ruhige Wasserstände, mit rascher rinnenden wechselnd, sich zeigen, sondern das Wasser allenthalben gleichmäßig über die Sohle abfließt, was das einfachste Prüfungsmittel einer egalen Sohle abgiebt.

Die Röhren werden entweder mit dem Legehaken, Fig. 96 (a. v. S.), von dem Grabenbord aus, Fig. 97 (a. v. S.), oder mit der Hand durch einen im Graben stehenden Arbeiter regelmäßig in geraden oder sanft geschwungenen Linien dicht an einander auf die Sohle gelegt. Man sieht darauf, daß die Fugen gut auf einander passen, und dreht und wechselt die einzelnen Röhren so lange, bis dies erreicht ist. Bei dem Legen gekrümmter Röhren darf die concave oder convexe Biegung nie nach oben oder unten, sondern stets nur nach den Seiten zu liegen kommen.

Fig. 98.



Das directe Legen von Hand wird nur in Ausnahmefällen angewendet: bei sehr tiefen und schlammigen Gräben oder bei harter Erde in trocknen Gräben, wo das genaue Ausgleichen der Sohle sehr schwierig ist und die hineingelegten Röhren des Wassermangels wegen nicht festkleben, oder endlich bei Triebfand, wo eine Unterlage von Brettstücken an einzelnen Stellen gegeben werden muß, damit die Röhren nicht einsinken und den Wasserabfluß unterbrechen.

Das zu diesem Zweck vorgeschlagene Legen von Röhren mit Muffen ist durch die Praxis längst und mit Recht verworfen.

Die weichen Sohlen der in Moor- und Torfboden eingeschnittenen Gräben lassen sich öfters nur sehr schwer und mangelhaft mit Röhren auslegen. Es gelingt dies aber mit größerer Sicherheit, wenn ein auf der Sohle stehender Arbeiter in gleicher Höhe mit der Sohle in eine der Grabenwände eine frische Rinne einreißt und in diese die Röhre einlegt, Fig. 98.

§. 249. Die Verbindung der Saugdrains mit den Sammeldrains erfolgt am sichersten nach Fig. 99 und 100, in dem in die beiden zusammentreffenden

Fig. 99.

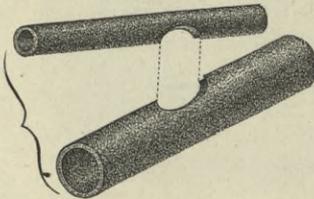
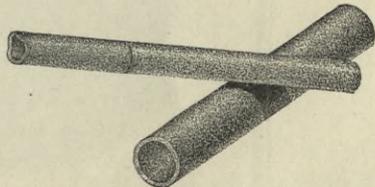


Fig. 100.



Röhren mit einem Spitzhammer auf einander treffende Löcher eingeschlagen und die Röhren so gelegt werden, daß das Wasser der Saugdrains von oben in den Sammelrain hineinfällt.

Um das Einströmen des Wassers der Saug- in die Sammeldrains ohne schädliche Verminderung der Geschwindigkeit zu bewirken, empfiehlt es sich

die betreffenden Gräben in spitzen Winkeln oder in Curven auf einander treffen zu lassen.

Die offenen Mündungen der Sammeldrains müssen einen Verschluss erhalten, um das Einkriechen von Fröschen zc. zu verhüten. Verfasser hat hierzu Gittermuffen aus Thon verwendet. Andere bilden die Mündung durch einen aus drei Brettchen zusammengenagelten Kandel, der auf einer Kante ruht und auf dessen schief abgeschnuittenes Ende eine mit Blei beschwerte bewegliche Bodenklappe genagelt ist, welche sich der ausfließenden Wassermasse gemäß hebt und senkt. — Solche Einmündungen müssen indeß durch vorgesezte Steine zc. vor den Eingriffen Unerufener gesichert werden. Vergl. Fig. 120, Encyclopädie der Kulturtechnik, Bd. 2, S. 234.

Regel ist, einem und demselben Drainplan so wenig Mündungen als möglich zu geben.

Die gelegten Röhren müssen alsbald gedeckt werden, weil sonst von unten oder seitwärts eindringendes Wasser die Röhren heben und mitunter verschieben kann.

Selbst schlammiger, weicher Boden wird durch die kaum gelegte Röhre, deren gebrannte Thonmasse eine Menge Wasser rasch mechanisch aufsaugt und das übrige durch die Stoßfugen aufnimmt und fortführt, alsbald trocken und fest und verträgt bei allmählichem Aufschütten das Gewicht der Erdbedeckung, ohne daß die Röhren einsinken und ein Verschieben derselben zu befürchten ist.

Unmittelbar auf die Röhren bringt man bröckelnde, dicht sich anlegende Erde und unterläßt das Hineinscharren schwerer Steine, um das Zerbrechen der Röhren und eine ungleiche Belastung zu verhüten.

d) Entwurf und Absteckung eines Drainplans.

Man unterscheidet die vollständige von der partiellen Drainirung §. 250. eines Feldes. Diese ist da angezeigt, wo nur einzelne Stellen oder Flächen an Nässe leiden, und es unnöthige Kosten verursachen würde, die ganze Fläche zu drainiren. Man sei aber hierbei vorsichtig, damit nicht die undrainirten Flächen später als nunmehr feuchte Stellen gegen die drainirten sich unvortheilhaft herausstellen.

Am sichersten geht man, wenn das Feld zeitig im Frühjahr oder in einem feuchten Spätherbst beurtheilt werden kann.

Im trocknen Sommer ist man hierbei vorwiegend auf das Urtheil dritter Personen und weit weniger auf eigene Anschauung angewiesen, wenn man die Beschaffenheit der Felder vorher nicht gekannt hat.

In bergigem Terrain ist der Entwurf eines Drainplanes einfacher als in ebenen Lagen mit geringem Gefälle, wo es öfters an Vorfluth mangelt oder diese doch schwieriger zu beschaffen ist. Auf letzterer beruht aber wesentlich ein günstiger Erfolg.

Kleinere Feldtheile mit gleichmäßigerem und ausgesprochenen Flächengefälle erfordern einfachere Drainanlagen und können nach einiger Eintübung und erlangtem Ueberblick sogleich auf dem Felde abgesteckt bezw. ausgeführt werden.

Zuerst bestimmt man auf dem Felde die Lage der Sammeldrains und steckt diese kennbar ab, woraus die einzelnen Abtheilungen von selbst folgen. In Zweifelsfällen muß über die Richtung dieses Hauptdrains und die erreichbare Tiefe das Nivellement entscheiden.

Lage und Richtung der Saugdrains ergibt sich nach §. 231 z. durch das Abstecken von Horizontallinien über die zu entwässernde Fläche. Die Saugdrains werden auf dieser in passender Entfernung durch Pfähle markirt, auf welche die denselben Drainlinien entsprechenden gleichlautenden Nummern geschrieben oder eingeschnitten werden.

Auf diese Absteckung hin entwirft man eine Handzeichnung, in welche jeder Drain nach Entfernung, Länge und Nummer eingeschrieben wird, woraus nach §. 240 bis 247 das Röhrentaliber und die mutmaßliche Tiefe nach Maßgabe des Nivellements und der Horizontalen, wenn deren Höhenabstand bekannt ist, berechnet werden kann.

Bei dem Abstecken sehe man auf geradlinigen Verlauf der Gräben, ohne aber deshalb mit den Saugdrains Höhen- und Tiefpunkte zu durchschneiden, welche dort eine tiefere, hier eine flachere Lage der Röhren bewirken und die Arbeit unnötig erschweren und vertheuern würden, weil die Tiefe der Gräben fortwährend wechseln und ein stetes Niveliren vorgenommen werden müßte, anstatt daß sonst der Gebrauch von Stichmaßen und das Abmessen der Sohle von einer am Graben entlang scharf angespannten Schnur ausreichen wird.

§. 251. Drains dürfen nie in die Nähe von Bäumen, Sträuchern oder Holzpflanzungen überhaupt gelegt werden, damit die Wurzeln nicht in die Röhren eindringen, durch vielfache Verästelung und üppiges Wachsen die Röhre völlig erfüllen und den Ablauf des Wassers vollständig hindern. Das Drainiren von Baumstücken ist daher nur in dem Falle, daß die Baumreihen sehr weit (50 m) von einander entfernt stehen, die Drains also 25 m davon entfernt gelegt werden können, mit einiger Sicherheit ausführbar. In Weinbergen ist nach Erfahrungen im Rheingau das Drainiren ohne Gefahr, daß die Röhren zuwachsen, anwendbar. Gleiches wird auch von Hopfengärten behauptet. Raps dagegen soll auf frisch drainirtem Felde schon Verwachsen der Röhren bewirkt haben. Auch die Bildung von Algen in der Röhre, der Absatz von Kalk und Eisenoxyd kann Ursache von Verstopfungen werden. Bei nasser Witterung wird dann oberhalb der verstopften Stelle schädliche Rässe hervortreten und eine Aufgrabung nöthig machen.

Hat man es dagegen mit größeren Feldern, geringerem und wechselnden Flächengefälle zu thun, bedarf der Plan einer amtlichen Vorlage und Finanzierung, so ist eine Kartirung mit Nivellement und Einzeichnung der Hori-

gezeichneten Sammel- und Hauptdrains und ob in denselben die Minimalgeschwindigkeit von 0,2 m pro Secunde gewahrt ist (§. 238). Für die Kaliberberechnung ist der örtliche Regenfall aus meteorologischer Feststellung in der Umgegend abzuleiten.

Als Beispiel der Entwicklung des Drainplans auf einem muldenförmigen Terrain im Maßstab 1 : 3000 kann der in Fig. 101 von Schweder-Berlin ausgeführte dienen, worin die Höhengoten, die Richtung der Saugdrains mit gleicher Entfernung, die Lage der Sammeldrains und die zugehörigen Systeme¹⁾, nebst dem Hauptdrain und die verschiedenen Röhrenkaliber ersichtlich sind.

Ungewöhnlich und nur selten (bei feinsandigem Boden) erforderlich sind die im Hauptdrain eingesetzten Brunnenstuben, durch welche dessen Röhrentour zweimal unterbrochen ist, um den Absatz des mitgeführten erdigen Materials zu sichern.

Auf Grund dieses Planes lassen sich die gesammte Grabenlänge, der Röhrenbedarf nach verschiedenen Kalibern berechnen, in Tabellen zusammenstellen und der Kostenvoranschlag nebst Erläuterungsbericht entwerfen.

e) Kosten der Drainage.

§. 252. Die allgemeinen Arbeiten, der Planentwurf, die Aufsicht und die Stellung der Draingeräthe zc. werden einfach nach der Zahl der Hektaren festgesetzt: bis zu 50 ha mit 7 bis 8 und 10 Mk. pro Hektar, für weitere 50 ha um 1 Mk. billiger und für das Abstecken auf dem Felde mit 4 Mk. pro Hektar.

Die speciellen Kosten umfassen:

1. Die Anfertigung und das Zuwerfen der Gräben;
2. den Bedarf an Röhren und das Legen derselben und
3. die Kosten der Aufsicht und Planlage.

Die Gräben werden am besten und billigsten im Accord gefertigt und einschließlich des Zuwerfens nach dem laufenden Meter begeben. Bei dem Ausmessen wird nie horizontal, sondern der Neigung des Bodens nach (mit aufgelegtem Maßstab) gemessen.

Der Preis eines Grabens pro Meter folgt aus dem cubischen Gehalt der Erdmasse, welche auszuwerfen und wieder einzubringen ist, aus der Höhe des Tagelohns, der Bodenbeschaffenheit und dem Vorhandensein oder Fehlen des Wassers²⁾. Die erforderlichen Factoren für die Berechnungen giebt §. 226 u. f.

¹⁾ Auf der linken Seite der Mulde geht das oben stärkere Gefälle in der Mitte in ein schwächeres über und sind deshalb die Saugdrains durch einen eingelegten Sammeldrain sehr zweckmäßig unterbrochen. Ähnliches, wenn auch nicht so ausgesprochen, ist auf der linken Seite geschehen.

²⁾ Etwas Wasser im Boden ist der Arbeit förderlich; Uebermaß erschwert dieselbe, wie bei allen anderen Erdarbeiten.

Bei einem Verdienst des Accordanten von 2 Mk. pro Tag stellte sich das laufende Meter Graben, dessen wechselnde Dimensionen in §. 227 und 230 gegeben sind, je nach Fleiß und Uebung der Arbeiter durchschnittlich:

in schwerem, harten und kiesigen Boden, der größtentheils gehackt werden muß, auf	10 bis 14 Pf.,
in mittlerem, mehr lockeren Boden auf	8 " 12 "
in leichtem, sehr lockeren Boden auf	7 " 9 "

Die Preise der Röhren, wie sie am Main und Mittelrhein üblich sind, wurden in §. 236 angegeben. Die Transportkosten sind örtlich wechselnd und müssen aus dem in §. 236 angegebenen Gewichte, der Transportweite und dem Transportmittel (Wasser, Wagen oder Eisenbahn) für jeden Fall besonders veranschlagt werden. Auf 5 m Graben rechnet man einschließlich Bruch 18 Stück Röhren.

Aus dem Inhalt des Feldes, seiner Gestalt und der Entfernung der Drains läßt sich die Grabenlänge und der Röhrenbedarf ableiten.

Das Röhrenlegen wird am besten im Tagelohn durch einen exacten Arbeiter ausgeführt, der 150 bis 250 m, ausnahmsweise auch 300 m in zehn Arbeitsstunden fertigen kann. Der Aufseher kann zweckmäßig damit betraut werden.

Die Ermittlung der Drainagekosten pro Hektar kann in folgender §. 253. Weise geschehen. Ein Feld von 100 m Breite und 200 m Länge = 2 Hektar erhält bei 15 m Entfernung der Saugdrains sieben Stränge von 190 m Länge, da die beiden Enden derselben von der Grenze um 5 m entfernt bleiben können.

Der Sammelrain wird rund 100 m lang.

1. Die Grabenlänge beträgt demnach:

$$1330 + 100 = 1430 \text{ m; Aus- und Zuwerfen } 14 \text{ Pf. pro Meter } 200 \text{ Mk. } 20 \text{ Pf.}$$

2. Röhrenbedarf¹⁾:

Röhren Nr. 1 $120 \times 7 = 840$ m; nach §. 256 sind

$$\left(\frac{840}{5} \times 18\right) 3024 \text{ Stück zu } 30,50 \text{ Mk. } 92 \text{ " } 23 \text{ "}$$

Röhren Nr. 2 $70 \times 7 = 490$ m.

$$\left(\frac{490}{5} \times 18\right) = 1774 \text{ Stück zu } 39,50 \text{ Mk. } 70 \text{ " } 7 \text{ "}$$

Röhren Nr. 3 auf 30 cm 100 Stück zu 4,85 Pf. 4 " 85 "

" " 4 " 15 " 50 " " 5,45 " 2 " 73 "

" " 6 " 30 " 100 " " 6,95 " 6 " 95 "

" " 7 " 25 " 84 " " 8,45 " 7 " 10 "

Sammelrain 334 Stück Summa 183 Mk. 93 Pf.

¹⁾ Jeder Saugrain entwässert ein Gebiet von $15 \times 195 = 2925$ qm oder 0,2925 ha; die ablaufende Wassermenge ist also $0,463 \times 0,2925 = 0,125$ Liter pro Secunde. Nach der Tabelle S. 250 genügen Röhren Nr. 1 bei 3:1000 Gefälle auf

3. Gewicht und Transport der Röhren:			Uebertrag 183 Mk. 93 Pf.	
Nr. 1	wiegen pro Mille	600 kg und 3024 = 1814 kg		
" 2	" " "	750 " " 1774 = 1330 "		
" 3—7	" " "	ca. 7500 " " 334 = 510 "		
Transport pro Achse à 100 kg 1 Mk.: also			3654 kg	36 " 54 "
				220 Mk. 47 Pf.
4. Abstecken, Aufsicht und Röhrenlegen, rund			24	" 33 "
Gesammbetrag der Kosten (Nr. 1, 2 und 3)			445 Mk.	— Pf.
oder pro Hektar			222	" 50 "

ein Maximalbetrag, der sich bei größeren Flächen, Selbstfabrikation der Röhren und geringeren Transport- und Arbeitslöhnen entsprechend erniedrigt.

Das Bestreben des Technikers sollte neben untadelhafter Anlage vorzüglich auf billige Herstellung gerichtet sein.

f) Wirkung und Vorzüge der Drainage.

§. 254. Eine am passenden Ort sachgemäß durchgeführte Anlage kann ihre Kosten und Verzinsung durch Mehrerträge schon in fünf Jahren tilgen, vermittelt also eine sehr lohnende und dauernde Steigerung des Landes an Werth und Reinertrag ¹⁾.

Denn die Erfahrung hat gezeigt, daß die Drains bei gleichem Gefälle ein viel kräftigeres Entwässerungsmoment bilden, als offene Gräben von größerem Querschnitt. Es ist dies theils in der tieferen Lage der Drains, theils in der geringeren Reibung des Wassers in den Röhren, gegenüber der losen Erde der Gräben, bedingt.

Ein in den festen Untergrund frisch eingeschnittener Graben wird bald in Sohle und Ufer aufgeweicht und mit Wasser gesättigt sein. Die Erde verwittert unter dem Einfluß der Atmosphärentheile, wobei sie in Schluff aufgelöst wird, mehr Wasser aufnimmt und festhält und der Umgebung durch Haarröhrenkraft mittheilt. Diese Veränderungen zeigt der im Herbst ausgeworfene, wechselnder Wärme ausgesetzte, zur Ziegelfabrikation bestimmte Thon aufs Deutlichste.

Die hieraus für die Entwässerung erfolgenden Nachtheile offener Gräben fallen besonders bei kleineren Wassermengen, wie solche der einzelne Saugdrain abzuführen hat, wesentlich ins Gewicht; sie können in einem Graben von der

$\frac{2800}{15}$ 120 m; auf die übrigen (190 — 120) = 70 m kommen Röhren Nr. 2. — Die sieben Röhrentouren liefern $7 \times 0,125 = 0,875$ Liter Wasser pro Secunde in den Sammelrain und bei 2,5 : 1000 Gefälle desselben genügen am Ende auf 25 m (Tabelle S. 251) Röhren Nr. 7; auf 30 m Nr. 6; auf 15 m Nr. 4 und auf 30 m Nr. 3.

¹⁾ Vergl. Encyclopädie, Bd. 2, 246 u. f.

wasserauffaugenden Erde ganz oder theilweise am Abfließen gehindert werden, während sie durch einen Röhrenstrang, wenn dessen Poren einmal mit Wasser gefüllt sind, ununterbrochen aus dem Boden abgezapft werden. Die tieferen Drains entziehen dieses Wasser einer höheren Bodenschicht, als der offene Graben, der zur Erhaltung seiner Ufer weit weniger tief gemacht und in der hergestellten Tiefe nicht dauernd erhalten werden kann. Wird aber alles Wasser, was eine mächtigere Bodenschicht abgeben kann, stetig und in gleichem Maße fortdauernd entzogen, so kann anhaltender Regen nie jene Ueberfüllung mit Masse bewirken, die wir bei offenen Gräben so häufig eintreten sehen.

Ein weiterer bedeutamer Vortheil zu Gunsten der Drains tritt immer §. 255. ein, wenn diese an ihrer Mündung volllaufen. Sie wirken dann saugend auf die über dem drainirten Felde befindliche Luft, welche in demselben Maße und durch den Boden einströmt, als das Ausfließen des Wassers luftverdünnte Räume im Boden bewirkt, wenn die Luft nicht an Stelle des ausgeflossenen Wassers treten würde.

Laufen die Röhren an den Mündungen nicht voll, so strömt die Luft nicht von oben nach den Drains in die Tiefe, sondern es tritt Luft durch die Mündung der Röhren von unten nach oben, und ein Gleichgewicht zwischen beiden Luftströmungen ein. In diesem Falle wird derselbe Drain in derselben Zeit nicht so kräftig als im ersten Falle entwässern.

Hieraus folgt, daß man das Röhrenkaliber im Allgemeinen und gegen das Ende hin so klein als irgend thunlich wählen und Einrichtungen treffen soll, wodurch selbst bei sehr geringem oder ganz aussetzenden Abfluß die Mündungen der Sammeldrains dennoch geschlossen bleiben.

Es wird dies einfach dadurch ermöglicht, daß man an die Mündung eine längere, etwas nach aufwärts gekrümmte Röhre anbringt, welche stets voll Wasser steht und das Einströmen der Luft aufhebt. Dadurch werden gleichzeitig etwaige Niederschläge von Eisenoxydhydrat und kohlensaurem Kalk in den Ausflußröhren vermindert.

Die von oben den Boden durchdringende Luft wirkt als Trägerin der Wärme zur Vegetationszeit physikalisch günstig auf den Boden ein; sie mürbt die Erdschichten unter der Ackerkrume im Winter durch den Frost und läßt bei heißen Tagen den entwässerten Boden durch kleinere und größere Risse nach der Tiefe hin zersplittern und verwittern ¹⁾.

Auch zersetzt und löst hierbei ihre chemische Action die düngenden Stoffe des Bodens um so durchgreifender und schneller, je mehr der Landwirth durch

¹⁾ „Im Winter ist die Erde in einer Tiefe von 0,94 bis 1,25 m wärmer, als die äußere Luft, und die von den Drainröhren aufwärts sich bewegende Luft kann dazu beitragen, die Temperatur der Ackerkrume höher zu erhalten, als sie ohne diesen Luftwechsel sein würde; die Luft in den Drains ist in der Regel reicher an Kohlenensäure als die atmosphärische Luft.“ v. Liebig, *Agriculfurchemie*, Bd. II, S. 95.

tiefe Bearbeitung und Pulverung des Bodens die Verwitterung auch des Untergrundes unterstützt.

Liebig sagt daher mit Recht¹⁾: „Der Pflug bringt die Erdtheilchen in Berührung und vermehrt ihre Berührung mit den Lufttheilchen; die Drainirung bewirkt eine Bewegung der Lufttheilchen und vermehrt ihre Berührung mit den Erdtheilchen, so zwar, daß die mechanische Arbeit und Drainirung im Enderfolg eine und dieselbe Wirkung auf das Feld besitzen, beide verstärken die Wirkung der Atmosphäre auf das Feld. Ein drainirtes Feld giebt daher bei gleicher Bearbeitung und unter sonst gleichen Verhältnissen mehr Nährstoffe an die darauf wachsenden Pflanzen ab, als ein nicht drainirtes.“

g) Die Zusammensetzung des Drainwassers.

§. 256. Man könnte versucht sein zu glauben, daß in Folge des Drainirens der Felder eine starke Auslaugung und Abführung der im Boden und Untergrund enthaltenen löslichen Salze veranlaßt und das Culturland hierdurch wichtiger Nahrungsstoffe der Pflanzen beraubt werde.

Erfahrung und Analyse haben aber nachgewiesen, daß im Drainwasser nur verschwindend kleine Mengen löslicher Salze abgeführt werden.

So fand Way in 1000 Theilen Drainwasser nachstehende Gewichte (in Gramm):

In Probe	Kali	Natron	Kalk	Mag- nesia	Eisen- oxyd und Thon- erde	Kiesel- säure	Chlor	Schwe- felsäure	Phos- phor- säure	Ammo- niak
1	Spur	0,014	0,069	0,010	0,006	0,014	0,010	0,025	Spur	0,0003
2	Spur	0,031	0,103	0,003	0,001	0,006	0,016	0,074	0,002	0,0003
3	0,0003	0,032	0,086	0,035	0,001	0,008	0,018	0,063	Spur	0,0003
4	0,0007	0,012	0,032	0,006	—	0,017	0,012	0,024	Spur	0,0002

Die abfließende Salpetersäure ist hierbei nicht berücksichtigt, obgleich nach Böcker alles Drainwasser viel mehr Salpetersäure als das Regenwasser zu irgend einer Jahreszeit enthält. Sie wird sonach vorwiegend dem Boden und Dünger entzogen und dieser Verlust an gebundenem Stickstoff summiert sich in der Zeit zu hohen Beträgen²⁾.

¹⁾ N. a. D., Bd. I, S. 145 der Einleitung.

²⁾ Nach Boussingault und Bréal sollen die Böden der Wälder und Wiesen nur selten Nitrate enthalten, Gräser und Bäume also mit ihrem Stickstoffbedarf auf das Ammoniak angewiesen und (unter Mithilfe von Bacterien) sogar im Stande sein, die Salpetersäure in Ammoniak umzuwandeln. Hiernach würde ein Auswaschen salpetersaurer Salze aus dem mit einer Grasnarbe bedeckten Lande durch Bewässerung und selbst ein wesentlicher Verlust an Ammoniak, weil es vom Boden absorbiert wird, nicht wie bei drainirtem Ackerland zu befürchten sein.

Indessen zeigt die Analyse, daß Kali und Phosphorsäure, welche durch die Cultur im Verhältniß zu ihrem Vorkommen im Boden am meisten entzogen werden und daher vorwiegend durch Düngung ersetzt werden müssen, in kaum bestimmbarern Mengen durch das zu den Drains herabsinkende Regenwasser aufgelöst und fortgeführt werden, und der Grund hierfür ist die Absorptionskraft der Erde für Salzlösungen (§. 33).

Diese Nachtheile lassen sich indeß abmindern, wenn das Drainwasser auf tiefer liegenden, nicht drainirten Wiesen wiederum zur Bewässerung benutzt wird.

Drainirte Kieselwiesen verhalten sich in ihren Erträgen nicht so günstig als Ackerland, weil ein großer Theil des Kieselwassers nur unvollständig ausgenutzt zu den Drains hinabsickert, die Drainirung der Wiesen also eine Verschwendung von Wasser verursacht. Bei anhaltender Kieselung findet auch ein stärkeres schädliches Auswaschen des Bodens und Untergrundes statt.

Es ist daher in vielen Fällen als eine nicht entschuldbare Verirrung anzusehen, wenn Culturtechniker mit Vorliebe auch die Entwässerung der Wiesen mittelst Drains empfehlen und ausführen, trotzdem ein rationelles System offener Gräben völlig genügt, auch stark versumpfte Wiesen mit der Sicherheit trocken zu legen, daß die für die Gräser nöthige Bodenfrische nicht verloren geht.

Zweite Abtheilung.

Die Drain-Bewässerung

(nach Petersen).

1. Geschichte der Methode.

§. 257. Der verstorbene Hofbesitzer Asmus Petersen zu Wittkiel, Landschaft Angeln (Schleswig), ist Anfang der 60er Jahre mit einer Methode hervorgetreten, um nasse und versumpfte Wiesen in einer Weise zu drainiren, daß die in §. 256 gerügten Uebelstände nicht, dagegen wesentliche Mehrerträge eintreten. Wenn er außerdem vorschlug, trockne Wiesen ebenso zu behandeln, so konnte dies nur als eine Verirrung bezeichnet werden.

Um drainirte Wiesen nicht zu trocken zu legen und zugleich nur eine unterirdische oder auch eine oberflächliche Bewässerung zu ermöglichen, erfand Petersen ein praktisches Verfahren, das Drain- und Kieselwasser zur Wässerungszeit am Abfließen zu verhindern und durch Abstellung der Kieselung die Drainage wiederum in volle Wirkung treten zu lassen.

Verfasser war daher im Recht, diese wechselnde Wirkung der mit einander verbundenen unterirdischen Entwässerung und oberirdischen Bewässerung mit „Drain-Bewässerung“ zu bezeichnen.

Um die Wirkung der Drainage zeitweilig aufzuheben und eine künstliche Wasseransammlung im Untergrunde herzustellen, werden die ins Hauptgefälle gelegten Sammeldrains streckenweise durch Ventile geschlossen und stauen darin, wie in den von rechts und links mit wenig Sohlengefälle einmündenden höchstens 50 m langen Saugdrains, das Untergrundwasser auf. An den Kreuzungspunkten der Sammel- und Saugdrains werden mit Ventilen aus gebranntem Thone versehene Schließstellen eingesetzt (Fig. 102), welche ein beliebiges Öffnen und Schließen von der Oberfläche aus gestatten.

Diese Anordnung der Sammler im stärksten Gefälle und der Saugdrains in der Richtung der Horizontallinien ist nichts Anderes als eine Art Querdrainage, wie sie Merl neuerdings für Entwässerungszwecke (ohne Ventile) empfohlen hat (§. 234).

Nach vollendeter Drainage ließ Petersen seine Wiese wie Ackerland mit Pflug, Egge und Muldbrett bearbeiten und verebnen, düngen, mit Brachgewächsen bestellen und schließlich wieder mit Grassamen ansäen. Nach erfolgter Bildung der Grasnarbe konnte durch Schluß der Ventile die Ueberrieselung und später durch Heben der Ventile die unterirdische Ableitung der den Untergrund erfüllenden Wassermengen erfolgen.

Das präcise Zueinandergreifen der Drain-Bewässerung wirkte auf den Beschauer bestechend und erwarb ihr manchen Freund; denn die kräftig wirkende Drainage ermöglicht, daß nasse Flächen mit weniger als 2 Proc. Gefälle ohne zu versumpfen als Hangbau überrieselt und zum Heuschmitt oder zur Weide benutzt werden können.

Man darf aber nicht, wie dies allgemein geschieht, übersehen, daß Petersen's Methode große Wassermengen verschwendet, weil das oberflächlich zugeleitete Rieselwasser so lange zu den verschlossenen Drains hinabsinkt, bis das ganze Rohrnetz und der Untergrund damit erfüllt ist und nunmehr erst die Oberflächenrieselung und Düngung beginnen kann. Nach Hebung der Ventile fließt der unterirdische See völlig unausgenutzt ab, wenn nicht eine tiefer gelegene nicht drainirte Wiese damit befruchtet werden kann.

Petersen speiste seine erste Versuchsrieselwiese mit in Eisternen gesammeltem Regen- und Pfuhlwasser und vergendete darin bedeutsame Düngerwerthe, was weniger der Fall ist, wenn genügend Bach- und Flußwasser zur periodischen Füllung des Rohrnetzes verwendbar ist. Der Besighnfolger von Petersen hat daher mit vollem Recht die Wiese wieder in Ackerland umgewandelt, was auch bei anderweiten Anlagen der Fall gewesen ist.

Der Erfinder der Drain-Bewässerung sah seine Erwartung, den Grasbau wesentlich zu verbessern, nicht in Erfüllung gehen; auch der Verfasser bekennt offen, daß er es für unrichtig hält, das Verfahren heutzutage noch auf größeren Flächen anzuwenden; denn es gehört der intensivsten Bodencultur an, erfordert eine größere Capitalanlage, sowie bedeutende Mengen guten Wassers zur gedeihlichen Nutzung und eine sehr sorgsame Unterhaltung, wenn der Erfolg dauernd befriedigen soll.

Ja, es fehlt nicht an Beispielen, daß der Erfinder selbst sein Verfahren auf dafür ungeeignete Bodenarten übertragen und damit Fiasco gemacht hat, weil er in seiner Vorliebe es unbeachtet ließ, daß jede culturtechnische Ausführung in ihrem Erfolg von dem richtigen Ansprechen der natürlich vorliegenden Verhältnisse abhängig ist und mit denselben steht oder fällt.

Wenn dennoch dem Verfahren, wie in den drei ersten Auflagen, auch in dieser einige Capitel gewidmet werden, so geschieht dies, weil

1. in ebenem, versumpftem Terrain mit geringem Gefälle, wo eine Drainage noch räthlich, eine Ueberrieselung wegen Mangel an Wasser oder Gefälle unmöglich ist, mittelst eingesetzter Ventile auch bei mehr extensivem Betrieb das Grundwasser zu einer zeitlich periodisch

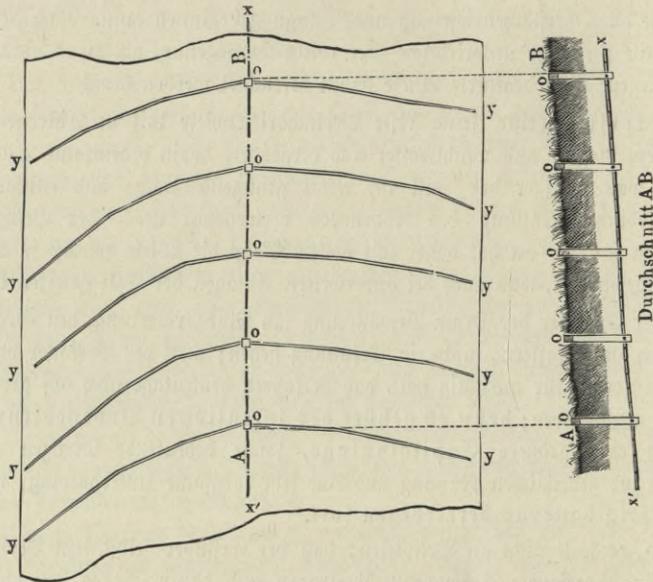
wirksamen Einstauungs-Bewässerung (§. 140) benutzt werden und nützlich wirken kann;

2. auch ausnahmsweise bei mehr intensivem Betrieb aus Liebhaberei mit einer Drainage auch eine Ueberrieselung, z. B. für die Zwecke des Gräser- und Gartenbaus in warmen Klimaten, sich leicht verbinden läßt, und
3. die Ventile zum Aufstau kleiner Teiche zc. dienen können.

2. Die Einrichtung der Drain-Bewässerung.

§. 258. Das System bedingt eine vollständige Drainirung und Entsumpfung, wobei Petersen nicht die Saugdrains, sondern den Sammelrain xx' , Fig. 102, in die Richtung des Hauptgefälles legt, und die Saug-

Fig. 102.



drains yy mehr oder minder rechtwinklig auf dieses in den Sammelrain münden läßt.

Die Lage der Saugdrains wird dabei durch Horizontalinien yoy bestimmt, die von dem Sammelrain ausgehend über die Wiesenfläche abgesteckt werden. Der umsichtige Techniker wird dabei nicht allen kleinen Krümmungen derselben mit den Saugdrains folgen, sondern diese nach Erforderniß mit geraden Linien durchschneiden, selbst wenn dadurch hier und da ein geringer Ab- und Auftrag nöthig werden sollte, und namentlich darauf sehen, daß die Rieselrinnen, soweit möglich, parallel bleiben.

Auf diesen Linien werden die Draingräben für die Saugdrains mit einigem Sohlengefälle von y nach o ausgehoben und mit Drainröhren von einem den vorliegenden Verhältnissen entsprechenden Kaliber in der gewöhnlichen Art ausgelegt und zugeworfen. Unmittelbar über den Saugdrains oder auch noch an anderen passenden Stellen werden horizontale Wässerungsrinnen oy angelegt.

a) Die Drainzüge.

Die Entfernung der Saugdrains wird mit Rücksicht auf die in §. 233 §. 259. bis 235 gegebenen Normen nach der Dertlichkeit bestimmt. Es kommen außerdem die in §. 121 und 165 gegebenen Regeln für Anlage der Kieselrinnen in Betracht, und darf deshalb die Entfernung nicht zu groß genommen werden, um so weniger, als die Saugdrains für die Entwässerung nur nach einer (der oberen) Seitenfläche wirksam sind, und das Grundwasser bei starkem Hauptgefälle unter den Drains hindurch an die Oberfläche treten könnte. Bindiger, versumpfter Boden verlangt eine engere Drainirung; etwas durchlassender gestattet eine weitschichtigere. Liegen die Saugdrains über 15 m entfernt, so wird eine besondere Kieselrinne je zwischen zwei Saugdrains gelegt.

Die Länge der Saugdrains ist im Allgemeinen von der Entfernung der Sammeldrains abhängig, sollte aber 50 m nicht übersteigen.

Die Lage der Sammeldrains ist durch die Richtung des Hauptgefälles bestimmt, und auf mehr ebenen Flächen da gegeben, wo man das im Untergrunde sich sammelnde oder dort aufquellende Wasser am sichersten und leichtesten auffangen kann. Weil die Kosten für die Sammeldrains um so mehr wachsen, je kürzer die Saugdrains genommen werden, so muß man die Zahl der ersteren beschränken. Die Sammeldrains entsprechen ihrer Lage nach den Bertheilgräben, die Saugdrains den Kieselrinnen der mit Oberflächenwässerung versehenen als Hang bewässerten Wiesen.

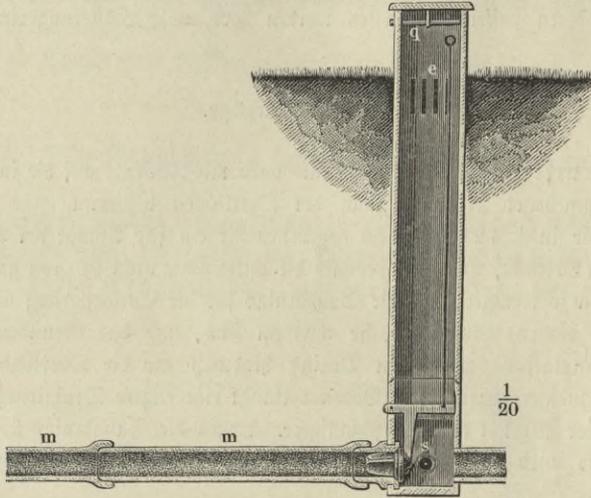
b) Die Schließstellen.

An den Stellen oo , wo die Saugdrains yy mit dem Sammelrain xx' , §. 260. Fig. 102, zusammentreffen, werden sogen. Lageröhren oder Schließstellen eingesetzt. Die ältere zuerst von dem Erfinder angewendete derartige Vorrichtung zeigt Fig. 103 (a. f. S.).

Sie bestand aus Kästen von Eichen-, Lärchen- oder Erlenholz, in deren unterem Theile das aus gebranntem Thon gefertigte Ventil zum Verschluß des Sammeldrains angebracht war und durch einen Winkelhebel von oben geschlossen und geöffnet werden konnte. Der quadratische Kasten hat eine lichte Weite von 20 bis 22 cm. Diese Construction stellte sich bald als zu com-

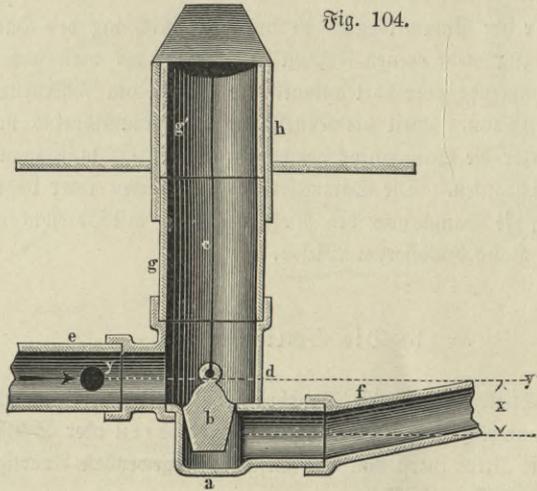
plicirt und öfters als undicht heraus und wurde von dem Erfinder durch andere aus gut gebranntem Thon gefertigte Ventile ersetzt¹⁾. Fig. 104. *a* ist der eigentliche Ventilkasten; *b* der dicht schließend eingeschlifene Conus, der mittelst

Fig. 103.



des Drahtes *c* beliebig gehoben und wieder eingesetzt werden kann; *d* ist ein Aufsatz, in welchen der das Wasser von oben zuführende Sammelrain *e* und

Fig. 104.



von der Seite ein Saugdrain bei *y* mündet, während bei geöffnetem Ventil das Wasser durch den fortgesetzten Sammelrain *f* abfließt; — alle Verbin-

¹⁾ Diese Ventile sind von Niemann und Biester in Flensburg mit

	6	7	9,5	12	14,5	17	und 19
	cm lichter Weite						
zu	0,75	0,95	1,20	1,70	2,50	3,60	und 4,80
	Mf. zu beziehen.						

dungen werden gut in Letten versetzt und vorsichtig eingestampft. gg' sind starke Thouröhren, welche auf einander gestellt das sogen. Lagerohr bilden und dazu dienen, das Ventil spielen zu lassen, oder wenn dies geschlossen, das zufließende Wasser nach oben zu führen und durch die 1,5 cm breiten Schlitzeöffnungen des aufgesetzten Kastens (vergl. e, Fig. 103) auf die Wiese treten zu lassen, wo es sich in den oberhalb der Saugdrains in den Rasen eingeschnittenen Gräbchen vertheilt und über die Wiese rieselt. Dieser Kasten wird durch angenagelte Letten in der Erde festgehalten und, wie Fig. 103 zeigt, durch eine Schraube q verschlossen.

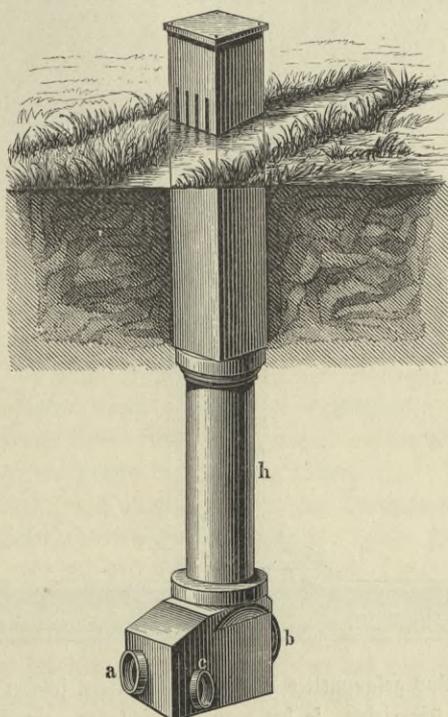
Das eigentliche Ventil liegt hier tiefer als die Röhrentour des oberen Sammeldrains und muß, damit in ebenen Lagen für diesen kein Gefälle verloren geht, wieder nach aufwärts um den Betrag x , d. h. so weit gehoben werden, daß die Mittellinie in der Röhre f wieder mit der Linie yy' zusammentrifft, was bei starken Durchmessern in weiterer Entfernung, bei kleineren in näherer erreicht wird.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß eine Ansammlung von Sedimenten und eine allmähliche Verstopfung des Ventils nicht zu befürchten steht, weil der starke Druck des aus verschlossenen, plötzlich geöffneten Ventilen ausströmenden Wassers allen etwa angesammelten Schmutz wieder ausspült.

Die rechts und links oberhalb des Ventils bei y in den Sammeldrain einmündenden Saugdrains werden durch Löcher eingeführt, welche in die betreffende Röhre mit einem Spitzhammer eingeschlagen werden.

Besondere Verdienste sowohl um die Klarlegung des Zweckes der Drain- §. 261. Bewässerung durch Wort und Schrift¹⁾, als auch durch Construction neuer

Fig. 105.

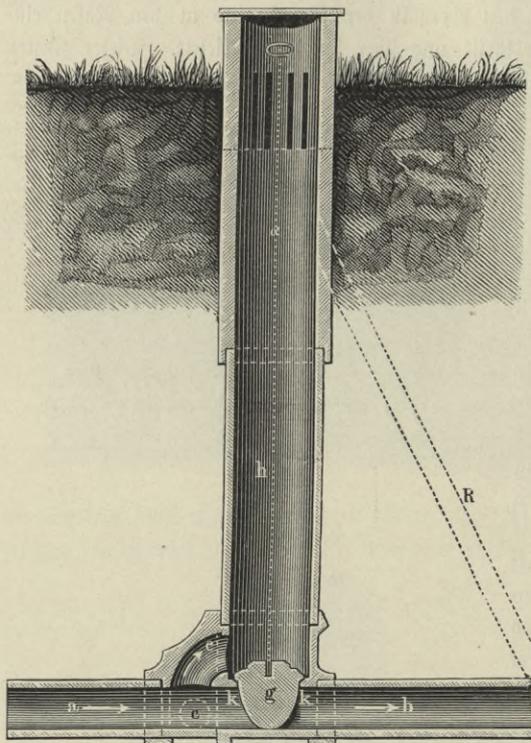


¹⁾ Das Peterjen'sche Be- und Entwässerungssystem. Berlin 1870, und zum Peterjen'schen Be- und Entwässerungssystem. Berlin 1870.

verbesserter sehr dauerhaft aus gebranntem Thon hergestellter Ventile hat sich C. v. Raumer in Cunnersdorf (Schlesien) erworben.

In Fig. 105 (a. v. S.) ist das Aeußere des montirten Ventils, in Fig. 106 der Durchschnitt desselben dargestellt und daraus ersichtlich, daß diese Ventile gar

Fig. 106.



kein Gefälle absorbiren, der Sammelrain *a* und *b* vielmehr in derselben Ebene liegt; bei *c* mündet rechts und links je ein Saugdrain ein, bei *e* steigt, wenn das überall an den Seiten der Röhren gut eingeschliffene Regelventil *g* geschlossen ist, das Wasser durch die Thonröhre *h* nach oben in den aufgesetzten Holzkasten *α* und durch die Schlitzn auf die Wiese. — Alle Verbindungen der Röhren mit dem Ventil können durch Portlandcement haltbar verkittet werden¹⁾.

Da es bei Neuanlagen und eisenhaltigen Bodenarten vorkommt, daß von den Drains gesammeltes Wasser den Gräsern schadet, wenn es nach oben gelangt und überrieselt, so hat man vorgeschlagen, ein Rohr *R*, wie es in Fig. 106

¹⁾ Die Preise sind folgende:

für Ventile von:	8	10	13	16 cm lichter Weite
	$3\frac{1}{2}$	$4\frac{1}{2}$	6	$7\frac{1}{2}$ Mk.
Auffahrröhren dazu:	48	53	47	cm lang
	0,75	0,90	1,75	2,25 Mk.

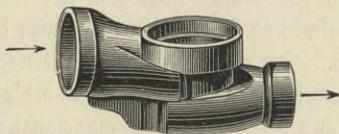
Außerdem liefert v. Raumer auch Ventile nach Petersen, bei denen der Zufluß höher als der Abfluß liegt,

von	8	10	13	16 cm lichter Weite
zu	0,80	1	1,30	2 Mk.
Auffätze dazu von	8	10	13	16 cm lichter Weite
zu	0,40	0,50	0,70	3 Mk.,

bei diesen letzteren mit dazu gehörigem Auffahrrohr, die bei den drei vorstehenden zu analogen Preisen wie oben berechnet sind.

punktirt angedeutet ist, in derjenigen Höhe einzusetzen, daß bei geschlossenem Ventil noch eine gewisse Befeuchtung der obersten Bodenschicht durch Haarröhrenkraft bewirkt werde. Indeß führt dies zu Künsteleien, die besser unterlassen werden, weil der Boden durch den Einfluß des Sauerstoffes der Luft und das aufgeleitete und nach den Drains durchfiltrirte Kieselwasser sehr bald süß gewässert werden kann.

Fig. 107.



Außerdem hat v. Naumer noch sogen. gedrückte Ventile, Fig. 107, construirt, die wenig Gefälle absorbiren, deren Verschluß ein sehr sicherer und deren Preis, der einfachen Construction wegen, etwas niedriger ist, was ihre Anwendung empfiehlt¹⁾.

c) Wirkung der Ventile.

Ist der Wasserstand über dem Ventil 1,2 m, so lastet auf diesem eine §. 262. Wasserfäule mit einem Drucke von 1200 kg pro Quadratmeter und auf der Fläche eines Ventilkügels von 9 cm Durchmesser mit 7,6 kg, womit derselbe auf den eingeschliffenen Rand des Ventils gepreßt wird.

Das mechanische Moment, womit das angestaute Wasser aus dem Sammelbrain austritt, wächst mit dessen Gefälle und spült mit lebendiger Bewegung alle feineren und gröbereren Stoffe, welche die Schließstellen verschlammten könnten, bei geschlossenem Ventil durch die Lageröhren auf die Wiese, nach seiner Oeffnung aber durch den ganzen Röhrenstrang hinweg.

Bei geschlossenem Ventil muß sonach allmählich eine völlige Durchtränkung des Bodens stattfinden, die Absorptionsfähigkeit der Erde für gelöste Salze kann in Wirksamkeit treten, und auf der Oberfläche der Wiese lagert das Wasser seine Sinkstoffe ab. Es werden sonach den tiefer und flacher wurzelnden Gräsern überall Nahrungsbestandtheile zugeführt. Wird dann zu Ende der Kieselung das Ventil etwas gelüftet, so gurgelt und strömt das angestaute Wasser in kurzer Zeit und in, der natürlichen Wassercapazität des Bodens entsprechendem Maße hinweg. Unangenehm ist es, wenn dabei das die Kieselrinnen erfüllende Wasser rückwärts durch die Schlitzöffnungen der Schließstellen in diese zurückfließt, was aber leicht zu verhindern ist, wenn die Schlitze nur bis zur Wiesenfläche und nicht bis zur Sohle der Kieselrinnen herunterreichen.

d) Vortheile der Drain-Bewässerung.

Es ist ein vielverbreiteter Irrthum, anzunehmen, daß alles Kieselwasser §. 263. nothwendig durch die Sammeldrains und Lageröhren auf die Oberfläche der Wiesen geleitet werden müßte.

¹⁾ Preise für gedrückte Ventile:

	von 8	10	13	16 cm lichter Weite
	3	4	4,50	5 Mt.
für Aufsatzröhren:	47	48	48	53 cm lang
	0,60	0,75	0,90	1,75 Mt.

Ist es möglich, einer mit Drain-Bewässerung versehenen Wiese aus Bächen zc. Kieselwasser zuzuleiten, so kann dies ganz wie bei anderen Bewässerungen durch Zuleitungsgräben von beliebiger und nothwendiger Größe geschehen. Man schließt einfach die Ventile und beginnt die Kieselung. Inzwischen wird das Wasser nicht zum Ueberfließen gebracht werden können, bevor alle Drains und Tageröhren und durch diese der Boden selbst mit Wasser getränkt sind. Der oberirdischen Bewässerung steht dann nichts im Wege, und sobald das Kieselwasser abgewendet und die Ventile geöffnet sind, fließt alles Wasser, welches der Boden nicht aufgesaugt erhalten kann, vollständig ab, der Untergrund wird nach und nach gleichsam ausgewaschen, von schädlichen Säuren und Eisensalzen befreit.

War bei Beginn der Wässerung an die Stelle der im Boden vorhandenen Luft das Wasser getreten, so strömt nach aufgehobener Kieselung die verdrängte Luft wieder in die Poren des Bodens ein, ihr Sauerstoff und ihre Wärme können auf die Erdtheilchen zerlegend und in Verbindung mit der durch das Wasser bewirkten Frische und Feuchtigkeit günstig einwirken, — kurz, es ist ein Zustand herbeigeführt, der das Wachsthum des Grases bei sorgfamer Wässerung befördern kann.

Eine vollständige, durch Drainage ermöglichte Entwässerung befreit den Techniker von der ängstlichen Behandlung der Gefällverhältnisse, welche bei gewöhnlichen Wässerungsverhältnissen nicht von der Hand zu weisen ist.

Ob der Hang einer Drain-Bewässerung zwei oder nur ein und noch weniger Procent Gefälle hat und behält, ist für den Erfolg untergeordnet, oder doch nur insofern von Bedeutung, als bei Mangel an Wasser und geringem Flächengefälle die Durchwässerung der Wiese sich hinauszieht, und wenn die Ventile zu lange geschlossen bleiben, eine schädliche Erniedrigung der Bodentemperatur eintreten kann. Auch ist die Größe des Hauptgefälles der Wiese noch insofern zu beachten, als es sich um Beschaffung der nothwendigen Vorfluth für die Sammeldrains und eine entsprechend tiefe Lage der Saugdrains handelt, um das in den tieferen Bodenschichten stauende Grund- und Quellwasser anzuzapfen, wobei es selbstverständlich vorkommen kann, daß die Drains auf einzelnen Strecken tiefer als 1,2, auf 1,5 bis 1,8 m tief gelegt werden müssen.

3. Die Bestimmung des Röhrenkalibers.

§. 264. Wird eine Drain-Bewässerung nur nach dem örtlich vorhandenen Quell-, Grund- und Meteorwasser als Einstauung eingerichtet, so werden die erforderlichen Röhrenkaliber wie bei einer gewöhnlichen Drainage berechnet. §. 268 u. f.

Tritt dagegen zu unterirdischer Abführung des Sumpfwassers auch eine oberirdische Zuleitung von Bachwasser und damit eine Oberflächenbewässerung hinzu, so häuft sich dadurch das Untergrundwasser, und es müssen besonders zu den Sammeldrains größere Röhrenkaliber als bei der gewöhnlichen Drainage verwendet werden.

Würden z. B. pro Hektar und Secunde 12 Liter Wasser oberflächlich zugeleitet und müßten nach Aufhören der Nieselung durch einen Sammeldrain entfernt werden, betrüge die Länge der anschließenden Saugdrains nach jeder Seite 50 m und deren Entfernung 10 m, und sollten nicht mehr als fünf Hangtafeln unter einander gleichzeitig bewässert werden, so muß der Sammeldrain $100 \times 10 \times 5 = 5000$ qm oder $\frac{1}{2}$ ha entwässern und 6 Liter Wasser pro Secunde abführen.

Das Sohlengefälle der Saugdrains wird in der Regel zu 2 bis 3:1000 genommen. Das Gefälle der Sammeldrains ist gleich dem Hauptgefälle der Wiese. Beträgt dasselbe ausnahmsweise in der Sohle ebenfalls nur 1:1000, so müssen nach der Tabelle S. 251 größere Röhren als Nr. 10 verwendet werden, während dieselben genüigten, wenn das Gefälle 7 bis 8:1000 betrüge.

Die Röhren 11 bis 17, welche bei der Drain-Bewässerung für Sammeldrains nötig werden können, und die Wassermassen W , welche bei dem Gefälle von 1 bis 10:1000 und den hieraus resultirenden Geschwindigkeiten v pro Secunde abgeführt werden, sind nachstehend nach der Formel von Möllendorff berechnet.

Gefälle auf Zaufend		Geschwindigkeiten v (in Metern) und Wassermengen W (in Litern) bei folgenden Röhrennummern und Durchmessern d :						
		Nr. 11 $d = 12$ cm	Nr. 12 15 cm	Nr. 13 18 cm	Nr. 14 21 cm	Nr. 15 24 cm	Nr. 16 27 cm	Nr. 17 30 cm
	qcm	113,097	176,715	254,469	346,361	452,389	572,555	706,858
1	v	0,266	0,297	0,324	0,350	3,373	0,394	0,415
	W	3,008	5,248	8,259	12,169	16,879	22,606	29,353
2	v	0,376	0,420	0,459	0,495	0,527	0,558	0,587
	W	4,254	7,421	11,678	17,131	23,867	31,965	41,506
3	v	0,461	0,514	0,562	0,606	0,646	0,684	0,719
	W	5,211	9,090	14,305	20,984	29,235	39,154	50,838
4	v	0,532	0,594	0,649	0,700	0,746	0,790	0,830
	W	6,017	10,499	16,518	24,230	33,758	45,212	58,706
5	v	0,595	0,664	0,726	0,782	0,834	0,883	0,928
	W	6,727	11,735	18,467	27,090	37,742	50,547	65,634
6	v	0,651	0,727	0,795	0,857	0,914	0,967	1,017
	W	7,368	12,853	20,227	29,671	41,337	55,362	71,885
7	v	0,704	0,786	0,859	0,925	0,987	1,035	1,099
	W	7,961	13,887	21,853	32,058	44,662	59,815	77,668
8	v	0,752	0,840	0,918	0,989	1,055	1,116	1,174
	W	8,508	14,842	23,356	34,263	47,732	63,929	83,010
9	v	0,798	0,891	0,973	1,046	1,019	1,184	1,246
	W	9,026	15,745	24,777	36,222	50,637	67,818	88,059
10	v	0,841	0,939	1,026	1,106	1,180	1,248	1,313
	W	8,514	16,595	26,115	38,336	53,372	71,480	92,813

a) Berechnung der Röhrenweite für den Sammelrain.

§. 265. Nach dem in §. 264 gewählten Beispiel soll ein Sammelrain von 50 m Länge das Kieselwasser von fünf Hangtafeln von je 10 m Breite und 100 m Länge, gleich $\frac{1}{2}$ ha im Mittel mit 6 Liter pro Secunde ableiten.

Das erforderliche Röhrenkaliber liegt nach obiger Tabelle für ein Flächengefälle 1 : 1000 zwischen Nr. 12 mit 5,25 und Nr. 13 mit 8,25 Liter.

Man kann aus den in §. 262 angegebenen Gründen Nr. 12 oder Röhren von 15 cm Durchmesser für die unterste Hangtafel nehmen.

Da jede Hangtafel 1000 qm = 0,10 ha enthält und $0,1 \times 12 = 1,2$ Liter pro Secunde liefert, so werden die übrigen vier Hangtafeln $4 \times 1,2 = 4,8$, drei Hangtafeln $3 \times 1,2 = 3,6$, zwei Hangtafeln $2 \times 1,2 = 2,4$, fünf Tafeln also 6 Liter Wasser pro Secunde ergeben.

Fig. 108 veranschaulicht die Sachlage.

Die (oberste) Hangtafel I. liefert durch ihre beiden Saugdrains a und b nach der Schließstelle 1 1,2 Liter pro Secunde, die nach 2 abzuführen sind.

Nach Tabelle S. 251 führen Röhren Nr. 8 von 8 cm Durchmesser bei einem Gefälle von 1 : 1000 1,095 Liter, also etwas weniger als nötig ist,

können aber dennoch, gemäß §. 262 zwischen der Schließstelle 1 bis 2 gelegt werden. — Von 2 nach 3 sind 2,4 Liter abzuführen, wozu Röhren Nr. 10 mit 10,5 cm Durchmesser mehr als genügen. Von Schließstelle 3 nach 4 laufen 3,6 Liter ab; da aber (nach S. 281) Röhren Nr. 11 von 12 cm Durchmesser nur 3,0 und Nr. 12 von 15 cm Durchmesser 5,25 Liter pro Secunde führen, so würden erstere

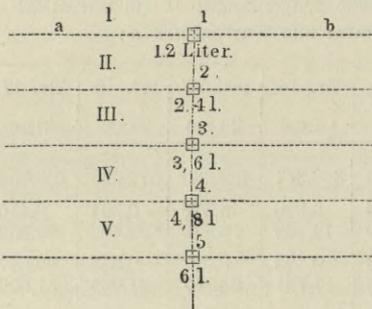
zu klein und letztere zu groß sein, also solche von etwa 13 cm Durchmesser genügen. Von 4 nach 5 laufen 4,8 Liter ab, für welche Röhren von 14 cm hinreichen, und für die letzte Strecke des Sammeldrains, von Schließstelle 5 bis zur Mündung in irgend einen Abzugsgraben, wohin 6 Liter aus Tafel V zu führen sind, genügen Röhren von etwa 16 cm Durchmesser. Das Kaliber wechselt also immer nur an den Schließstellen.

Diese Rechnungen deuten den Gang an, wie das Röhrenkaliber für die einzelnen Abschnitte des Sammeldrains gefunden werden kann.

Starke Röhrenkaliber vertheuern die Drain-Bewässerung auf größeren Flächen um so mehr, je geringer das Hauptgefälle, hier (1 : 1000) ist.

Hätte der Sammelrain in obigem Beispiel eine Gefälle von 4 : 1000, so würden nur Röhren Nr. 11 von 12 cm Durchmesser und bei 8 : 1000 nur solche von Nr. 10 (10,5 cm Durchmesser) gegen das Ende hin nötig geworden sein

Fig. 108.



b) Reduction des Röhrenkalibers.

Während bei geringen Gefällgrößen, also im Flachlande, die Drain- §. 266. Bewässerung am Platze sein kann, ist im Hügel- und Berglande die Entwässerung mit offenen Gräben vorzuziehen.

Aber auch in jenem Falle kommen zwei Umstände in Betracht, welche eine Reduction des berechneten Röhrenkalibers möglich und rätlich machen, nämlich:

1. die Zeit, in welcher die Entwässerung bewirkt werden muß, und
2. die Wasserfäule von 1,25 m, welche, von Beginn der Entwässerung an allmählich abnehmend, auf den Drainröhren und deren Inhalt lastet und die Geschwindigkeit des abfließenden Wassers wesentlich vermehrt.

Bei obigen Rechnungen ist angenommen, daß das Kieselwasser in demselben Maße durch die Röhren weggeleitet werden müßte, als es je nach Verschiedenheit des Bodens von diesem abgegeben wird.

Auch stützt sich die Rechnung nur auf die beschränkten Versuche von Turretin mit drei wenig verschiedenen Bodenarten, und es ist klar, daß schwerer Boden das aufgenommene Wasser minder schnell abgibt, als humoser Lehm, daß aber auch jener weniger oft bewässert werden darf als dieser. In dem Maße also die Bodenbeschaffenheit eine verzögerte Entwässerung bedingt und zuläßt, wird auch der Abfluß von 12 Liter pro Secunde und Hektar und dem entsprechend die Röhrenweite vermindert werden können.

Zwischen dieser Wassermenge und der Drain-Bewässerung und 0,463 bis 0,925 Liter pro Secunde und Hektar, welche nach §. 240 als Maximum bei gewöhnlichen Drainirungen abzuführen sind, ist dem Techniker ein so weiter Spielraum zu Versuchen und Abminderungen des Röhrenkalibers gegeben, daß er dem wechselnden Verhalten der Bodenarten zum Kieselwasser und vorhandenen Röhren sowie dem Klima in jedem einzelnen Falle vollständige Rechnung zu tragen im Stande ist.

Auch vermehrt die Druckhöhe des 1,25 m hoch im Boden angestauten Wassers die Abflußgeschwindigkeit und darf durchschnittlich etwa mit der Hälfte (0,6 m) dem Gefälle hinzugerechnet werden.

Im oben berechneten Beispiel würde sonach das Gefälle des Sammeldrains von 1:1000 zwischen je zwei Schließstellen um 0,6:10 m oder um 6 Proc. vorübergehend vermehrt sein und supplementär von der obersten bis zur Mündung um je 0,6:50 = 1,2 Proc., bei der letzten aber 13:1000 betragen.

Mit Rücksicht hierauf und auf die Zulässigkeit der Zeitverlängerung für den Abfluß des Kieselwassers ist es möglich, die Weite der Drainröhren für den Sammelrain geringer zu nehmen, als die Rechnung und Tabellen nachweisen, was der Beurtheilung des Technikers überlassen bleiben muß.

§. 267. In §. 264 ist als mittlere Breite der Hangtafeln 10 m und die Gesamtlänge des Saugdrains zu 100 m (50 m nach jeder Seite von der Schließstelle) angenommen. Es kommt indessen je nach der Lage des Sammel-drains, die in die Tiefpunkte der Fläche in der Richtung ihres Hauptgefälles zu projectiren sind, auch häufig vor, daß die Schließstellen nicht in die Mitte der Saugdrains gelegt werden können.

Ebenso kann die Breite der Hangtafeln um so größer genommen und dadurch die Zahl der Schließstellen vermindert werden, je geringer das Hauptgefälle und je größer der oberirdische Zufluß an Kieselwasser ist.

Beträgt z. B. die Breite der einzelnen Tafeln 15 m und ihre Länge 100 m, also ihre Fläche 0,15 ha, und für fünf Tafeln 0,75 ha (anstatt der obigen 0,5 ha), so würden $0,75 \times 12 = 9$ Liter pro Secunde abzuführen und bei einem Gefälle von 3:1000 Röhren Nr. 12 mit 15 cm Durchmesser anzuwenden sein.

Liegen, anstatt obiger fünf, zehn Hangtafeln von 15 m Breite und 100 m Länge unter einander, und nimmt man an, daß jedesmal nur die fünf obersten oder die fünf untersten Hänge gleichzeitig bewässert werden, so muß für die fünf untersten Hänge durchweg das Röhrenkaliber zur Abführung der von den fünf obersten Hängen gelieferten 9 Liter durch den Sammelrain, hier 15 cm weite Röhren, beibehalten werden. Man spart also um so mehr an der Röhrenweite, je weniger Hänge man über einander liegen hat und wenn man anstatt fünf nur vier und drei Hänge gleichzeitig bewässert.

Eine Verkürzung der Saugdrains oder, was gleichbedeutend ist, eine Vermehrung der Zahl der Sammeldrains, bei deren jedem dann mit kleinerem Röhrenkaliber ausgereicht werden könnte, ist mit Rücksicht auf das in §. 243 Gesagte keine Ersparung, und um so weniger, als damit eine Vermehrung der Schließstellen, deren jede bei der jetzigen Einrichtung 4 Mk. 50 Pf. bis 6 Mk. kostet, erforderlich wird.

Bei der Drain-Bewässerung ist es nicht möglich, wie bei der gewöhnlichen Drainirung, die Zahl der Ausmündungen auf einige oder wenige zu beschränken, weil sonst das Röhrenkaliber unverhältnißmäßig wachsen müßte; es können aber auch die Sammeldrains ohne Nachtheil in offene Gräben münden, weil die Röhrenweite der Drain-Bewässerung und die Wassermengen, welche unter starkem Druck hindurchströmen, weder eine Verstopfung durch Frösche noch durch erdige oder pflanzliche Bildungen leicht zulassen.

c) Berechnung der Röhrenweite für die Saugdrains.

§. 268. In dem Beispiel des §. 264 ist jeder Saugrain, bei dem Maximalgefälle von 1:1000, 50 m lang und empfängt das Kieselwasser von $10 \times 50 = 500$ qm oder 0,05 ha; es sind also von dieser Fläche $0,05 \times 12 = 0,6$ Liter pro Secunde abzuführen, die nach der Tabelle S. 251 etwa Röhren

Nr. 7 (am Ende gegen die Schließstelle hin) erfordern und sich mit wachsender Entfernung von der letzteren entsprechend auf Nr. 5, 4, 3 reduciren lassen. Ebenso läßt sich das Kaliber der Saugdrains dadurch abmindern, daß man ein künstliches Sohlengefälle von 2 bis 3 : 1000 giebt.

Macht man die Saugdrains bei einer Entfernung von 15 m, 100 m lang, wodurch jede Saugtafel 1500 qm Fläche = 0,15 ha erhält, und $0,15 \times 12 = 1,80$ Liter pro Secunde liefert, so würden bei 1 : 1000 an der Mündung des Saugdrains in den Sammelrain Röhren Nr. 9 von 9,5 cm Durchmesser völlig genügen, obwohl dies die Anlage vertheuert.

Nach §. 262 ist es zulässig, das Kaliber der Sammeldrains entsprechend kleiner zu wählen als die Rechnung angiebt, wenn und insofern dadurch die Beschaffung ungehinderter Vorfluth, dieser wichtigsten Grundlage einer jeden Entwässerung, nicht nothleidet. Um so mehr ist es aber gerechtfertigt, für die Saugdrains relativ kleine Röhren zu wählen, weil es bei diesen nicht darauf ankommt, ob das Wasser, welches die Sammeldrains pro Secunde führen könnten, auch genau in einer oder in drei oder fünf Secunden geliefert wird.

Es möchte sogar für Wiesen, wo wenig Nieselwasser vorhanden ist und wo ein weniger schnelles Entwässern zur längeren Erhaltung der Bodenfrische nützlich und angezeigt ist, gerathen sein, die Saugdrains mit relativ kleinen Röhren zu legen.

Ist Grundwasser im Boden vorhanden oder eine Quelle abzuleiten, oder wird, was besonders bei Wassermangel sehr empfehlenswerth ist, eine Drainabtheilung des Ackerlandes mit der Drain-Bewässerung einer Wiese in Verbindung gebracht, so müssen die Röhrenkaliber der bezüglichlichen Saugdrains hiernach bemessen werden.

Will man einer Abtheilung frisches Wasser durch Röhren zuführen, die nicht gleichzeitig entwässern sollen, so kann dieses durch Muffenröhren, die mit Portlandcement gedichtet werden, geschehen. Turretin empfiehlt es zu dem Ende, Drainröhren von 60 cm Länge zu verwenden.

Dergleichen verkittete Röhren müssen auch unterhalb der Schließstellen, wenn Brunnenröhren (Fig. 103 mm) nicht vorrätzig oder zu theuer sind, Anwendung finden, damit das aufgestaute Wasser in Folge des vermehrten Druckes nicht die Schließstellen umgeht, und unterhalb derselben sogleich wieder in den Drainröhren ungenutzt entweichen kann.

4. Ausführung der Drain-Bewässerung.

Ist nach den in §. 258 u. f. gegebenen Normen der Plan einer Anlage §. 269. entworfen und auf der Wiese abgesteckt, so wird die ganze Anlage geometrisch aufgenommen und genau verzeichnet, damit, nachdem das Terrain umgebrochen, cultivirt, planirt und angefüet ist, die Gräben aufs Neue abgesteckt und an-

gefertigt, der obere Theil des Ventilkastens eingesetzt und die Wiese zur Bewässerung vorgerichtet werden kann.

Das Anfertigen der Gräben und das Einlegen der Röhren erfolgt wie gewöhnlich; besondere Vorsicht ist aber bei Aufstellung des eigentlichen (unteren) Ventilkastens anzuwenden, der senkrecht auf die Sohle mit gut nach allen vier Seiten eingepaßten Röhren fest und unverrückbar eingestampft werden muß. Nachdem das Ventil geöffnet ist, wird ein dicht schließender Deckel aufgelegt und die Vertiefung mit Erde gefüllt. Besser ist es indessen, um das Wiederaufgraben zu ersparen, auch die ganze Schließstelle sogleich und vollständig (mit Lageröhren und Kastenaufsatz) zu armiren, wenn nur dafür gesorgt wird, daß dieselbe bei der nachfolgenden Bearbeitung des Bodens nicht nothleidet.

Die vollständig drainirte Wiese wird vor Winter umgebrochen, in rauher Furche liegen gelassen, im Frühjahr wiederholt cultivirt, wenn nöthig gedüngt und mit Kartoffeln, Rüben und Futterkräutern bestellt. Sind diese geerntet, so wird die Wiese, wiederholt geackert und gegegt, der Winterbrache überlassen; erst im folgenden Frühjahr kann nach guter Vorbereitung zur Ansaat des Grasgemisches geschritten werden (§. 10 u. f.), sobald das nöthige Planiren vorgenommen ist. Wenn es von Anfang nicht geschehen, werden nunmehr die Schließstellen armirt, die Rieselrinnen eingeschnitten und mit Rasen besetzt.

5. Pflege und Rieselung der Anlage.

§. 270. Im Laufe des Vorsummers werden die sprießenden Gräser um so schneller eine Narbe bilden, wenn durch zeitweilige Schließung der Ventile und aufsteigendes Grundwasser oder zugeleitetes Rieselwasser eine wiederholte, immer nur kurz andauernde Anfeuchtung von unten auf erfolgt. Will man die erste Vegetation nicht mähen, so kann sie sehr vortheilhaft und wiederholt abgeweidet werden.

Diese Beweidung, welche auf den mit vielen Gräben durchschnittenen natürlichen und künstlichen Rieselwiesen so äußerst schädlich wirkt, kann der Drain-Bewässerung nicht nachtheilig werden, weil die so behandelte Wiese vollständig trocken gelegt ist, der Fuß der Thiere keinen Eindruck hinterläßt und das wiederholte Abnagen der Graspitzen eine Verästelung der Wurzelstöcke und eine Verdichtung der Grasnarbe bewirkt.

Die Rieselung von Drain-Bewässerungsanlagen unterscheidet sich von derjenigen gewöhnlicher Wiesen dadurch, daß nie so anhaltend und mit so großen Wassermassen gewässert wird als bei diesen.

Erfahrungsgemäß genügt vielmehr ein öfter wiederholtes Anfeuchten und Trockenlegen, damit Wasser, Wärme und Luft auf die Oberfläche und den Untergrund ungehindert und nach einander kräftig einwirken und die Grasvegetation wirksam unterstützen können; künstliche Düngung mit Kalisalzen und Phosphaten ist unbedingt nöthig. Denn man hat es hierbei nicht mit einem Ueberrieseln großer Wassermassen, sondern mit einem Filtrirapparat zu thun,

welcher die Vortheile der Bewässerung und Entwässerung gleichzeitig bietet, und bei dem nicht die Masse des Wassers, sondern seine beschränkte dingende Qualität eigentlich nur auflösend und erhaltend ausgenutzt werden kann.

6. Eine Drain-Bewässerungsanlage, ihre Kosten und ihr möglicher Ertrag.

Die meisten und größten solcher Anlagen hat bis dahin Norddeutschland §. 271. aufzuweisen. Es folgt daher der Plan einer solchen in Fig. 109, welche von dem Landmesser L. Nissen zu Iverslund auf dem Hofe Büchenau projectirt und die dem Verfasser von Petersen mitgetheilt worden ist.

Diese Wiesenanlage wird leicht verständlich, wenn man beachtet, daß die mit I bis XXVI bezeichneten Haupt- oder Sammel-drains ins stärkste Gefälle der Fläche gelegt sind und die mit 1 1, 2 2 ... 26, 26 nummerirten Linien die wagerechten Rieselrinnen mit den darunter liegenden Saug-drains darstellen. Diese Linien geben zugleich durch ihre horizontale Lage die äußerst wechselnde Neigung der Wiese bildlich an und weisen nach, wie sehr es der Techniker bei der Drain-Bewässerung in der Hand hat, sich den verschiedensten Terrainformen, ohne daß eine bedeutende Berechnung nöthig wird, unmittelbar anzuschmiegen.

Die tiefsten Punkte der Wiese durchzieht ein offener Graben *xx* und theilt die Wiese in zwei nahehin gleiche Theile. Derselbe mündet in den die Anlage südlich und westlich unregelmäßig begrenzenden offenen Wasserlauf; *o2* und *ox* sind von Osten nach Westen und von Süden nach Norden mit wenig Gefälle ziehende Gräben, deren höchster Punkt bei *o* liegt und in welche bei 1 Drainstränge des angrenzenden Ackerlandes münden.

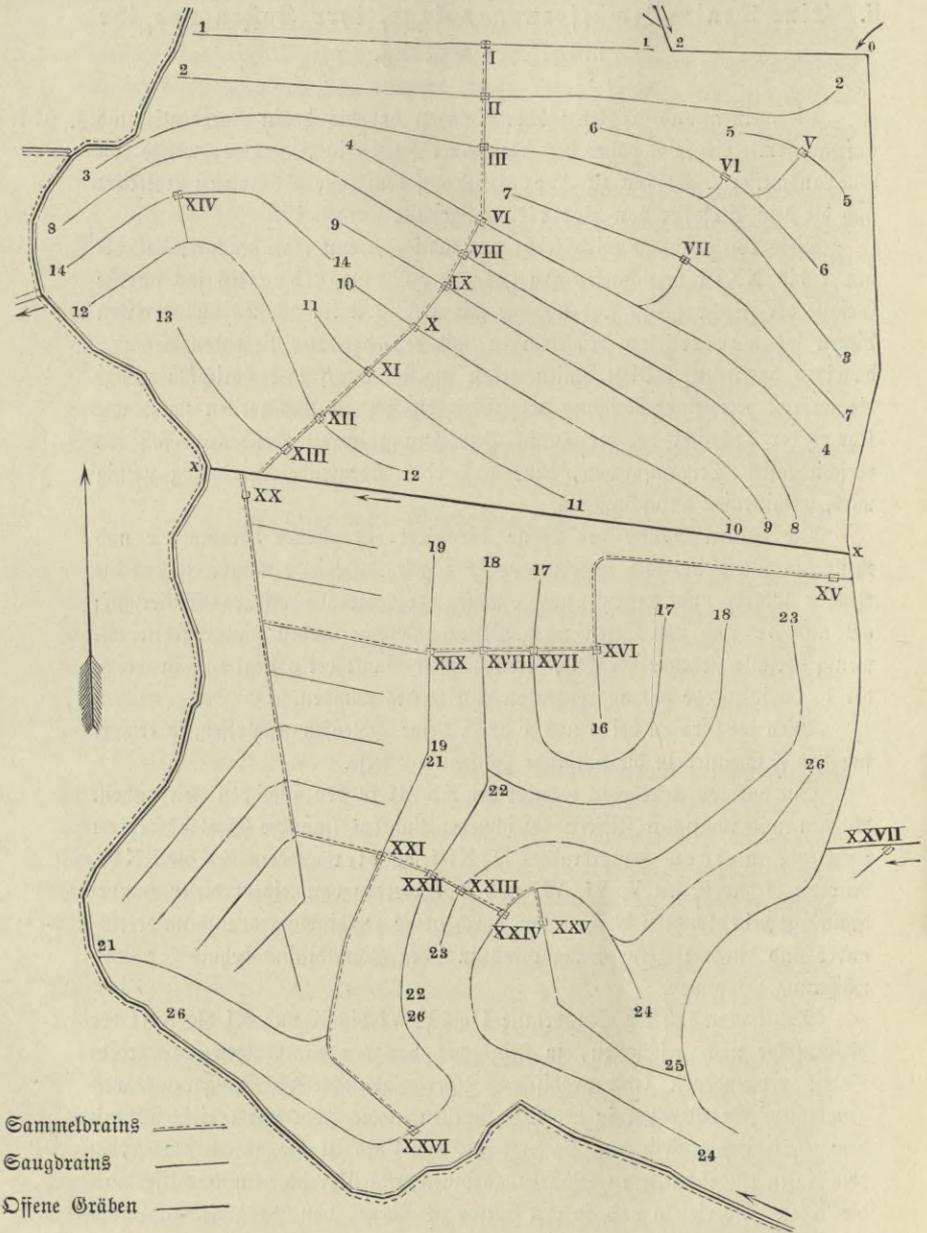
Wird der Graben bei *o* und *x* durch kleine Schleusen geschlossen, so ergießt sich das Feldwasser in die nördliche Hälfte der Wiese.

Ein anderer Ackerdrain mündet bei XXVII in den südlichen Wiesentheil. An den mit römischen Ziffern bezeichneten Punkten sind die Schließstellen eingefest; an einem Hauptdrain I bis XIII, an vier anderen XV bis XXVI. Nur die Schließstellen V, VI, VII und XIV werden von keinem dieser Haupt-drains gespeist, sondern hängen nur durch kleine Verbindungsdrains unter einander und durch einzelne Saugdrains mit den Hauptdrains behufs der Entwässerung zusammen.

Denkt man sich die Stauventile I bis V, VI bis X und XI bis XIII der Reihenfolge nach geschlossen, so steigt das von den zugehörigen, mit jedem Ventil verbundenen (mit arabischen Ziffern bezeichneten) Saugdrains aufgenommene Grundwasser in den Schließstellen in die Höhe und ergießt sich mit dem oberirdisch zufließenden Wasser rechts und links in die anschließenden, in den Rasen eingeschnittenen Wässerungsrinnen, um über deren untere Uferkante die Wiese zu berieseln und so von Rinne zu Rinne, von Hangtafel zu Hang-

tafel in drei Einzelwässerungen (von zweimal fünf und einmal drei Hängen) nach dem tiefsten Punkt der Wiese, in den Graben *xx*, zu gelangen und darin abzuwässern.

Fig. 109.



Ist so eine der Wässerungsabtheilungen überrieselt und soll die Entwässerung §. 272. bewirkt werden, so hebt man den Verschuß der Ventile, von unten nach oben fortschreitend, wieder auf, und sämmtliches Grund- und Kieselwasser strömt rasch und stetig von der einen zur anderen Abtheilung weit vollständiger und rascher wieder ab, als dies durch offene Gräben zu ermöglichen ist.

Ebenso leicht könnte man auch das frische Kieselwasser zuerst der untersten Abtheilung zuführen und mit dem Verschuß der Ventile XIII, XII, XI und XIV beginnen; nachdem diese wiederum entwässert ist, zu X bis VI und zuletzt zu den Hängen V bis I, also in umgekehrter Ordnung übergehen. Ueberhaupt hat man es ganz in der Hand, irgend einen Wiesentheil, ja sogar eine einzelne Hangtafel vorzugsweise zu berieseln, während auf anderen Hängen das geschnittene Gras nachwächst und einer augenblicklichen Kieselung nicht bedarf, die eben geernteten Hänge sogleich wieder zu bewässern und so die vollste Ausbeutung der Wiese ungehindert zu bewirken, wie dies bei keiner anderen Methode zu ermöglichen ist.

Der nach Süden gelegenen Wiesenhälfte fließt das Wasser bei XV und XXVII aus den östlich und südlich gelegenen Feldern zu. Bei XVI ist im Hang eine rückenähnliche Erhöhung, von der ein Hauptdrain mit den Verschlüssen XVII, XVIII und XIX nach dem im tiefsten Wiesentheil liegenden Hauptdrain hinzieht, der bei XX seinen Verschuß hat und auch das von der Erhöhung bei XXV herabkommende in den bis XXI hin anschließenden Curven gesammelte und in der Wiese vertheilte Wasser erhält.

Und gerade dieser Theil der Wiese ist es, welcher in seinen so wechselnden wagerecht liegenden Curven die Unebenheit der Fläche und die Leichtigkeit zeigt, mit welcher sich die Drainbewässerung ohne besondern Umbau verschiedenen Terrainformen mit ihren Saugdrains und darüber liegenden Kieselrinnen anpassen läßt.

Die vorstehend beschriebene Wiese hält 11 Tonnen (22 preuß. Morgen) §. 273. oder 5,6171 ha und kostet pro Morgen 23 $\frac{1}{2}$ Thlr. Reichsmünze¹⁾ oder 17 $\frac{1}{2}$ preuß. Thlr., pro Hektar also 205 Mk. 62 Pf. Die Einzelkosten betragen:

1. für Drainröhren	2500 Stück	1 $\frac{1}{2}$ zöll.	à	8 Thlr.	20 Thlr.	—	—	—
	3600	"	2	"	12	43	"	1 " 3 "
	2750	"	2 $\frac{1}{2}$	"	18	49	"	3 " — "
	2280	"	3	"	24	54	"	4 " 8 "
	400	"	4	"	40	16	"	— " — "
	512	"	5	"	60	30	"	4 " 8 "
	1025	"	6	"	80	82	"	— " — "
2. für 872 Ruthen Gräben auszuwerfen, zu legen und zuzumachen	à	1	—	—	145	"	2	" — "
3. für drei kleine Stau	—	—	—	—	4	"	—	" — "
4. für 27 Schließstellen mit Zubehör	à	2 $\frac{1}{2}$	—	—	67	"	3	" — "
Summa						511 Thlr.	—	—
						—	—	3 β

¹⁾ Ein Reichsthaler Reichsmünze = 6 Mark zu 16 Schilling. Der Werth des Reichsthalers alter Währung ist circa 22 $\frac{2}{3}$ Sgr.

Das Nivelliren

in seiner

Anwendung auf Culturverbesserungen

von

Professor Dr. **C. Reinherz.**

Erste Abtheilung.

Das Nivellirverfahren und der Nivellirapparat.

Einleitung.

Alle ruhenden Flüssigkeitsoberflächen, seien sie gebildet durch Flüssigkeiten, S. 275. welche in Gefäßen eingeschlossen sind, oder durch die Spiegel der Teiche, Seen und Meere, stellen sich unter dem Einfluß der auf sie wirkenden Kräfte derart ins Gleichgewicht, daß die Flächen an jedem ihrer Punkte rechtwinkelig zur Lothrichtung stehen. Eine solche im Gleichgewicht befindliche Oberfläche nennen wir ein „Niveau“ oder auch einen „Horizont“. Die größte von allen diesen auf der Erde vorkommenden Flächen¹⁾ ist der Meeresspiegel. Wir sprechen daher von einem Meeresniveau oder Meereshorizont. Dabei sehen wir ab von den oceanischen Bewegungen und stellen uns die Wassermasse ruhend, mit glatter Oberfläche²⁾, vor.

Denken wir uns diesen so bestimmten Meeresspiegel unter den Festländern hindurch verlängert, so erhalten wir eine zusammenhängende, die ganze Erde umgebende Fläche von nahezu kugelförmiger Gestalt³⁾. Diese so gewonnene Meeres-Niveau- (oder =Horizont-)fläche bietet sich uns von selbst als das Ausgangs-Niveau, als der Normal- oder Null-Horizont dar, indem wir bestimmen, daß alle Punkte, welche in dieser Fläche liegen, die Höhe „Null“ haben sollen. Damit verstehen wir unter der Höhe h_n irgend eines Punktes P_n den in der Lothlinie $l_n l_n$ gemessenen Abstand h_n von der Nullfläche $N. N.$ (Fig. 110 a. f. S.).

Um die wegen der oceanischen Bewegungen⁴⁾ eintretende Unsicherheit in der Angabe des ruhenden Meeresspiegels zu vermeiden, ist für das Königreich Preußen⁵⁾ eine Ausgangsfläche gewählt worden, welche dem mittleren Spiegel der die norddeutschen Küsten bespülenden Meere entspricht. Diese Normalfläche wird bestimmt durch den mit der Bezeichnung „37 Meter über Normal-

¹⁾ Etwa $\frac{9}{11}$ der ganzen Erdoberfläche.

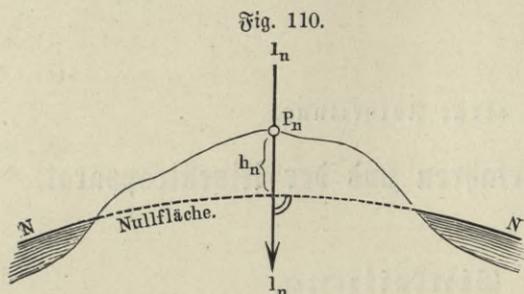
²⁾ Wie ein Teich.

³⁾ Mathematische Erdfigur (Kugel oder Rotationsellipsoid).

⁴⁾ Wellenschlag, Ebbe und Fluth u. s. w.

⁵⁾ Die übrigen deutschen Staaten haben sich dem Vorgehen Preußens angeschlossen.

Null" versehenen Mittelstrich eines kleinen lothrecht stehenden Maßstabes, welcher an der Sternwarte in Berlin angebracht ist¹⁾. — Damit ist also gesagt, daß als Normal-Null-Horizont diejenige dem mittleren Meerespiegel ent-



sprechende Niveaufläche eingeführt ist, welche 37 m²) unter dem oben genannten Theilstrich, dem „Normalhöhenpunkt für das Königreich Preußen“ liegt.

Auf diese so bestimmte Normal-Nullfläche werden alle Angaben des

preussischen (bezw. deutschen) Landeshöhen-Netzes bezogen, und um dieselben als solche kenntlich zu machen, mit dem Zeichen N. N. (Normal-Null) versehen, z. B. Höhenpunkt Nr. 5479: 60 325 m über N. N. heißt also: der Höhen-

festpunkt Nr. 5479 liegt 60,325 m über derjenigen Fläche, welche in der

oben genannten Weise bestimmt ist, und im Allgemeinen mit dem Meeres-

spiegel an den norddeutschen Küsten³⁾ zusammenfällt, so daß also diese

Zahlen gleichzeitig „Meereshöhen“ angeben.

Das schon erwähnte Landeshöhen-

netz wird gebildet durch ein System

von Höhenfestpunkten, welche in einem Abstand von 2 km auf Landstraßen und

Eisenbahnen angebracht sind. Diese Festpunkte werden bezeichnet durch die

höchsten Punkte eiserner Bolzen (Fig. 111), welche in Granitfäulen eingelassen,

oder (in Abständen von 10 zu 10 km) als sogenannte „Höhenmarken“ in den

Wandflächen massiver Gebäude angebracht sind⁴⁾. Die Angaben „der Höhen

über N. N.“ für diese Festpunkte sind für den bequemen Gebrauch des technischen

Publicums in besonderen Heften nach Verwaltungsgebieten (Provinzen) in

13 Heften zusammengestellt und unter dem Titel: „Nivellements-Ergebnisse

1) Vergl. „Der Normal-Höhenpunkt für das Königreich Preußen an der

Königlichen Sternwarte in Berlin“. Festgelegt von der trigonometrischen Abtheilung

der Landesaufnahme. Mit 7 Tafeln. Berlin 1879. Im Selbstverlag. Zu beziehen

durch die Königl. Hof-Buchhandlung von G. S. Mittler u. Sohn.

2) In der Lothlinie gemessen.

3) Nullpunkt des Amsterdamer Pegels.

4) Höhenmarken sind Bolzen mit größerem Durchmesser des Kopfes. — In

einzelnen Landestheilen finden sich neben den Höhenbolzen noch Höhenmarken älterer,

etwas abweichender Construction vor.

§. 276.

Fig. 111.

Das schon erwähnte Landeshöhen-

netz wird gebildet durch ein System

von Höhenfestpunkten, welche in einem Abstand von 2 km auf Landstraßen und

Eisenbahnen angebracht sind. Diese Festpunkte werden bezeichnet durch die

höchsten Punkte eiserner Bolzen (Fig. 111), welche in Granitfäulen eingelassen,

oder (in Abständen von 10 zu 10 km) als sogenannte „Höhenmarken“ in den

Wandflächen massiver Gebäude angebracht sind⁴⁾. Die Angaben „der Höhen

über N. N.“ für diese Festpunkte sind für den bequemen Gebrauch des technischen

Publicums in besonderen Heften nach Verwaltungsgebieten (Provinzen) in

13 Heften zusammengestellt und unter dem Titel: „Nivellements-Ergebnisse

1) Vergl. „Der Normal-Höhenpunkt für das Königreich Preußen an der Königlichen Sternwarte in Berlin“. Festgelegt von der trigonometrischen Abtheilung der Landesaufnahme. Mit 7 Tafeln. Berlin 1879. Im Selbstverlag. Zu beziehen durch die Königl. Hof-Buchhandlung von G. S. Mittler u. Sohn.

2) In der Lothlinie gemessen.

3) Nullpunkt des Amsterdamer Pegels.

4) Höhenmarken sind Bolzen mit größerem Durchmesser des Kopfes. — In einzelnen Landestheilen finden sich neben den Höhenbolzen noch Höhenmarken älterer, etwas abweichender Construction vor.

der trigonometrischen Abtheilung der Landesaufnahme“ (z. B. Heft XII, Rheinprovinz), durch die Königl. Hof-Buchhandlung von E. S. Mittler u. Sohn in Berlin zu beziehen. — Neben diesem allgemeinen Landeshöhennetz kommen noch als werthvolle Unterlage in Betracht die im engsten Anschluß hieran längs den Wasserstraßen des preußischen Staates von dem, dem Ministerium der öffentlichen Arbeiten unterstellten „Bureau für die Hauptnivellements und Wasserstandsbeobachtungen“ ausgeführten Nivellements. — Die Festpunkte desselben sind in Abständen von 1 km angebrachte Bolzen mit kugelförmigem Kopf. — Die Ergebnisse der bisher ausgeführten Arbeiten sind von dem genannten Bureau — Berlin W, Wilhelmstraße 89 — zu beziehen.

Sollen die Höhen von Punkten eines Geländeabschnittes bestimmt werden, so muß für mindestens einen Punkt desselben die Höhe über *N. N.* bekannt sein; es muß also in dem zu bearbeitenden Gebiete, oder in der Nähe desselben ein Höhenfestpunkt sich befinden. Das Central-Directorium der Vermessungen im Preußischen Staate¹⁾ bestimmt für den Anschluß der Nivellements an das Präcisions-Nivellement der Landesaufnahme, daß bei jedem im Auftrage oder unter der Leitung einer Staatsbehörde neu auszuführenden Nivellement, welches eine zusammenhängende Länge von 10 km und mehr umfaßt, die Höhen auf den Normal-Nullpunkt (*N. N.*) zu beziehen sind. Diese Beziehung wird dadurch hergestellt, daß die Höhenfestpunkte des neuen Nivellements durch Anschluß-Nivellements²⁾ mit den Festpunkten der Landesaufnahme verbunden werden. Ist ein zu einem solchen Anschluß geeigneter Festpunkt der Landesaufnahme (oder eines anderen bereits ausgeführten und unmittelbar an das Landeshöhennetz angeschlossenen Nivellements) nicht in der Nähe vorhanden, so daß die Anschlußstrecken zu lang (über 5 km) würden, so kann als Ersatz dafür irgend ein unzweideutig bezeichneter Festpunkt anderer zuverlässiger Höhenbestimmungen benutzt werden. Wenn diese sich nicht auf *N. N.* beziehen, so ist genau anzugeben, auf welchen Horizont die Höhen berechnet sind.

Ist überhaupt kein Festpunkt irgend welcher Art zur Entnahme der Höhe zur Verfügung, so muß für den zu bearbeitenden Geländeabschnitt ein für die ganze Arbeit beizubehaltender und unzweideutig zu bestimmender Horizont als Ersatz für die Normal-Nullfläche eingeführt werden. Dies geschieht in der Weise, daß irgend einem Festpunkte, z. B. einem in einer Wandfläche eingelassenen Höhenbolzen³⁾, eine bestimmte Höhenzahl, z. B. 100,000 m, beigelegt, und damit also der Horizont definiert wird als eine Niveauläche, welche 100,000 m unter dem bezeichneten Punkte verläuft. Dieser willkürliche Horizont ist stets so zu wählen, daß alle Höhenzahlen positiv werden, also kein Punkt tiefer liegt als die Nullfläche.

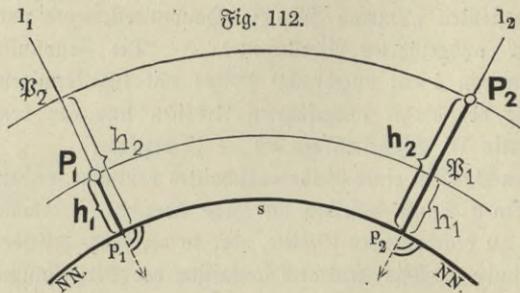
¹⁾ Eine Aufsichtsbehörde, welche allgemein gültige Bestimmungen für die Ausführung von Vermessungen erläßt.

²⁾ Vergl. S. 317.

³⁾ Für kleine Aufnahmen genügt unter Umständen ein zweifellos bestimmter, feststehender Grenzstein zur Bezeichnung des Höhenpunktes.

1. Die Theorie der Höhenbestimmung.

§. 277. Die Höhe h_n eines Punktes war ¹⁾ bestimmt worden als der in der Lothlinie gemessene Abstand von der Normal-Nullfläche $N. N.$ Alle Punkte, welche gleiche Abstände von der Normal-Nullfläche haben (vergl. Fig. 112), liegen



daher in derselben Höhe, z. B. P_1 und P_1 , sowie P_2 und P_2 . Sobald der Abstand s der Lothlinien l_1 und l_2 durch P_1 und P_2 ein kleiner ist im Vergleich zu der Größe des ganzen Erdumfanges ²⁾, so sind die Lothlinien in der durch

sie gelegten Ebene $l_1 l_2$ fast genau einander parallel, und die Niveaulinien oder Horizontalen $P_1 P_1$ und $P_2 P_2$ werden rechtwinkelig zu jenen stehende parallele Linien, so daß aus der Fig. 112 die Fig. 113 wird. Diese Vereinfachung ist uns immer gestattet, da für unsere Zwecke die Entfernung s höchstens einige Hundert Meter betragen kann, der Erdumfang aber 40 Millionen Meter ist.

§. 278. Aus der Figur 113 ergibt sich unmittelbar die Beziehung:

$$p_1 P_1 + P_1 P_2 = p_2 P_2 \text{ (wobei } P_1 P_2 = P_1 P_2 \text{)}$$

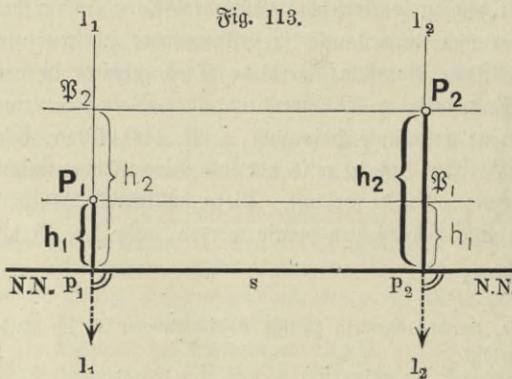
oder

$$h_1 + (h_2 - h_1) = h_2,$$

und wenn für den Unterschied $(h_2 - h_1)$ der Höhen von P_1 und P_2 die Bezeichnung $\Delta h = -h_1 + h_2$ eingeführt wird,

$$h_1 + \Delta h = h_2 \dots \dots \dots 1)$$

Danach kann die Höhe eines jeden Punktes berechnet werden, sobald die Höhe eines anderen Punktes und der zugehörige Höhenunterschied bekannt



sind. Zur Bestimmung dieses Höhenunterschiedes müssen daher die Lothlinien und die Horizontalen von P_1 und P_2 abgesteckt, und dann an den Lothlinien das Stück $\Delta h = P_1 P_2$ (oder $P_1 P_2$) abgemessen werden.

An Stelle der durch P_1 oder P_2 gehenden

¹⁾ Vergl. Erläuterung zu Fig. 110, §. 275.

²⁾ Vergl. §. 275. Mathematische Erdfigur.

Horizontalen kann aber auch irgend eine andere Horizontale, z. B. $i_1 i_2$, in der Höhe h_i abgesteckt werden (vergl. Fig. 114), und dann an den in P_1 und P_2 aufgerichteten Lothlinien die Stücke $P_1 i_1 = l_1$ und $P_2 i_2 = l_2$ abgemessen werden. Es ergibt sich dann wieder unmittelbar aus der Fig. 114:

$$h_1 + l_1 - l_2 = h_2.$$

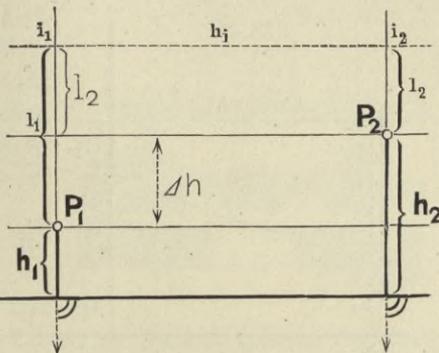
Und da, wie ebenfalls sofort aus der Figur entnommen werden kann,

$$\Delta h = l_1 - l_2. \quad 1^a)$$

ist, so erhalten wir wie oben zu 1) wieder:

$$h_1 + \Delta h = h_2. \quad 1^b)$$

Fig. 114.



Die Höhe h_2 können wir aber auch dadurch aus h_1 finden, daß wir zunächst die Höhe h_i der Hülfshorizontalen $i_1 i_2$ berechnen aus

$$h_i = h_1 + l_1. \quad 2^a)$$

und dann bilden

$$h_2 = h_i - l_2. \quad 2^b)$$

Diese beiden Formeln $1^a)$, $1^b)$ und $2^a)$, $2^b)$ enthalten die Lösung der Grundaufgaben der geometrischen Höhenbestimmung.

Wird die durch die Formeln $1^a)$ und $1^b)$ ausgedrückte Bestimmung eines §. 279. Höhenunterschiedes durch Aneinanderreihung einer Anzahl derartiger Bestimmungen fortgeführt, wie in Fig. 115 angegeben ist, so erhalten wir einen fortlaufenden „Zug“ von Höhenunterschieden. Es ist z. B. nach Fig. 115:

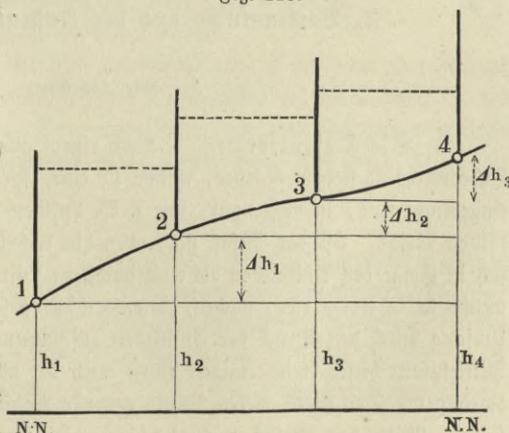
Fig. 115.

$$\left. \begin{aligned} h_2 &= h_1 + \Delta h_1 \\ h_3 &= h_2 + \Delta h_2 \\ h_4 &= h_3 + \Delta h_3 \\ \dots & \\ h_n &= h_{n-1} + \Delta h_{n-1} \end{aligned} \right\} 3)$$

oder

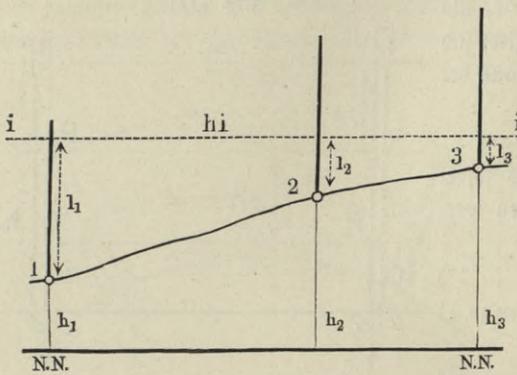
$$h_n = h_1 + \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \dots + \Delta h_{n-1}.$$

Werden von einer nach Formel $2^a)$ gebildeten Höhe h_i der Hülfshorizontalen $i i$, N.N.



eine Anzahl Größen $l_2 l_3 \dots l_n$ (Fig. 116) subtrahirt, so erhalten wir nach Formel 2^b) die Höhen der einzelnen Punkte durch die Beziehungen:

Fig. 116.



$$\left. \begin{aligned} h_2 &= h_1 - l_2 \\ h_3 &= h_1 - l_3 \\ \dots &\dots \\ h_n &= h_1 - l_n. \end{aligned} \right\} 4)$$

Diese Gleichungen 3) und 4) stellen das Princip der Anwendung der vorher erläuterten Grundaufgabe dar.

§. 280.

Die in den Gleichungen 1) bis 4) enthaltene

Lösung der Aufgabe der geometrischen Höhenbestimmung beruht demnach auf der Herstellung lothrechter Linien l und horizontaler oder Niveau-Linien i , daher nennt man diese Methode der Höhenbestimmung das „Nivelliren“. Das hierzu erforderliche Hilfsmittel ist der Nivellirapparat. Er besteht im Wesentlichen aus den „Nivellirlatten“ (§. 290), und dem „Nivellirinstrument“ (§. 291). Die ersteren sind in Centimeter getheilte Maßstäbe, welche durch Libellen (§. 281) in die Lothlinien eingestellt werden, und an denen die Stücke $l_1 l_2 \dots l_n$ unmittelbar abgelesen werden können. Das „Nivellirinstrument“ dient zur Herstellung horizontaler Absehlinien $i i$, welche die Stücke $l_1 l_2 \dots l_n$ an den lothrechten Maßstäben abschneiden. Diese Absehlinien werden gewonnen durch ein Fernrohr (§. 285), welches mit einer Zielvorrichtung (§. 287) versehen ist, die mit Hilfe einer Libelle (§. 282) in die Horizontale eingerichtet werden kann.

2. Vorkenntnisse aus der Instrumentenkunde.

A. Die Libellen.

§. 281.

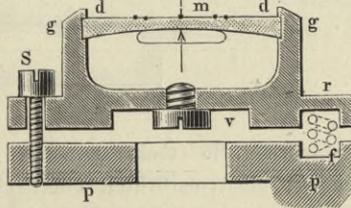
1. Die Dosenlibelle. — Nach einem allgemein bekannten Gesetz der Hydraulik steigen Körper, welche in einer specifisch schwereren Flüssigkeit eingetaucht sind, in dieser auf, wie z. B. Luftblasen in einem mit Wasser gefüllten Gefäß. Ist das Gefäß nach oben hin kugelförmig abgeschlossen, so sucht sich in Folge des Auftriebes die eingeschlossene Luft die höchste Stelle aus, um welche sie in Form einer flachen, linsenförmigen Blase mit genau kreisförmigem Umfang durch den Druck der Flüssigkeit zusammengetrieben wird. Durch den Mittelpunkt dieser kreisförmigen Blase wird der höchste Punkt der Kugelhaube bezeichnet. Der durch diesen Punkt gehende Radius der Kugel ist eine Lothlinie. Wird das Gefäß geneigt, so nimmt ein anderer Punkt die höchste

Stelle ein und der Blasenmittelpunkt gleitet in die entsprechende Lage, so daß dieser andere Radius nunmehr eine Lothlinie darstellt.

Wird nach diesem Princip ein cylindrisches Metallgefäß *g* (Fig. 117) mit einem kugelförmig ausgeschliffenen Glasdeckel *d* überdeckt und mit Alkohol gefüllt, so erhalten wir damit eine Dosenlibelle. In der Figur ist *v* die nach der Füllung anzuziehende Verschuß-

Fig. 117.

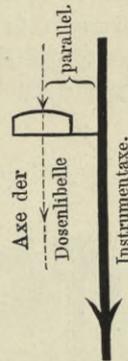
schraube. Durch den Mittelpunkt *m* mehrerer concentrischer Kreise, welche auf dem Glasdeckel *d* angegeben sind, wird ein bestimmter Normalpunkt bezeichnet, dessen Radius „die Axe der Dosenlibelle“ heißt.



Die Dosenlibelle wird beim Nivellirapparat zum Lothrechtstellen von Linien verwendet, und zwar der Axen der Nivellirlatten (Fig. 134, §. 290) und der Nivellirinstrumente (Fig. 143, §. 297). Da der Radius des Spielpunktes der Blase stets lothrecht steht, so ist eine der erwähnten Instrumentenaxen lothrecht, sobald sie parallel der Libellenaxe ist und die Blase auf den Normalpunkt einspielt (Fig. 118).

Fig. 118.

Um diese Parallelstellung von Libellen- und Instrumentenaxe erzielen zu können, muß die Dosenlibelle so angebracht werden, daß nach der allgemeinen Befestigung noch eine geringe gegenseitige Neigung der beiden Axen möglich bleibt. Diese Befestigung wird dadurch hergestellt, daß das Gefäß *g* auf einer an dem einzurichtenden Instrument feststehenden Platte *pp* (Fig. 117) und *D* (Fig. 134, 143 und 147) durch drei in gleichen Abständen angebrachte Schrauben *s* befestigt wird. Drei zwischen diesen Schrauben liegende Federn *f* (oder auch eine zwischen Platte und Dose eingelegte Blattfeder) wirken den Schrauben entgegen und halten die Dose fest, indem sie die Ringsfläche *r* gegen die Schraubenköpfe drücken.

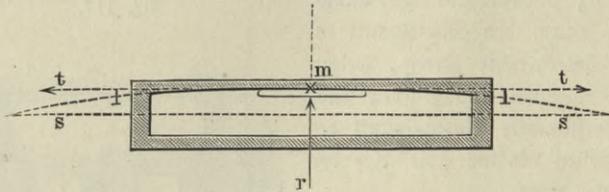


Der Durchmesser des Gefäßes *gg* beträgt etwa 2 bis 4 cm, der Radius der Schlifffläche etwa 0,5 bis 2 m, der Durchmesser der Blase etwa $\frac{1}{3}$ des Durchmessers der Glasplatte. Der innere Boden der Dose soll concav geformt und gut versilbert oder vernickelt sein, damit der Blasenrand scharf beleuchtet wird.

2. Die Röhrenlibelle. — Betrachten wir einen lothrechten Schnitt §. 282. durch die in §. 281 erwähnte Kugel, und denken uns das Kreisbogenstück *ll* (Fig. 119 a. f. S.) um die Sehne *ss* gedreht, so beschreibt der Bogen *ll* eine tonnenförmige Fläche. Jeder Schnitt, welcher in der Richtung *ss* (der Längsrichtung) durch die Fläche geführt wird, liefert also einen Kreisbogen wie *ll*.

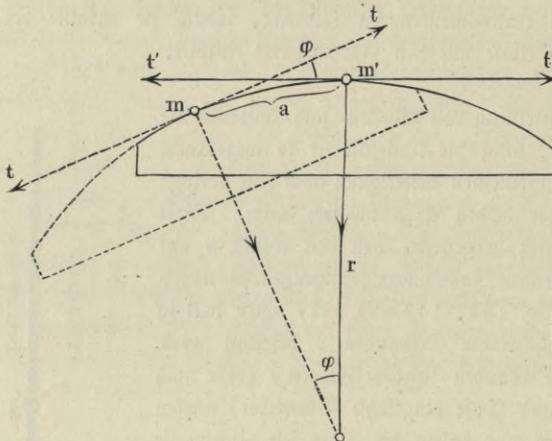
Wird nach diesem Princip aus der Innenwand einer cylindrischen Glasröhre eine Fläche der vorbeschriebenen Art ausgeschliffen (Fig. 119), diese Röhre sodann mit Schwefeläther (einer sehr leichten Flüssigkeit) so gefüllt, daß ein kleiner Theil des Innenraumes frei von Flüssigkeit bleibt¹⁾ und dann luftdicht

Fig. 119.



verschlossen²⁾, so erhalten wir eine „Röhrenlibelle“. Bei nahezu wagerechter Lage der Röhrenmittellinie bildet dieser freie Raum unter dem Drucke der Flüssigkeit an der höchsten Stelle der Röhre eine lang ausgezogene Blase von ovaler und genau symmetrischer Gestalt, so daß der höchste Punkt m der aus-

Fig. 120.



geschliffenen tonnenförmigen Fläche der Mittelpunktes des Blasenkörpers ist. Der Radius r des Punktes m steht lothrecht, die Tangente tt ist horizontal. Die durch r und tt bezeichnete Ebene ist diejenige, in welcher die Libelle zur Absteckung wagerechter und lothrechter Linien benutzt werden soll.

Wird in dieser Ebene die Röhre geneigt, so gleitet der Blasenmittelpunkt an eine andere Stelle m' des Kreisbogens (Fig. 120), die Tangente $t't'$ an diesen Punkt m' ist wieder wagerecht, der Winkel φ , den die Tangenten tt und $t't'$, sowie die zugehörigen Radien bilden, ist der Ausdruck für die Größe der Neigung. Das Bogenstück mm' nennt man den „Aus Schlag“ a .

Um den Mittelpunkt der Blase, den „Spielpunkt“, sicher angeben zu können, wird das Glasrohr auf seiner Oberfläche (vergl. Fig. 122) mit einer Theilung versehen, deren Striche 2 mm oder 2,26 mm (= 1 Pariser Linie) Abstand haben, und der Uebersichtlichkeit wegen durch Verlängerung jedes fünften

¹⁾ Wird die Röhre bei 35° C. (nahe dem Siedepunkte des Aethers) ganz gefüllt, so bleibt beim Sinken der Temperatur von selbst ein entsprechender Raum frei.

²⁾ Durch Zuschmelzen.

Striches in Gruppen abgetheilt sein sollen. Denjenigen Winkel φ , welcher einem Ausschlag der Blase von einem dieser Theilwerthe entspricht, nennt man die „Angabe“ oder die „Empfindlichkeit“ der Libelle. Dieser Werth soll bei den Libellen derjenigen Nivellirinstrumente, welche wir für unsere Zwecke benutzen werden, etwa zwischen 20" und 40" betragen, während die Länge der Glasröhre dabei etwa 100 mm, der Durchmesser derselben etwa 14 mm und die Blasenlänge bei mittlerer Temperatur etwa 15 Striche sein soll.

Wird irgend ein Punkt der Libellentheilung, z. B. m , als Normalpunkt ausgewählt, und als solcher durch Marken, wie in Fig. 122 angedeutet, bezeichnet, so wird die zugehörige Tangente tt die „Axe der Röhrenlibelle“ genannt.

Da nun die Tangente an den Blasenmittelpunkt stets horizontal ist, so steht auch die „Axe der Röhrenlibelle“ horizontal, sobald nur der Blasenmittelpunkt auf den Normalpunkt eingestellt wird. Hierauf beruht die Verwendung der Röhrenlibelle beim Nivellirapparat, da mit derselben die Absehlinien ii (§. 278 und 279) wagerecht und die Axen der Nivellirinstrumente (§. 291) lothrecht gestellt werden sollen. Wenn nämlich die Libellenaxe tt (Fig. 121) parallel zur Absehlinie aa und rechtwinkelig zur Instrumentaxe Z ist, so braucht nur die Blase auf den Normalpunkt eingestellt zu werden, um die Absehlinie wagerecht und die Instrumentaxe lothrecht zu machen.

Fig. 121.

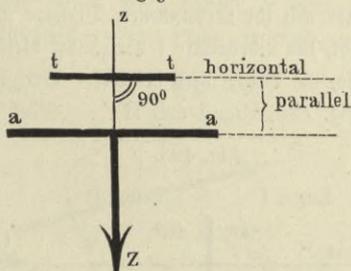
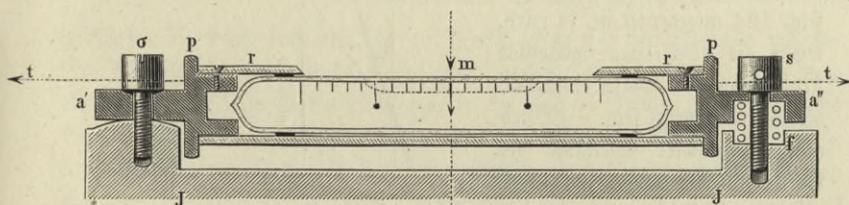


Fig. 122.



Um diese dadurch bestimmte Stellung der Axe der Libelle zu der Absehlinie und Instrumentaxe erzielen zu können, muß die Libelle so an dem Nivellirinstrument angebracht werden, daß nach der allgemeinen Befestigung noch eine geringe Neigung möglich bleibt. Zur Herstellung dieser Befestigung wird das Glasrohr in ein cylindrisches Metallrohr rr (Fig. 122) eingeschoben und sorgfältig festgelagert. Dieses Metallrohr wird durch Platten pp , welche mit Ansätzen a' und a'' versehen sind, an den Enden verschlossen. Durch diese Ansätze wird die Libelle mit dem Instrument J verbunden. Eine einfache, aber sehr zweckmäßige Verbindung ist in Fig. 122 speciell dargestellt¹⁾. Durch die

¹⁾ Vergl. auch Fig. 136 und 143.

Feder f wird die obere Fläche des Ansatzes a'' stets gegen den Schraubekopf s gedrückt, so daß bei einer Verstellung dieser Schraube s die Fassung (und damit die Libellenaxe) geneigt wird, wobei die untere Fläche des Ansatzes a' auf der cylindrischen Lagerfläche, auf welcher sie durch die Befestigungsschraube σ gehalten wird, kippt. Die Schraube s dient somit ¹⁾ zur Einrichtung der Libellenaxe in die oben verlangte Stellung zur Absehnlinie, man nennt sie die „Richt-“ oder auch die „Berichtigungsschraube“.

§. 283. Die Libellenaxe verbunden mit einer Drehaxe. — Wenn, wie durch Fig. 121 schematisch ausgedrückt ist, die Libellenaxe t rechtwinkelig zu einer mit ihr verbundenen Drehaxe Z ist, so muß, sobald die Axe Z lothrecht steht, die Libellenaxe t horizontal bleiben, wenn sie um Z gedreht wird, d. h. also, die Blase wird bei dieser Drehung stets auf den Normalpunkt einspielen (Fig. 123, Lage I und II). — Sind die Axen t und Z aber nicht rechtwinkelig

Fig. 123.

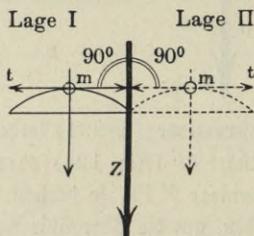
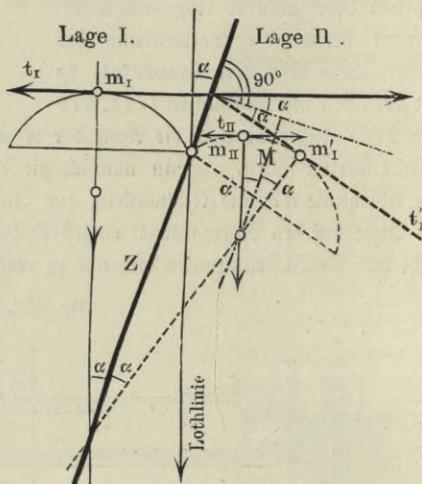


Fig. 124.



zu einander, bilden sie vielmehr einen schiefen Winkel, wie in Fig. 124 angedeutet ist, so wird, wenn die Libellenaxe horizontal steht (also die Blase einspielt), die Axe Z geneigt sein. — Wird nun aus dieser Stellung die Libelle um die Axe Z um 180°

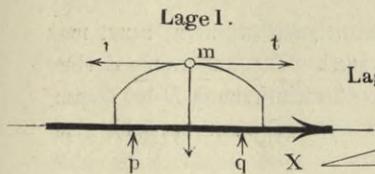
gedreht, so daß sie wieder in die durch die erste Lage bestimmte Ebene fällt, wie in Fig. 124 durch punktierte Linien angegeben ist, so spielt die Blase auf den Punkt m_{II} ein, und die mit α bezeichneten Winkel sind (wie aus der Figur ohne Weiteres hervorgeht) einander gleich, und fernerhin gleich dem halben in Winkelmaß ausgedrückten Bogenausschlag der Blase von m'_I nach m_{II} . Um daher die Axe lothrecht zu richten, muß dieselbe so geneigt werden, daß der halbe Libellenaus Schlag $m_{II}M$ beseitigt wird, und um dann die Libellenaxe rechtwinkelig zu Z zu stellen, muß sie so geneigt werden, daß die Blase von M zu dem Normalpunkt m tritt. Diese letztere Neigung wird mit der oben erwähnten

¹⁾ Durch Benutzung eines in die Oeffnung des Schraubekopfes eingesetzten Stiftes oder eines Schraubenziehers.

Verichtigungsschraube s vorgenommen. Man nennt dieses Verfahren „die Verichtigung der Libelle“ (§. 295).

Bei einer besonderen, später (§. 300) zu erwähnenden Anordnung des Nivellirinstrumentes ist die Libelle mit einer horizontal einzurichtenden Ase X verbunden. Ist dann die Ase X (Fig. 125) parallel zur Libellenaxe, so steht sie horizontal, sobald die Blase auf den Normalpunkt einspielt (Lage I), und die Blase muß sich wieder auf den Normalpunkt einstellen, wenn durch Umsetzen auf der durch die Punkte $p q$ bestimmten Seßlinie die Ase X mit der Libelle in die Lage II gebracht wird. Wenn die beiden Axen t und X aber nicht parallel sind, sondern einen Winkel α einschließen (Fig. 126), so wird, wenn

Fig. 125.



Lage II.

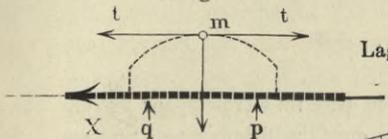
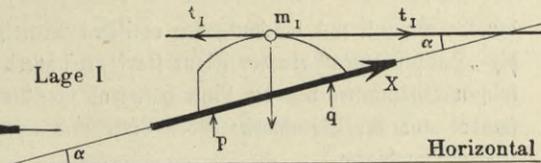
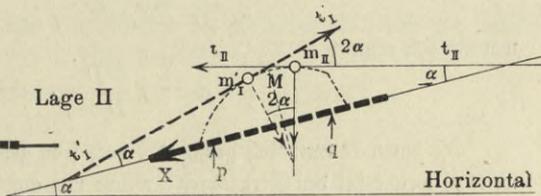


Fig. 126.



Lage II



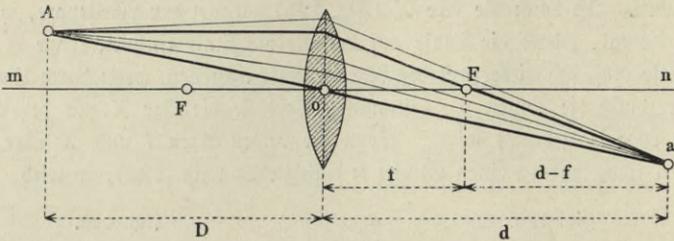
in Lage I die Blase einspielt, die auf den Punkten $p q$ der Seßlinie ruhende Ase X ebenfalls den Winkel α mit der Horizontalen bilden, und nach dem Umsetzen in die Lage II die Libellenaxe in die Lage t_2 kommen, und die Blase auf den Punkt m_{II} einspielt. Der von den beiden Richtungen der Libellenaxe eingeschlossene Winkel ist 2α und entspricht dem Bogenausschlag $m_I m_{II}$, wie aus der Figur unmittelbar hervorgeht. Um die Ase X horizontal zu machen, muß dieselbe demnach so geneigt werden, daß der halbe Ausschlag $m_{II} M$ beseitigt wird, und um sodann die Libellenaxe horizontal zu stellen, muß diese mit der Libellenschraube so geneigt werden, daß die Blase auf den Normalpunkt einspielt (§. 300, I).

B. Das Fernrohr.

Nach den Gesetzen über die Brechung von Lichtstrahlen durch Glaslinsen entwirft eine Sammellinse von einem entfernten Gegenstande ein umgekehrtes, verkleinertes Bild, das sich auf einer Platte (z. B. einem Blatt Papier, einer Glasstafel) auffangen läßt. Bei dieser Brechung werden alle Strahlen, welche von einem Punkte A (Fig. 127 a. f. S.) eines Gegenstandes ausgehen, so

gebrochen, daß sie sich in einem Punkte, dem Bildpunkte a , vereinigen. Alle Strahlen, welche parallel zur Axe mn der Linse auffallen, werden zum Brennpunkt F gelenkt; alle Strahlen, welche durch den „optischen Mittelpunkt“ o der Linse gehen, bleiben ohne Ablenkung. Diese beiden letzten Strahlen, die durch

Fig. 127.



den Brennpunkt und die durch den optischen Mittelpunkt gehenden, nennt man die „Hauptstrahlen“ (in der Figur stark gezeichnet). Die Entfernung d eines solchen Bildpunktes von der Linse hängt ab von der Entfernung D des Gegenstandes und der Brennweite f der Linse und wird bestimmt durch die dioptrische Grundformel

$$\frac{1}{D} + \frac{1}{d} = \frac{1}{f},$$

woraus sich ergibt

$$d = f \frac{D}{D-f}.$$

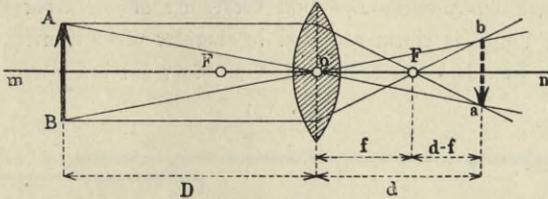
Ist darin D unendlich groß, oder doch sehr groß im Vergleich zur Brennweite f , welche bei den Fernrohren, welche wir am Nivellirinstrument benutzen werden, nur einige Decimeter, etwa 0,25 m beträgt, so wird der Bruch $D/D-f$ genau oder fast genau $= 1$, und also $d = f$. Ist dagegen D verhältnißmäßig klein, so wird dem entsprechend d größer. Die folgende Zusammenstellung giebt eine Uebersicht über den Abstand $d-f$ des Bildpunktes vom Brennpunkte für eine Linse von 0,25 m Brennweite:

D	$d-f$
m	mm
5	12,5
10	6,2
20	3,1
50	1,2
100	0,6
200	0,3
500	0,1
∞	0,0

Das Bild ab eines Gegenstandes AB läßt sich mit Hilfe der Hauptstrahlen construiren, wie in nebenstehender Fig. 128 angegeben ist.

Befindet sich der Gegenstand innerhalb einer Entfernung D , welche kleiner ist als die Brennweite f , so entsteht kein wirkliches Bild wie in Fig. 128, aber ein hinter der Linse befindliches Auge nimmt ein vergrößertes, aufrechtes, schein-

Fig. 128.



bares Bild wahr, das sich, wie in Fig. 129 dargestellt ist, aus den Hauptstrahlen konstruieren läßt. Es ist das die Wirkungsweise des allgemein bekannten Vergrößerungsglases, der Lupe. Damit das Auge das Bild scharf erkennen kann, muß dasselbe in deutlicher Sehweite vom Auge erscheinen, und danach der Abstand D des Gegenstandes bemessen werden. Die Stärke der Vergrößerung hängt ab von der Brennweite der Linse; je kleiner die Brennweite ist, je stärker ist die Vergrößerung.

Auf den vorbesprochenen Eigenschaften der Sammellinse beruht die Construction des Fernrohres. Die einfache Verbindung zweier solcher Linsen liefert das Linsensystem des einfachen Fernrohres, wie es in Fig. 130 dargestellt ist. Die Wirkungsweise dieses Systems ist demnach folgende:

Eine Sammellinse, die „Fernlinse“ L (von etwa 20 bis 30 cm Brennweite und 25 bis 28 mm Durchmesser) entwirft ein wirkliches, verkleinertes, umgekehrtes Bild ab des Gegenstandes AB , wobei die Bildweite d sich aus D und f , wie oben erläutert, bestimmt. Dieses Bild ab wird durch die „Augenlinse“ l betrachtet und erscheint nun

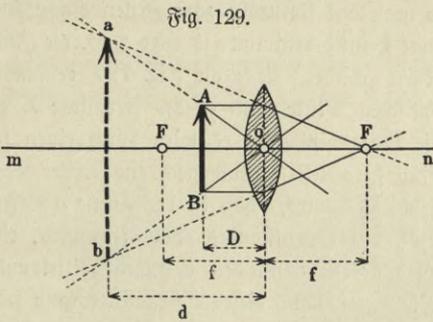
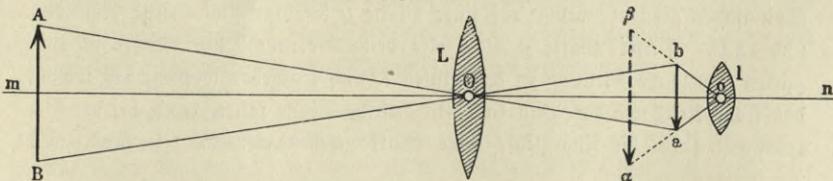


Fig. 130.

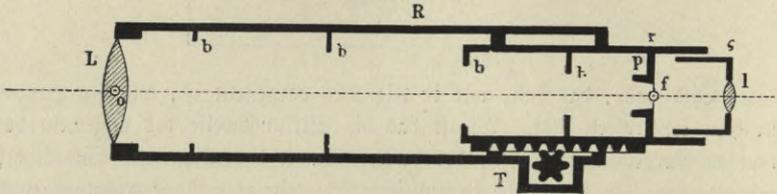


als vergrößertes Bild $\alpha\beta$ des Gegenstandes AB . Das Vergrößerungsverhältnis entspricht dem Quotienten der Gesichtswinkel $AOB = \alpha Ob$ durch

aob, also, wenn auf die Länge des Fernrohres keine Rücksicht genommen wird, dem Quotienten der Brennweite der Fernlinse und Augenlinse. Bei den Fernrohren der für unsere Zwecke dienenden Nivellirinstrumente ist die „Vergrößerung“ etwa eine 15- bis 25fache.

Um dieses Linsensystem L, l zum Gebrauche als Fernrohr herzurichten, wird jede der Linsen in einem von zwei in einander verschiebbaren Köhren befestigt, wie in Fig. 131 angedeutet ist. Das Rohr hat den Zweck, die bei der

Fig. 131.



Betrachtung von Gegenständen in verschiedenen Entfernungen D wechselnde Stellung¹⁾ der Augenlinse bequem²⁾ zu ermöglichen und alle das Bild störenden Lichtstrahlen abzuhalten, weshalb das Rohr innerlich geschwärzt und mit einigen Blendringen (b , Fig. 131) versehen ist.

§. 287.

Da nun beim Nivelliren bestimmte Absehlinien³⁾ hergestellt werden sollen, so muß das Fernrohr zum Zielen eingerichtet werden. Jede Linie ist durch zwei Punkte bestimmt; so wird z. B. die Ziellinie am Gewehr durch Visir und Korn gebildet. Wie an Fig. 127 erläutert worden ist, geht ein durch den optischen Mittelpunkt O der Fernlinse L gehender Strahl ungebrochen durch die Linse hindurch; es wird durch einen solchen Hauptstrahl also eine feste Linie hergestellt, sobald noch ein zweiter Punkt desselben bestimmt wird. Das geschieht dadurch, daß in der Ebene ab (Fig. 130), in welcher das wirkliche Bild des Gegenstandes entworfen wird, ein Punkt als Visirpunkt bezeichnet wird, der dann mit dem optischen Mittelpunkt der Fernlinse die Ziellinie bildet. Die Bezeichnung dieses Visirpunktes kann z. B. dadurch geschehen, daß auf eine Glasplatte ein feines Linienkreuz aufgezeichnet (Fig. 132), und auf dieser Platte sodann das Bild des Gegenstandes aufgefangen wird. Der Zielpunkt ist dann durch den Punkt des Bildes gegeben, welcher von dem Schnittpunkt des Linienkreuzes gedeckt wird. In der Regel wird dies Linienkreuz durch zwei feine Spinnfäden gebildet, welche auf einer Platte p befestigt sind (vergl. Fig. 131 und 132). Dieser Platte p muß also beim Gebrauche des Fernrohres zum Zielen eine solche Stellung zu den Linsen L und l gegeben werden, daß sowohl das Fadentkreuz wie das Bild (ab) in dieselbe Ebene fallen, und bei der Betrachtung durch die Augenlinse beide scharf gesehen werden. Zu dem Zweck

¹⁾ Vergl. die Tabelle auf S. 306.

²⁾ Durch ein Triebrädchen und Zahnstange (Fig. 131 u. 136).

³⁾ Die Absehlinien ii , Fig. 114, §. 278.

müssen demnach auch die Augenlinse l und das Fadenzug gegen einander verschiebbar sein; das wird beim einfachen Fernrohr dadurch erreicht, daß die Augenlinse in ein besonderes kleines Auszugrohr o gesteckt wird, wie es in Fig. 131 veranschaulicht ist, wobei gleichzeitig die Verschiebung des Auszugrohres r durch einen Trieb T mit Zahnstange¹⁾ dargestellt ist.

Der Gebrauch eines Zielfernrohres ist demnach der folgende:

§. 288.

1. Einrichtung der Augenlinse. — Es wird das Fernrohr gegen den freien Himmel oder eine gleichmäßig erleuchtete Wand gerichtet und so lange die Augenlinse l mit Hilfe des Röhrchens o verschoben, bis die Fäden als reine schwarze Linien erscheinen. Für dasselbe Auge ist diese Stellung eine constante.

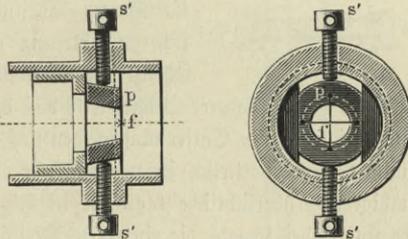
2. Einstellung des Gegenstandes. — Sodann wird das Fernrohr auf den anzuzielenden Gegenstand gerichtet und durch Benutzung des Triebes T das Auszugrohr (mit Fadenzug und Augenlinse) so lange verschoben, bis der Gegenstand deutlich und scharf erscheint²⁾.

Wird nun das Auge hinter der Linse ein wenig auf und ab bewegt, so muß der Kreuzungspunkt der Fäden immer genau denselben Punkt des Bildes decken. Ist das nicht der Fall, so liegen Fadenzug und Bild nicht in derselben Ebene. Es ist dann zunächst die zuletzt vorgenommene Einstellung des Gegenstandes zu wiederholen, und wenn dadurch die Verschiebung des Fadenzugpunktes nicht zu beseitigen ist, die Augenlinse neu einzurichten³⁾.

Da die Absehlinie des Fernrohres eines Nivellirinstrumentes eine bestimmte Stellung, nämlich eine zur Libellenaxe parallele (Fig. 121) haben muß, so muß die Absehlinie ein wenig geneigt werden können. Das geschieht durch eine geringe Bewegung des Fadenzuges, indem die dasselbe tragende Platte p durch feine Schraubchen s' ein wenig in lothrechter Richtung verschoben werden kann, wie durch Fig. 132 veranschaulicht wird. Die Schrauben s' (die Berichtigungsschrauben) müssen bei der erwähnten Einstellung des Fadenzuges vorsichtig angezogen werden, damit die Fadenplatte p weder schleudern kann, noch durch zu starkes Anziehen eine Spannung hervorgerufen wird.

§. 289.

Fig. 132.



¹⁾ Vergl. auch Fig. 136 und 143.

²⁾ Bei der Einstellung eines sehr weit entfernten Gegenstandes fällt das Fadenzug in den Brennpunkt; bei nahen Zielen muß das Rohr r herausgeschraubt werden; vergl. die Tabelle auf S. 306 für $d-f$.

³⁾ Anfängern macht diese Einstellung zuweilen einige Schwierigkeit; man übe daher dieselbe vor Beginn der Feldarbeit, bis eine genügende Sicherheit erlangt ist.

Einfache Sammellinsen L und l geben in Folge der Kugel- und Farbenabweichung verzerrte und farbige Bilder. Es wird daher beim Gebrauchsfernrohr an Stelle der Fernlinse eine aus verschiedenen Glasarten zusammengesetzte Linse, ein sogenanntes „Objectiv“, verwendet, und ebenso an Stelle der Augenlinse eine aus zwei Linsen bestehende Combination, ein sogenanntes „Ocular“. Der Gebrauch eines solchen zusammengesetzten Fernrohres ist aber im Princip genau derselbe wie des vorher erörterten einfachen.

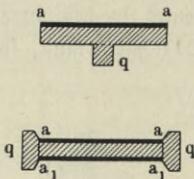
Um zu prüfen, ob das an einem Nivellirinstrument angebrachte Fernrohr für den Gebrauch beim Nivelliren genügend scharfe Bilder giebt, benutzt man am besten die in §. 290 beschriebene Nivellirlatte, indem man untersucht, bis zu welcher Entfernung bei guter Beleuchtung die Theilungsfelder noch scharf und rein zu erkennen sind, und ob das Bild der Latte keine störenden Verzerrungen erkennen läßt.

3. Der Nivellirapparat.

A. Die Nivellirlatten.

§. 290. Die Nivellirlatten ¹⁾ sind 3 oder 4 m lange, mit einer Centimetertheilung versehene Maßstäbe aus trockenem Tannenholz von T-förmigem oder doppelt-T-förmigem (etwa 1 cm starkem) Querschnitt, wie in Fig. 133

Fig. 133.



dargestellt ist. Die Querleisten q sollen das Werfen verhindern. Die Latte wird an beiden Enden mit einem kräftigen Metallbeschlag bedeckt. Die Fläche aa erhält einen guten, mattweißen Anstrich und wird sodann, ausgehend von der Unterkante 00 (Fig. 134), mit einer Centimetertheilung ²⁾ versehen. Zur bequemen und sicheren Ablesung werden die Abstände der Centimetertheilstriche abwechselnd mit rother ³⁾ Farbe ausgefüllt; dabei ist von besonderer Wichtigkeit, daß diese Bemalung übersichtlich wird und auch bei größeren Entfernungen deutlich ablesbar bleibt. Die Art der Bemalung kann natürlich in verschiedener Weise erfolgen; als eine sehr zweckmäßige und übersichtliche kann die in Fig. 134 dargestellte empfohlen werden. Es sind dabei sowohl die einzelnen Decimeter bequem zu erkennen, und außerdem durch die beige-schriebenen Zahlen $00, 01, 02 \dots 09, 10, 11 \dots$ ⁴⁾ sofort die beiden ersten Stellen der abzulesenden Zahlen angegeben und somit die Centimeter zu zählen, was durch die Abtrennung der Seitenstreifen von 5 zu 5 cm so erleichtert wird, daß Ablesefehler kaum vorkommen können.

¹⁾ Vergl. §. 278 und $l_1 l_2$, Fig. 114.

²⁾ Diese Theilung wird am besten mit einer Theilmaschine aufgetragen.

³⁾ Roth ist besser geeignet als schwarz.

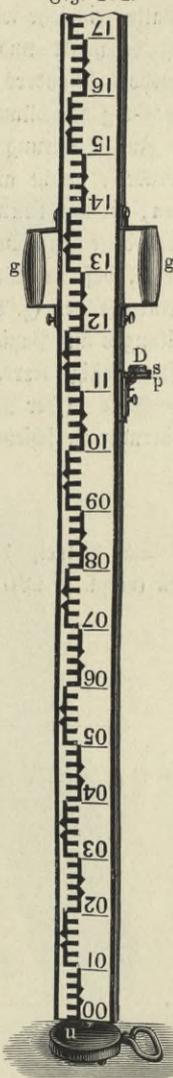
⁴⁾ Die Zahlen stehen umgekehrt wegen der Umkehrung der Bilder durch das Fernrohr (Fig. 130).

Die Feldgrenzen müssen sich genau mit den Centimeterlinien decken; jede Latte ist daraufhin vor dem Gebrauch sorgfältig mit einem guten Maßstab zu prüfen.

Zu einem vollständigen Nivellirapparat gehören zwei einander gleiche Latten. Beim Nivelliren nach der schematischen Darstellung der Fig. 115 (§. 279) ist es erforderlich, daß die Höhe des Fußpunktes der Latte, von der Herstellung des einen Höhenunterschiedes bis zum folgenden, unveränderlich erhalten bleibt. Hierzu dienen ¹⁾ eiserne Unterlegeplatten *u* von der Form, wie in Fig. 134 dargestellt ist. Diese Platten (von etwa 2,5 kg Gewicht) sind mit einem halbfugelförmigen Dorn versehen, der in eine entsprechende Höhlung des unteren Lattenbeschlages paßt. Beim Gebrauch müssen dieselben sorgfältig auf den Boden gelegt und mit dem Fuße festgetreten werden, so daß die Latte beim Umdrehen um die Mittellinie ihre Höhenlage unverändert beibehält. Die peinliche Beachtung dieses Umstandes ist eine der wichtigsten Grundbedingungen für die Erzielung guter Messungsergebnisse (§. 303). Zum Halten der Latten werden dieselben mit Handgriffen *gg* versehen, welche der Latten Träger mit der Hand ergreift, indem er auf der Rückseite der abzulesenden Theilung Stellung nimmt ²⁾.

Zur Einrichtung der Aze der Latte in die Lothlinie ist seitwärts unter einem der Handgriffe eine Dosenlibelle *D* befestigt. Wenn die Aze der Dosenlibelle parallel der Lattenaxe ist, so steht diese lothrecht, sobald die Libelle einspielt (vergl. Fig. 118, §. 281). Es muß demnach der Aze der Libelle diese Stellung mit Hilfe der in §. 281 erwähnten Libellenschrauben gegeben werden. Das einfachste Verfahren, die Libelle in diese Stellung zu bringen, ist das folgende: die Latte wird durch Anlehnen an eine Stütze ³⁾ mit Hilfe eines Schnurlothes sorgfältig in eine lothrechte und feste Stellung gebracht, und dann durch Benutzung der Libellenschrauben die Blase auf den Normalpunkt eingestellt ⁴⁾. Es ist nicht empfehlenswerth, die Libelle ohne Berichts-

Fig. 134.



¹⁾ Falls die Lattenpunkte nicht durch fest in den Erdboden getriebene Pfähle gebildet werden, was übrigens nur in seltenen Fällen vortheilhaft sein wird.

²⁾ Zur Unterstüzung des ruhigen Haltens ist es besonders bei windigem Wetter empfehlenswerth, gleichzeitig mit den Handgriffen je einen Stab (Fluchstab) zu fassen, der seitwärts auf den Boden gestüzt wird.

³⁾ Z. B. eine Tischkante, ein Stativ etc.

⁴⁾ Die Berichtigung durch Umdrehen um die Lattenaxe ist zwar an sich einfacher, bedarf aber besonderer Hülfsmittel.

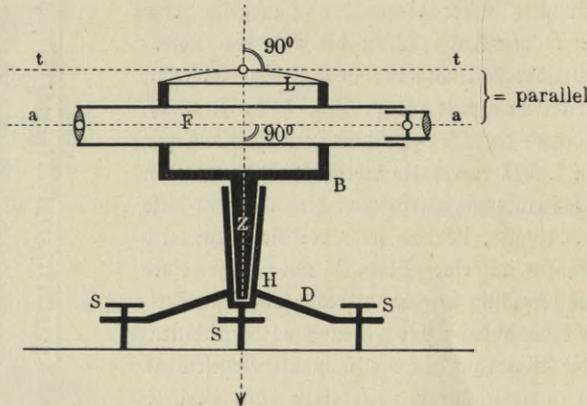
gungsschrauben ein für alle Mal fest mit der Latte zu verbinden, da durch einen Stoß eine Verbiegung des Libellenträgers möglich ist, und dadurch die Libelle unbrauchbar würde. — Es sei noch besonders darauf hingewiesen, daß die Latten ein sehr wichtiger Theil des Nivellirapparates sind, daher sehr sorgfältig behandelt und aufbewahrt werden müssen. Es empfiehlt sich beim Transport, besonders auf der Eisenbahn oder auf Wagen, die Latten durch eine Verpackung von dünnen Brettern gegen Beschädigung zu schützen.

Zur Sicherung der Nivellementsergebnisse ist es zweckmäßig, Latten zu verwenden, welche auf beiden Seiten (aa und $a'a'$, Fig. 133) Theilungen tragen, die um einen bestimmten Betrag gegen einander verschoben sind; wir werden diese Anordnung später näher betrachten (§. 312). Endlich sei noch bemerkt, daß zu flüchtigen Aufnahmen und bei minder genauen Arbeiten in einzelnen Fällen (z. B. auf Reisen) als Ersatz der genau getheilten Latten auch Theilungen auf Papier oder Bandstreifen, welche auf irgend einem Stab durch Stifte befestigt werden, Verwendung finden können¹⁾. Ebenso können für solche Fälle in der Mitte um ein Gelenk zusammenlegbare Latten, oder auch in einander zu schiebende Latten (Auszuglatten) manchmal von Vortheil sein.

B. Das Nivellirinstrument.

§. 291. Das Princip des Nivellirens verlangt die Herstellung horizontaler Ziel-
linien (vergl. §. 280). Dazu dient das Nivellirinstrument, welches die Ver-

Fig. 135.

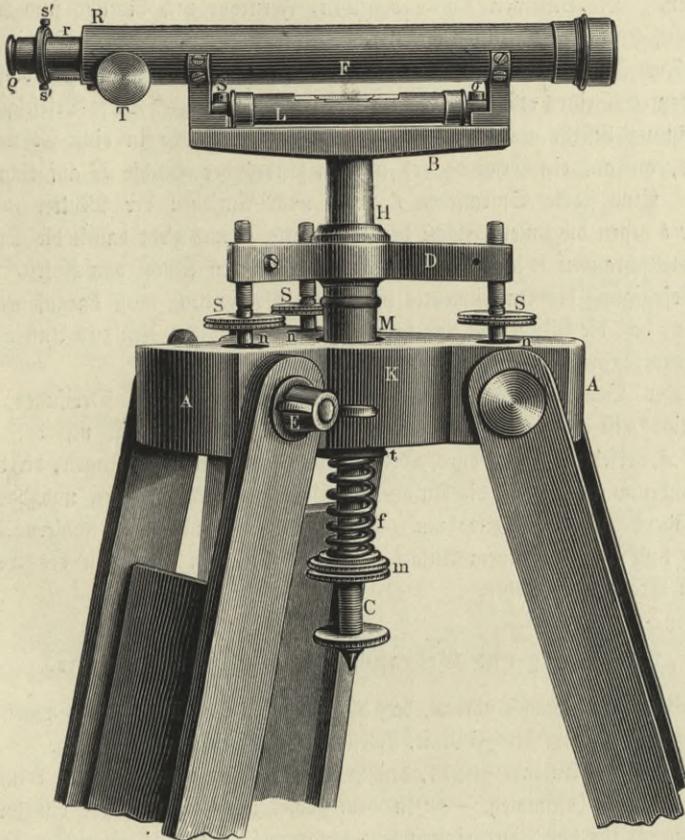


bindung eines mit einer Zielvorrichtung versehenen Fernrohres mit einer Libelle ist, wie bereits in §. 282 an Fig. 121 erörtert wurde. Wir haben dort gesehen, daß, wenn die Absehlinie aa parallel der Libellenaxe tt ist, die Absehlinie horizontal eingerichtet ist, sobald die Blase auf den Normalpunkt der Libelle einspielt. Je nach der Art der Verbindung von Libelle und Fernrohr

¹⁾ Diese getheilten Streifen sind als „Nivellirbänder“ käuflich.

kann diese Grundbedingung der Parallelität zwischen Libellenaxe und Abschlinie in verschiedener Weise erreicht werden. Von den verschiedenen möglichen Arten der Instrumentanordnung ist die in Fig. 135 schematisch dargestellte, welche auf der festen Verbindung von Fernrohr und Libelle beruht, für unsere Zwecke die geeignetste. Ein kräftiger Tragbalken *B*, welcher, wie in der Figur angegeben, mit einer kegelförmig abgedrehten Axe *Z* in fester Verbindung steht, trägt das Fernrohr *F* und die Libelle *L*¹⁾. Diese Zusammensetzung ruht mit

Fig. 136.



Einfaches Nivellirinstrument von Max Wolz in Bonn.

der Drehaxe *Z* in einer genau zu dieser passenden Hohlaxe *H* (der „Büchse“), welche von einem Dreifußgestell *D* getragen wird. Dieser Unterbau²⁾ ermög-

¹⁾ Es ist zweckmäßig, die Libelle auf dem Träger *B* zwischen diesem und dem Fernrohr zu befestigen (Fig. 136), da auf diese Weise die Libelle besser vor Beschädigungen geschützt ist.

²⁾ Eine andere Art des Unterbaues und der Horizontirvorrichtung wird später in §. 298 bei Fig. 144 erwähnt werden.

licht es, durch drei Stellschrauben *S* in einfacher Weise sowohl die Aze *Z* lothrecht zu richten, als auch nach beliebigen Richtungen hin mit dem Fernrohr horizontale Ziellinien herzustellen, sobald nur Libellenaxe und Absehlinie rechtwinkelig zur Drehaxe sind.

Die Aze *Z* muß aus gehärtetem Stahl hergestellt sein, das Material der übrigen Theile ist Guß (Messing oder Eisen).

§. 292. Die Ansicht eines solchen einfachen Instrumentes ist durch Fig. 136 (a. v. S.) gegeben. Die einzelnen Theile desselben, Fernrohr und Libelle, sind früher (§. 282, 283 und §. 285 bis 289) speciell behandelt worden.

Das Instrument wird durch eine besondere Vorrichtung auf der Oberfläche des Kopfes *K* eines etwa 1,5 m hohen Dreifußes befestigt. Diese Befestigungsvorrichtung besteht aus einer Schraubenstange *C*, welche in eine Mutter *M* endigt, die auf ein Gewinde des unteren Endes der Büchse *H* aufgeschraubt wird. Eine starke Spiralfeder *f* preßt nach Anziehen der Mutter *m* den Teller *t* gegen die untere Fläche der Kopfplatte *K* und zieht damit die Spitzen der Stellschrauben *S* in die Nuthen *n* auf der oberen Fläche von *K* fest. [Bei der Befestigung des Instrumentes mit dieser Vorrichtung muß darauf geachtet werden, daß die Mutter *m* nur so weit angezogen wird, daß das Instrument genügend fest sitzt; ein zu starkes Anziehen ist schädlich¹⁾.]

Der Bau des das Instrument tragenden hölzernen Dreifußes, des „Stativs“, ist aus der Figur ersichtlich. Die Kopfplatte *K* ist mit drei Ansätzen *A* versehen, welche durch Gelenkbolzen die Stativbeine tragen, die durch Schraubenmutter *E* an die Ansätze festgeschraubt werden können und dadurch eine sichere Aufstellung gewähren. Die Stativbeine endigen in stählerne Fußspitzen und sind mit einem Ansatz *g* (Fig. 137), zum Festtreten des Beines in den Erdboden, versehen.

Aufstellung und Gebrauch des Nivellirinstrumentes.

§. 293. Wir setzen zunächst voraus, daß die in §. 291 gestellten Bedingungen für die gegenseitige Lage der Ziellinie, Libellen- und Drehaxe erfüllt seien.

Es sei die Aufgabe gestellt, den Höhenunterschied zweier Punkte 1 und 2 (Fig. 138) zu bestimmen. — Zu dem Zweck wird im Gelände ein solcher Standpunkt für das Nivellirinstrument ausgewählt, daß die horizontalen Absehlinien desselben die in 1 und 2 aufgerichteten Nivellirlatten I und II treffen werden. Hier wird das Stativ so aufgestellt, daß die Kopfplatte desselben nach Augenmaß horizontal steht, und in dieser Stellung das Stativ festgetreten. Dann wird zunächst die Drehaxe des Instrumentes lothrecht gerichtet. Dazu braucht nur, da nach der Voraussetzung die Libellenaxe rechtwinkelig zur Drehaxe ist, durch Benutzung der Stellschrauben *S* die Libellenaxe so eingerichtet zu werden, daß die Blase nach allen Richtungen hin auf den Normalpunkt ein-

¹⁾ Eine andere Befestigung ist in Fig. 144 angegeben.

spielt. Um das zu erreichen, wird das Fernrohr so gedreht, daß die Libelle parallel zu zwei Stellschrauben $S_1 S_2$ (vergl. Fig. 139, Lage I) steht und die Blase zum Einspielen gebracht; nun wird das Fernrohr um 90° gedreht, so daß die Libelle über die dritte Schraube S_3 (Fig. 139, Lage II) gerichtet ist, und die Blase wieder zum Einspielen gebracht. Danach wird zur Prüfung der richtigen Stellung wieder Lage I hergestellt, ein etwaiger Blasenaus Schlag beseitigt und so fort, bis eine allgemeine „Horizontirung“ der Absehnlinie erzielt ist, denn nach unserer Voraussetzung ist durch die vorgenommene Lothrecht- richtung der Drehaxe erreicht, daß die Absehnlinie horizontal steht.

Nun wird das Fernrohr¹⁾ auf die Latte I gerichtet, so daß der lothrechte Faden ungefähr die Mitte der Latte trifft, und mit Hilfe des Triebes der Ocularauszug so verschoben, daß die Lattentheilung deutlich erscheint. Danach wird nochmals die Stellung der Blase der Libelle controlirt und eventuell verbessert, und nun derjenige Punkt der Theilung an der von einem Gehülfsen

Fig. 137.

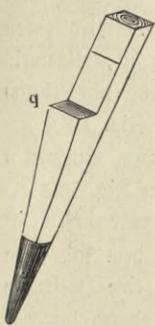


Fig. 138.

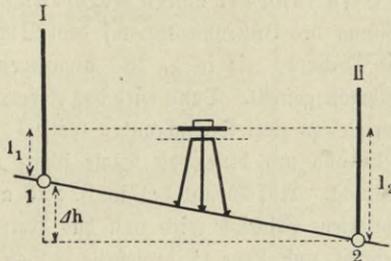
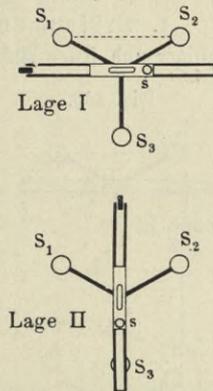


Fig. 139.



genau lothrecht gehaltenen Latte abgelesen, an welchem der Horizontalfaden in dieselbe einschneidet. Es sei z. B. diese Ablefung $l = 0,475$ m. Wird nun, ohne daß an der Stellung des Instrumentes das Geringste geändert wird, das Fernrohr durch vorsichtiges Drehen um die Drehaxe auf die Latte II gerichtet und durch dasselbe Verfahren die Ablefung, z. B. $l_2 = 1,413$ m, gewonnen, so ist nach Formel 1^a), §. 278 der Höhenunterschied

$$\Delta h = + l_1 - l_2 = 0,475 - 1,413 = - 0,938 \text{ m.}$$

Bei jeder Zielung nach einer Latte wird ein kleiner, unvermeidlicher Fehler §. 294. begangen, sowohl bei der Einstellung der Libelle, als auch bei der Ablefung an der Theilung der Latte. Wenn nun die Zielweiten gleich lang genommen werden, so sind im Allgemeinen dieselben Bedingungen für die Sicherheit jeder Ablefung gegeben; fernerhin ist dabei auch die von der Entfernung abhängige Einwirkung der Strahlenbrechung in der Luft und der Erdkrümmung (§. 277)

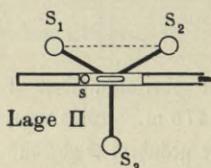
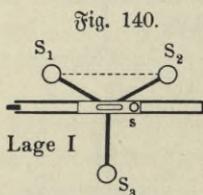
¹⁾ Nach §. 288 zum Gebrauch durch Einstellen des Oculars bereits hergerichtet.

ohne Einfluß auf das Resultat. Endlich kommt als ein weiterer Vortheil der Benutzung gleicher Zielweiten für die Bestimmung eines Höhenunterschiedes in Betracht, daß, da eine Verstellung des Ocularkopfes zwischen der Ableseung l_1 und l_2 dabei nicht nothwendig ist, ein etwaiger unsicherer Gang des Auszugsrohres, der eine Verschiebung der Ziellinie ¹⁾ zur Folge haben würde, unschädlich bleibt. Alle diese ²⁾ Umstände machen es nothwendig, daß, um zuverlässige Bestimmungen zu erlangen, bei der Messung von Höhenunterschieden die Ziellinien nach den beiden Latten gleich lang genommen werden.

§. 295. Bisher war vorausgesetzt worden, daß die in §. 291 geforderten Bedingungen, nämlich Libellenaxe und Ziellinie unter einander parallel und rechtwinkelig zur Drehaxe, erfüllt seien. Es muß daher vor dem Gebrauche des Instrumentes festgestellt werden, ob diese Bedingungen erfüllt sind, und zwar ob:

1. Libellenaxe rechtwinkelig zur Drehaxe und
 2. Absehlinie parallel zur Libellenaxe ist,
- } vergl. Fig. 135 und 121.

1. Prüfung und Erfüllung der ersten Forderung. — Nach sorgfältiger und fester Aufstellung des Instrumentes auf dem Stativ wird zuerst



die Drehaxe, wie in §. 293 angegeben ist, allgemein lothrecht gestellt. Dann wird das Fernrohr (mit Libelle) parallel zu zwei Stellschrauben (Lage I, Fig. 140) gestellt und mit diesen die Blase scharf zum Einspielen gebracht. Auf Grund des in §. 283 an Fig. 124 erläuterten Principes wird nun das Fernrohr um 180° gedreht und Lage II hergestellt. Von dem sich etwa zeigenden Ausschlag der Blase wird die eine Hälfte an den Fußschrauben $S_1 S_2$ beseitigt und dadurch die Axe lothrecht gerichtet, die andere Hälfte dagegen an der Berichtigungsschraube s der Libelle, indem durch vorsichtiges Lüften oder Anziehen derselben die Blase bis auf den Normalpunkt geführt wird. Danach wird die allgemeine

„Horizontirung“ durch Einrichtung über Schraube S_3 (vergl. Fig. 139, Lage II) verbessert und nun durch Wiederherstellung der Lage I und II die Berichtigung geprüft, und wenn erforderlich, so lange wiederholt, bis ein merklicher Libellenausschlag zwischen den beiden Lagen sich nicht mehr zeigt.

§. 296. 2. Prüfung und Erfüllung der zweiten Forderung. — Zur Prüfung, ob die Libellenaxe parallel zur Zielaxe ist, dient das in §. 293 beschriebene Nivellirverfahren. — Wären nicht, wie dort vorausgesetzt wurde, die

¹⁾ Durch Heben oder Senken des vom Ocularkopf getragenen Fadentkreuzes. — Ein ganz tadelloser Gang des Ocularauszuges ist nicht leicht zu erzielen und nur bei großer Vorsicht auf die Dauer zu erhalten.

²⁾ Ein weiterer Grund wird in §. 296 hinzukommen.

beiden Axen einander parallel, so würden bei einspielender Blase die Abschnitten geneigt sein. Wenn aber die Zielweiten z , wie in Fig. 141 angegeben ist, genau gleich sind, so sind die Zielpunkte p_1 und p_2 an beiden Latten um das gleiche Stück d nach unten (oder oben) gegen die Horizontale verschoben, und der Höhenunterschied wird daher ebenso erhalten werden, als wenn die Ziellinien horizontal gewesen wären, denn es ist

$$\Delta h = (l_1 + d) - (l_2 + d) = l_1 - l_2.$$

Wir können daher richtige Höhenunterschiede bestimmen, selbst wenn die oben eingeführte Bedingung nicht erfüllt ist, wenn nur genau gleiche Zielweiten zur Höhenunterschiedbestimmung verwendet werden. — Dies ist der vorhin in §. 294 erwähnte weitere, sehr wichtige Grund für die Benutzung gleicher Zielweiten, indem wir dadurch unabhängig von der Erfüllung der genannten Bedingung werden. Sobald wir aber in die Lage kommen, ungleiche Zielweiten benutzen zu müssen, und das ist bei der Aufnahme zerstreut liegender Geländepunkte stets der Fall, würden die Höhenangaben unrichtig werden, so daß wir also gezwungen sind, jene Forderung zu erfüllen¹⁾.

Dazu ist nur nothwendig, einen bereits mit gleichen Zielweiten, also richtig bestimmten Höhenunterschied mit möglichst ungleichen Zielweiten zu bestimmen. Das Verfahren ist demnach das folgende:

Es werden in möglichst ebenem Gelände, z. B. auf einem Wege, zwei Nivellirlatten I und II in etwa 100 m Entfernung²⁾ von einander auf fest eingetretenen Unterlagsplatten (*u*, Fig. 134) aufgehalten und sodann das Instrument so aufgestellt, daß die Zielweiten nach beiden Latten hin gleich sind. Die Gleichheit dieser Entfernungen wird durch sorgfältiges Abschreiten hergestellt. Sodann wird der Höhenunterschied bestimmt, z. B.

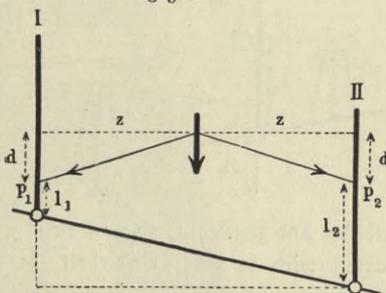
$$\Delta h = l_1 - l_2 = 0,475 - 1,413 = - 0,938.$$

Diese Bestimmung wird der Sicherheit wegen wiederholt, z. B.

$$0,476 - 1,412 = - 0,936.$$

Das Mittel der beiden Resultate, 0,937 m, liefert somit den gesuchten richtigen Unterschied. — Nun wird, indem die Latten I und II unverändert stehen

Fig. 141.



¹⁾ Wenigstens so weit zu erfüllen, daß kein merklicher Unterschied der Stücke d mehr zu befürchten ist und eine geringe Ungleichheit der Zielweiten vernachlässigt werden darf.

²⁾ Bei dieser Entfernung wird sowohl eine scharfe Bestimmung des Höhenunterschiedes erreicht, als auch eine entsprechende Länge für die Ziellinien gewonnen.

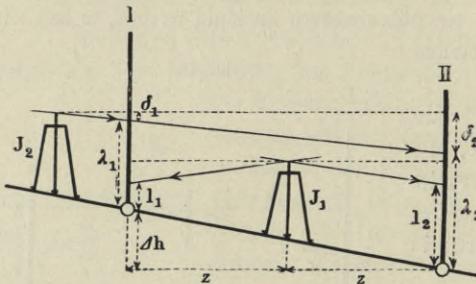
bleiben, das Instrument so nahe an eine der Latte, z. B. I (Fig. 142) gebracht, daß noch deutlich die Ableftung genommen werden kann, z. B. bis zu einer Entfernung von 5 m. Bei dieser Instrumentstellung J_2 wird an der nahen Latte, also hier an I, die Ableftung gemacht, z. B. $\lambda_1 = 1,500$ m. Wenn nun die beiden Axen, Ziel- und Libellenaxe, einander parallel sind, so muß an der Latte II bei ein spielender Libelle die Ableftung

$$\lambda_2 = \lambda_1 - \Delta h = 1,500 + 0,937 = 2,437$$

erscheinen. Ist das nicht der Fall, so sind die Axen nicht parallel, und der Unterschied rührt her von den in Folge der Ungleichheit der Zielweiten verschiedenen Abständen δ_1 und δ_2 von der Horizontalen.

Wenn nun die Entfernung von der Latte I möglichst klein gewählt wurde, so können wir für eine erstmalige Einrichtung der Axen den Unterschied δ_1 außer Acht lassen und die ganze Abweichung dadurch beseitigen, daß wir durch

Fig. 142.



Benutzung der Schraubchen s' (Fig. 132 u. 136) das Fadentkrenz so verschieben, daß die berechnete Ableftung 2,437 an der Latte II erscheint. Ist das erreicht, so wird noch einmal die Ableftung λ_1 an Latte I vorgenommen, wieder

$$\lambda_1 - \Delta h$$

gebildet und zugehoben, ob nun diese geforderte Ableftung erscheint. Das Verfahren wird so lange wiederholt, bis eine merkliche Abweichung nicht mehr stattfindet. Es ist besonders darauf zu achten, daß die Berichtigungsschrauben s' sorgfältig (§. 289) festgezogen werden, da sonst die richtige Stellung des Fadentkrenz nicht lange erhalten bleibt ¹⁾.

Das ganze Berichtigungsverfahren besteht demnach

1. in der Einrichtung der Libellenaxe rechtwinkelig zur Drehaxe mit der Libellenschraube (§. 295);
2. in der Parallelstellung der Absehnlinie und Libellenaxe mit der Fadentkrenzschraube (§. 296).

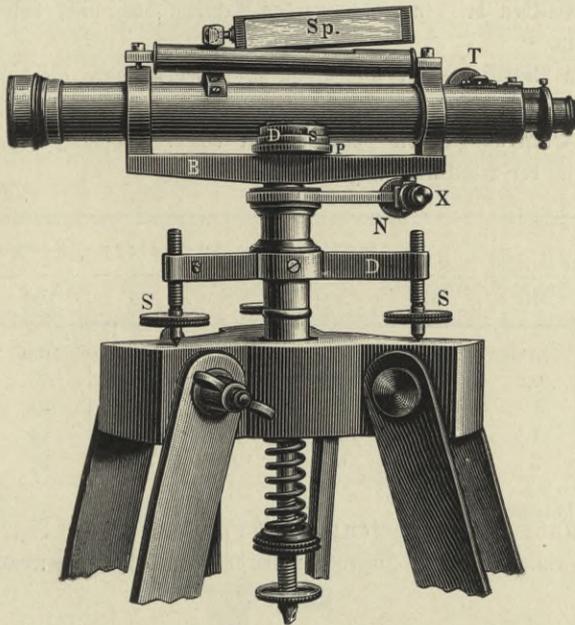
§. 297.

Die bisher besprochene Instrumentform ist die geeignetste für die uns interessirende Anwendung des Nivellirens. Es ist aber empfehlenswerth, diese einfache Form durch einige Beigaben zu vervollständigen und für den Gebrauch bequemer zu machen; sehr zweckmäßige Vervollständigungen dieser Art sind 1. eine Feinbewegsvorrichtung, 2. eine Dosenlibelle, 3. ein Libellenspiegel.

¹⁾ Anfänger finden in der Ausführung dieser Berichtigung zuweilen einige Schwierigkeiten; es ist daher in solchen Fällen mit besonderer Sorgfalt zu verfahren.

Ein hiernach vervollständigtes Nivellirinstrument ist in Fig. 143 dargestellt. — Die Feinbewegungsrichtung *X*, welche nach Anziehen der Klemmschraube *k* (vergl. Fig. 147) durch Benutzung der Feinjustirschraube *N* geringe Drehungen auszuführen gestattet, ist in manchen Fällen von Vortheil, besonders aber bei der Ausführung der Berichtigung des Instrumentes und bei ungünstigen äußeren Verhältnissen (Wind, Kälte). — Zur schnelleren allgemeinen Horizontirung ist eine Dosenlibelle sehr zweckmäßig; dieselbe wird am besten auf einer von dem Balken *B* getragenen Platte befestigt (Fig. 143 und 147). Die

Fig. 143.



Nivellirinstrument von Max Wolz in Bonn.

Axe dieser Dosenlibelle soll parallel zur Drehaxe sein, damit diese lothrecht steht, sobald die Blase einspielt (Fig. 118, S. 281). Diese Stellung wird dadurch erreicht, daß nach genauer Lothrechtstellung der Drehaxe mit Hilfe der Röhrenlibelle die Blase der Dosenlibelle mit den Schraubchen *s* (Fig. 117, 143 und 147) zum Einspielen gebracht wird. — Ein seitlich¹⁾ der Libelle angebrachter Spiegel *Sp* (Fig. 143) ermöglicht es, die Blase scharf zum Einspielen zu bringen, ohne das Auge vom Ocular, wo sich dasselbe zur Betrachtung der Zielsecala befindet, entfernen zu müssen.

Bei Neuanschaffung eines Instrumentes für den vorliegenden Zweck ist ein Instrument in der zuletzt beschriebenen Anordnung am meisten zu empfehlen.

¹⁾ Die seitliche Lage des Spiegels ist günstiger als die Lage über der Libelle, weil bei ersterer die Blase viel schärfer sichtbar ist.

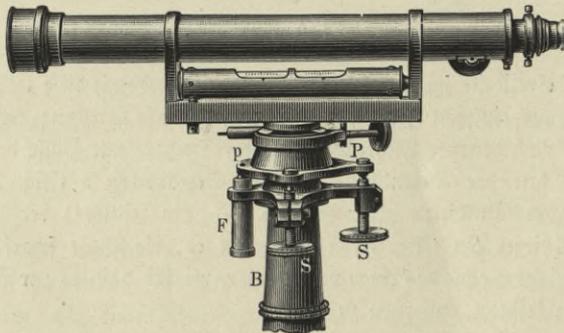
Dasselbe soll einfach, aber möglichst kräftig gebaut sein. Dies wird am besten durch die feste Verbindung der einzelnen Theile erreicht. Das Fernrohr soll eine etwa 20- bis 25fache Vergrößerung, bei etwa 30 cm Länge und 30 mm Objectivdurchmesser haben, die Libelle eine Angabe von etwa 25 bis 30". Diese Verhältnisse genügen für alle Nivellirarbeiten des Culturatechnikers. — Kleinere Instrumente mit geringeren Leistungen sind zwar etwas billiger, aber dafür auch weniger allgemein verwendbar und weniger solid. — Größere Instrumente, d. h. Instrumente mit stärkerer Vergrößerung und empfindlicheren Libellen, sind entsprechend theurer, und ihre Verwendung ist unvortheilhaft, da die Leistungsfähigkeit derselben bei den vorkommenden Arbeiten doch nicht voll ausgenutzt werden kann.

Einen Begriff von der Bedeutung der Libellenangabe giebt die folgende Tabelle, welche die Abweichungen (in Millimetern) enthält, die bei den angegebenen Entfernungen die Ziellinien bei einem Ausschlag der Blase von einem Strich der Libellentheilung erleiden.

Angabe der Libelle	Entfernung in Metern						
	10	20	30	50	70	100	200
"	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10	0,5	1	1,5	2	3	5	10
20	1	2	3	5	7	10	19
30	1,5	3	4	7	10	14	29
40	2	4	6	10	14	19	39

§. 298. Besondere Instrument-Constructionen. — Im Folgenden sollen noch einige besondere Instrumentanordnungen besprochen werden.

Fig. 144.



Nivellirinstrument mit Stellplatte auf einem Zapfenstativ von Max Hildebrand in Freiberg i. S.

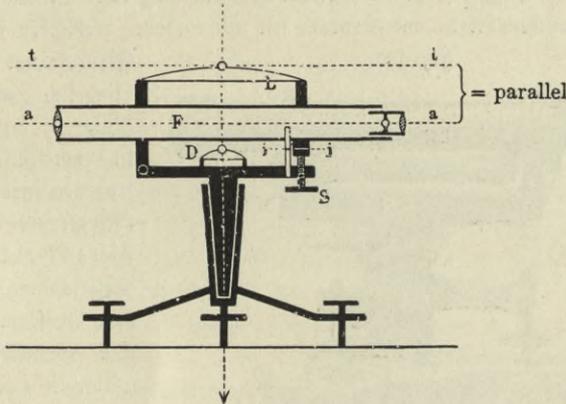
An Stelle des an den Figuren 135, 136 und 143 erläuterten Dreifußes *D*, welcher mit den drei zur Horizontirung dienenden Stellschrauben *S* auf

der Kopfplatte *K* des Stativs ruht, werden zuweilen andere Arten des Unterbaues verwendet. In Fig. 144 ist ein solcher zur Darstellung gebracht. Das Stativ endigt in einem Zapfen, auf welchem die das Instrument tragende Büchse *B* ruht. Durch zwei gegen eine Stellplatte *p* wirkende Schrauben *S* mit Gegenfedern *F* läßt sich die Horizontirung¹⁾ sehr schnell und bequem erzielen. Das Instrument entspricht bezüglich seiner Brauchbarkeit dem früher behandelten.

Besonders bei kleineren Instrumenten werden von den Mechanikern noch andere Arten des Unterbaues und der Horizontirung angebracht. Alle diese Constructionen sind im Princip ebenso zu behandeln wie die Grundform, so lange nur Drehaxe, Fernrohr und Libelle in fester Verbindung sind. Wenn das aber nicht der Fall ist, bleiben zwar die Aufstellung und der Gebrauch beim Nivelliren dieselben, aber die Ausführung der Berichtigung kann in anderer Weise erfolgen. In dieser Beziehung sind verschieden von der behandelten Grundform: 1. Instrumente mit einer Feinstellschraube für jede Höhenrichtung, und 2. Instrumente mit umlegbarem Ringfernrohr.

1. Instrumente mit einer Feinstellschraube für jede Höhenrichtung. — Bei dieser Anordnung soll die allgemeine Horizontirung nur genähert erfolgen²⁾, und mit der Feinstellschraube die Blase bei jeder Ablefung scharf zum Einspielen gebracht werden. In der nebenstehenden Fig. 145 ist

Fig. 145.



die schematische Zeichnung eines Instrumentes gegeben, bei welchem Fernrohr und Libelle unter sich in fester Verbindung, aber durch eine Feinstellschraube *S* gegen den Unterbau verstellbar sind. Die Ausführung der Berichtigung geschieht, nachdem die Feinstschraube in eine mittlere Stellung gebracht, oder auf

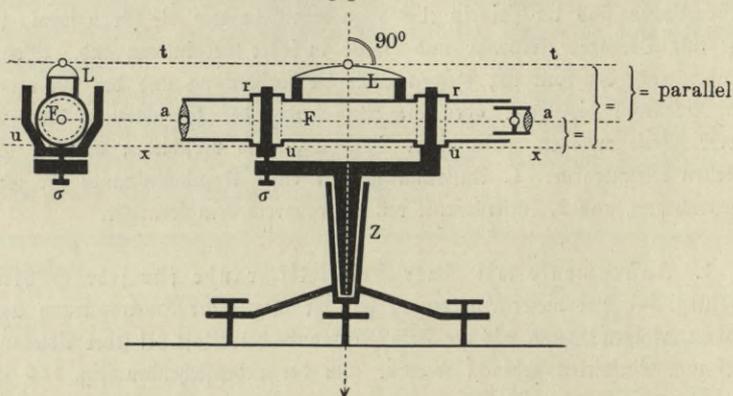
¹⁾ Mit Hilfe der Hauptlibelle und einer kleinen in der Figur nicht gezeichneten Querlibelle.

²⁾ Zweckmäßig mit einer Dojenlibelle (vergl. *D*, Fig. 145).

eine zu dem Zweck vorgesehene Marke *i* eingestellt ist, genau wie bei der Grundform, indem nach der erwähnten Einstellung der Feinschraube die jener Form entsprechende feste Verbindung hergestellt ist, so lange die Feinschraube nicht bewegt wird. Es muß also sorgfältig darauf geachtet werden, daß diese bei der Verichtigung nicht verstellt wird.

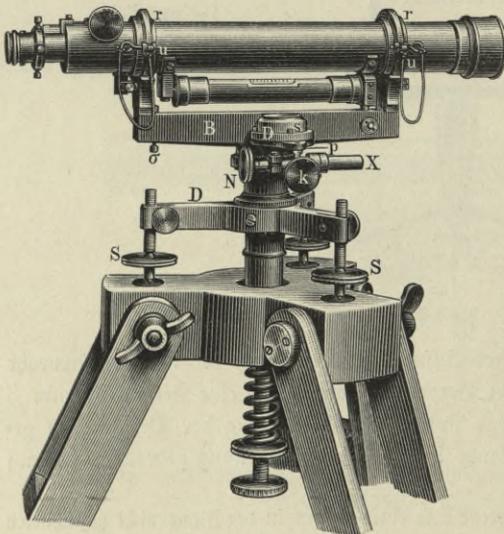
§. 300. 2. Instrumente mit umlegbarem Ringfernrohr. — Diese Anordnung soll eine schärfere und bequemere Ausführung der Verichtigung ermög-

Fig. 146.



lichen. In der Fig. 146 ist die schematische Zeichnung eines Instrumentes gegeben, bei welchem Libelle und Fernrohr fest mit einander verbunden sind.

Fig. 147.



Nivellirinstrument mit umlegbarem Ringfernrohr von Max Wolz in Bonn.

Das Fernrohr hat genau cylindrisch angeordnete Ringe *r*, mit denen es in vom Unterbau getragenen Lagern *u* ruht (Ringfernrohr). Die Fig. 147 giebt die Ansichtzeichnung eines solchen Instrumentes. — Die Grundbedingung: „Absehlinie parallel zur Libellenaxe“, wird erreicht durch Benutzung der Ringaxe in der folgenden Weise:

I. Es wird die Libellenaxe *tt* parallel zur Lageraxe *xx* gemacht. — Nach Ausführung

der allgemeinen Horizontirung (§. 293) wird das Fernrohr parallel zu zwei Stellschrauben $S_1 S_2$ gestellt, und die Libelle scharf zum Einspielen gebracht (Lage I, Fig. 148), dann wird das Fernrohr aus den Lagern uu gehoben und in die Lage II umgelegt. Durch Beseitigung der Hälfte des etwa sich zeigenden Ausschlages an der Libellenschraube s ist die Lagerlinie xx und damit ¹⁾ die Ringaxe aa parallel zur Libellenaxe tt gemacht, wie im Princip an Fig. 126, §. 284, erläutert wurde.

II. Nun wird die Absehnlinie in die geometrische Axe der Lagerringe gebracht. — Zu dem Zweck wird das Fernrohr auf einen scharf bezeichneten Punkt, am besten auf einen Theilpunkt einer etwa 100 m entfernten, fest aufgestellten Nivellirlatte, eingerichtet, sodann vorsichtig um seine Längsaxe in den Lagern gedreht ²⁾ und zugeesehen, ob das Fadenzentrum den angezielten Punkt nicht verläßt. Bleibt der angezielte Punkt stets gedeckt, so fallen Absehnlinie und Ringaxe zusammen, im anderen Falle muß durch Verschiebung des Fadenzentrumstrahmens, der zu dem Zweck durch vier Schrauben $s_1 s_2 s_3 s_4$ (Fig. 149) gehalten wird, die Abweichung beseitigt werden. Dadurch ist dann die Absehnlinie aa parallel zur Lagerlinie xx gemacht, und da diese nach I. parallel zur Libellenaxe ist, so ist damit die Forderung: „Absehnlinie parallel zur Libellenaxe“ erfüllt.

III. Zur bequemen Benutzung des Instrumentes bei allgemeiner Horizontirung wird nun noch die Drehaxe z rechtwinklig zur Libellenaxe tt gestellt, in der Weise, wie in §. 295 angegeben wurde. Nur müssen hierbei natürlich Fernrohr- und Libellenaxe ihre soeben erlangte Stellung gegen einander unverändert beibehalten, und die Einrichtung der Drehaxe durch Neigung der Tragaxe xx an der zu dem Zweck erforderlichen Berichtigungsschraube des Lagers σ (Fig. 146 und 147) vorgenommen werden.

Ist bei dieser Instrumentanordnung eine Feinstellschraube (wie bei Fig. 145) angebracht, oder bewegt sich das Fernrohr um eine Kippaxe, so fällt diese Einstellung der Libellenaxe zur Drehaxe überhaupt weg.

Da die Fernrohre mit Lagerringen einer besonders schonenden Behandlung bedürfen, bei starker Benutzung des Instrumentes die Lagerringe leicht ausschleifen, und noch andere diese Instrumentenform complicirende Umstände

Fig. 148.

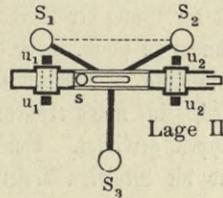
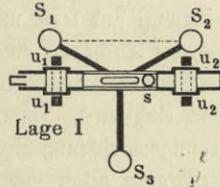
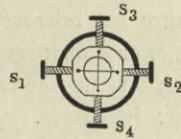


Fig. 149.



¹⁾ Unter der Voraussetzung genau gleicher Ringdurchmesser.

²⁾ Gerollt.

hinzukommen¹⁾, so sind diese Instrumente mit umlegbarem Fernrohr für die Arbeiten des Culturtechnikers nicht empfehlenswerth. Noch weniger ist das der Fall, wenn die Libelle als sogenannte „Reiterlibelle“ lose auf die Fernrohrringe aufgesetzt wird. Es sollten daher derartige Instrumentenformen, welche für Präcisionsinstrumente allerdings in Betracht kommen, bei Neuanschaffungen für die vorliegenden Zwecke vermieden werden.

- §. 301. Bemerkungen für die Behandlung der Instrumente. — Nach jedem Gebrauch ist das Instrument sorgfältig äußerlich mit einem Pinsel oder Lappen von Staub zu reinigen. Die Linsen sind durch Anblasen oder Abpinseln staubfrei zu machen und dann mit einem weichen Leder- oder Tuchlappen vorsichtig abzureiben. Die Stahltheile (besonders die an der Feinstellvorrichtung) sind leicht mit reinem Del einzusetzen. Zeigt nach längerem Gebrauch die Drehaxe \approx einen zu schweren Gang, so wird dieselbe vorsichtig aus der Büchse herausgehoben, mit einem weichen Lappen gereinigt und dann schwach eingesetzt. Zum Ausheben der Axe muß zunächst die Feder der Feinbewegungsvorrichtung abgenommen und die am unteren Ende der Axe sitzende Halteschraube gelöst werden. Beim Wiedereinsetzen ist sorgfältig darauf zu achten, daß die Axe nicht durch Anstoßen an den Büchsenrand beschädigt wird. Ist der Gang der Drehaxe bei einem Instrument der in Fig. 144 dargestellten Bauart zu schwer geworden, so ist es gerathen, dasselbe einem Mechaniker zur Reinigung zu übergeben. — Die Stellschrauben werden, wenn erforderlich, durch Hin- und Herschrauben in einem mit Del (oder Petroleum) angefeuchteten Lappen gereinigt. Um gleichmäßigen Gang der Stellschrauben zu erzielen, sind die Muttern derselben geschliffen und werden durch Querschraubchen zusammengehalten. Diese sind so anzuziehen, daß ein sanfter Anschluß zwischen Stellschraube und Mutter stattfindet. Das Einsetzen des Instrumentes in den Tragkasten hat besonders sorgfältig zu geschehen. Es darf dabei niemals die Klemmschraube angezogen sein, so daß das Instrument jedem Druck nachgeben kann; erst wenn dasselbe vollständig fest im Kasten gelagert ist, wird die Schraube festgezogen. — Zum Schutz des Instrumentes gegen plötzlich eintretenden Regen ist im Kasten stets ein wasserdichter Ueberzug mitzuführen.

4. Das Nivellirverfahren.

- §. 302. Die Grundaufgabe der Höhenbestimmung durch geometrisches Nivellement läßt die durch die Formeln 1^{a)} 1^{b)} und 2^{a)} 2^{b)} (§. 278) ausgedrückten Lösungen zu. Jeder dieser Lösungen entspricht ein Verfahren der Höhenbestimmung, und zwar:

¹⁾ Es ist, um in jeder Beziehung über den Erfolg der Berichtigung gesichert zu sein, zu empfehlen, dieselbe nach dem für das einfache Instrument in §. 295 und 296 beschriebenen Verfahren beim Nivelliren zu prüfen.

1. Die Höhenunterschiedbestimmung in einem fortlaufenden Zuge zwischen den Punkten 1 und 2, 2 und 3, 3 und 4 und so fort bis $n - 1$ und n (Fig. 115), dem „Nivellementszug“ mit stets wechselnden Instrumentständen auf Grund der Formel:

$$\Delta h_n = l_1 - l_n \dots \dots \dots 1^a)$$

$$h_n = h_1 + \Delta h_n \dots \dots \dots 1^b)$$

(Vergl. §. 305, Tabelle I, Spalte 4 und 5, obere Formel.)

2. Die Aufnahme von Geländepunkten von einem Instrumentstand aus unter Ableitung der Höhe der Ziellinie nach der Formel:

$$h_i = h_1 + l_i \dots \dots \dots 2^a)$$

$$h_n = h_i - l_n \dots \dots \dots 2^b)$$

(Vergl. §. 305, Tabelle I, Spalte 4 und 5 untere Formel.)

Wie diese beiden Verfahren des Nivelirens sich ergänzen und bei der Ausführung der Messungen Verwendung finden, werden wir im zweiten Abschnitt sehen.

Erstes Verfahren. — Der Nivellementszug. — Aufgabe: Der §. 303. Höhenunterschied zweier Festpunkte soll gemessen werden.

Es werden, wie in §. 279 und durch Fig. 115 erläutert ist, mit Hilfe des Nivelirapparates einzelne Höhenunterschiede zwischen Punktpaaren 1 und 2, 2 und 3 u. f. f. bestimmt. Diese Punktpaare stehen derart mit einander in Verbindung, daß je ein Punkt zwei auf einander folgenden Höhenunterschieden gemeinschaftlich ist und sich somit der Höhenunterschied $h_e - h_a$ zwischen dem Anfangs- (h_a) und dem Endpunkt (h_e) ergibt nach der Formel:

$$h_e - h_a = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 + \dots \dots \Delta h_n.$$

Bei diesem Verfahren ist ohne Weiteres einleuchtend, daß eine der wesentlichsten Bedingungen die ist, daß derjenige Höhenpunkt, welcher zwei Unterschieden gemeinschaftlich ist, für die Dauer der unmittelbar auf einander folgenden Instrumentaufstellungen unverändert bleibt. Auf diesen Umstand ist daher bei der Ausführung des Nivellementszuges ganz besondere Sorgfalt zu verwenden. — Die Zielweiten für jede Instrumentaufstellung müssen je für sich durch Abschreiten einander gleich gemacht werden¹⁾. Als mittlere Zielweite ist etwa 50 m oder auch 60 Schritt zu wählen. Diese Entfernung entspricht am besten der Leistungsfähigkeit eines Instrumentes der angegebenen Art (§. 297) und sichert in nicht zu unebenem Gelände einen geregelten Fortgang der Arbeit. In stark unebenem Gelände schneidet die zum höher liegenden Punkte gerichtete horizontale Ziellinie häufig schon auf kurze Entfernung vom Instrument in den Boden ein. Es ist dann zweckmäßig, nicht durch mehrfache Versuche das Instrument so tief oder hoch wie möglich zu stellen, sondern von vornherein die Zielweite so kurz zu wählen, daß die Mög-

¹⁾ Wie in §. 294 und 296 begründet ist.

lichkeit der Ablefung gesichert bleibt. Wenn dabei auch einige Aufstellungen mehr zu machen sind, so wird dadurch doch in Folge des glatten Fortganges der Arbeit Zeit gespart¹⁾.

Zum Niveliren sind zwei Latten mit je einem Träger erforderlich; nur für Arbeiten von sehr geringer Ausdehnung kann eine Latte und ein Träger genügen. Bei größeren Arbeiten würde durch Ersparen des zweiten Trägers in Folge der längeren Dauer der Arbeit eine Vermehrung der Kosten entstehen.

§. 304. Der Gang der Arbeit im Felde ist der folgende: In der Nähe des Anfangspunktes des Nivellements wird das Instrument auf das Stativ gesetzt und vorsichtig festgeschraubt. Sodann überzeugt man sich von der deutlichen Sichtbarkeit des Fadenzuges (§. 288), dem gleichmäßigen Gang der Stellschrauben (§. 301) zc. War die Berichtigung des Instrumentes nicht vorher geschehen, so wird dieselbe vor Beginn der Arbeit in der in §. 295 und 296 angegebenen Weise sorgfältig ausgeführt. — Nun bestimmt der Techniker je nach den örtlichen Verhältnissen die Länge der Zielweiten; ist keine besondere Veranlassung, dieselbe kürzer als 50 m zu wählen, so wird diese Entfernung genommen. Lattenträger I und II begeben sich zum Anfangspunkt des Nivellements. Dort bleibt I und setzt die Latte auf den Höhenpunkt²⁾ sorgfältig auf. Träger II schreitet nun 50 m in der Richtung auf den vom Techniker gewählten Instrumentstand ab, wodurch dieser bestimmt ist; nun schreitet der Träger sofort um dieselbe Entfernung in der ihm angegebenen Richtung weiter und findet damit den Standort seiner Latte. An dieser Stelle wählt er sich einen geeigneten Punkt aus, so daß die Unterlegeplatte (§. 290) eine möglichst sichere Lage erhalten kann, legt die Platte hin und tritt dieselbe dann sorgfältig fest. Die feste Lage der Platte ist von größter Wichtigkeit (§. 302). Beide Träger halten nunmehr die Latten nach den Dosenlibellen (§. 281) sorgfältig lotrecht. Inzwischen hat der Techniker das Instrument aufgestellt, horizontirt und das Anschreibebuch (§. 305) vorbereitet (oder durch einen weiteren Gehilfen, den Schreiber, vorbereiten lassen). Nun erfolgt nach sorgfältiger Einstellung der Libelle die Ablefung an den beiden Latten in der Reihenfolge I und II, die Aufschreibung der Ablefungen in das Feldbuch und die Berechnung des Höhenunterschiedes. Die Ablefungen an den Latten werden bis auf Millimeter genommen, indem die Zehntel des Centimeters geschätzt werden. Ist in dieser Weise die Bestimmung eines Höhenunterschiedes abgeschlossen, so wird das Instrument aufgehoben und damit gleichzeitig für den Lattenträger I das Zeichen gegeben, daß er seinen Punkt verlassen kann. Der Techniker begiebt sich mit dem Instrument zu dem ihm passend erscheinenden folgenden Instrumentstand, das ist also, wenn keine besonderen Umstände vorliegen, etwa 50 m von

¹⁾ Die geschickte Auswahl der Instrumentstellungen und Zielweiten ist Sache der Übung.

²⁾ Z. B. Höhenpunkt $\odot 12$ des Beispiels auf S. 328.

Latte II. Der Träger I ist inzwischen ¹⁾ an Latte II angelangt, schreitet von hier aus in der Richtung auf das Instrument ab und sofort um die gleiche Schrittzahl weiter, um den Standort seiner Latte zu gewinnen. Der Träger II hat sorgfältig auf die unveränderte Stellung seiner Latte zu achten. Inzwischen ist wieder das Instrument aufgestellt, horizontal und zur Ableseung vorbereitet worden, die nun ohne Aufenthalt erfolgen und notirt werden kann.

In dieser Weise schreitet die Arbeit von Instrumentstand zu Instrumentstand fort. Bei der letzten Aufstellung vor dem Abschlußpunkt wird der Instrumentstand am einfachsten durch Halbierung der Entfernung zwischen der letzten Latte und dem Endpunkt gefunden. Es muß wiederholt werden, daß eine ganz besondere Sorgfalt auf die Haltung der Latten zu verwenden ist; unter keinen Umständen darf eine Latte eher abgehoben werden, als die Berechnung des Höhenunterschiedes erfolgt ist. Die Lattenträger müssen gründlich von der Wichtigkeit ihrer Function unterrichtet, zu peinlicher Aufmerksamkeit angehalten, sowie auf die Gleichmäßigkeit und Zuverlässigkeit ihres Abschreitens geprüft werden. Sobald die Gehülfen genügend geschult sind, wird die Arbeit glatt und regelmäßig verlaufen.

Das Aufschreiben und Berechnen der Beobachtungen.

Zum Aufschreiben der Lattenablesungen ist ein besonderes Beobachtungsbuch vorzubereiten. Ein solches Formular ist in der umstehenden Tabelle I mitgeteilt, worin die Höhenbestimmung von Punkt \odot 12 bis \odot 15 eingetragen ist. §. 305.

Die Anordnung der Aufschreibung und Rechnung ergibt sich aus dem Vordruck, welcher die in §. 278 aufgestellten Formeln enthält, auf Grund der in §. 293 und 302 bis 304 gegebenen Anleitung. In Spalte 3 werden die Lattenablesungen (l_n) eingetragen, so daß jeder Standpunkt durch einen Zwischenraum vom folgenden getrennt wird. In Spalte 4 werden die Höhenunterschiede nach der in der oberen Zeile des Kopfes der Tabelle vorgedruckten Formel $\Delta h_n = l_1 - l_n$ berechnet. Ob die Berechnung dieser Unterschiede richtig erfolgt ist, läßt sich prüfen durch Bildung der Summen aller ersten Ableseungen [l_1] ²⁾ und der zweiten Ableseungen [l_n], indem sein muß

$$[l_1] - [l_n] = [\Delta h],$$

also im Beispiel

$$+ 7,264 - 9,011 = - 1,747.$$

Diese Aufsummierung wird seitenweise vorgenommen. Eine Probe für die Richtigkeit der Ableseungen in Spalte 3 läßt sich hierbei nicht gewinnen; ist irgend eine der Ableseungen in Folge eines Verfehlers unrichtig, so ist die ganze Arbeit unbrauchbar. Es muß daher die Richtigkeit der Ableseungen in jedem

¹⁾ In beschleunigtem Schritt.

²⁾ Die eckige Klammer [] bezeichnet die Summe aller Einzelwerthe l_1 .

Tabelle I.

Nivellement

für die Bewässerung des, Strecke $\odot 12$ bis $\odot 15$.

Beobachtet am 18.. von

Seite

Nr.	Zielweite	Lattenableitung l_n	Form. 1a) $\Delta h_n = l_1 - l_n$		Form. 1b), §. 302 Höhe $h_n = h_1 + \Delta h_n$	Verbesserung δh	Verbesserte Höhe $H_n = h_n + \delta h$	Bemerkungen
			oder Form. 2a) $h_i = h_1 + l_1$	oder Form. 2b), §. 302 $h_n = h_i - l_n$	\pm			
1	2	3	4		5	6	7	8
$\odot 12$	50	0,475	+	—	173,577	+ 0	173,577	H ₁₂ entnommen von Seite oder 3. B. N. B. der Landesaufnahme, Heft Nr. . . . (vgl. §. 276)
1	50	1,413		0,928	172,639	+ 1	172,640	
1	50	1,297			172,639			
2	50	1,433		0,136	172,503	+ 3	172,506	
2	50	1,483			172,503			
3	50	2,005		0,522	171,981	+ 4	171,985	
3	40	1,012			171,981			
4	40	1,258		0,246	171,735	+ 6	171,741	
4	50	1,326			171,735			
6	50	1,460		0,136	171,601	+ 8	171,609	
6	30	1,671			171,601			
$\odot 15$	30	1,442	0,229		171,830	+ 9	171,839	
		+ 7,264	0,229	1,976	1,747			
		— 9,011						
Summenprobe:		— 1,747		1,747	173,577			entnommen (Bem. wie oben.)

Fälle sorgfältig geprüft werden¹⁾, und eine solche Höhenunterschieds-Bestimmung, wie zwischen $\odot 12$ und $\odot 15$, stets durch eine zweite Bestimmung, die am besten in umgekehrter Richtung, also von $\odot 15$ nach $\odot 12$ erfolgt, gesichert werden.

Ist die Höhe des Anfangspunktes bekannt (z. B. $\odot 12 = 173,577 \text{ m}^2$), so können, wie in Spalte 5 gesehen, die Höhen der einzelnen Punkte nach der

¹⁾ Eine besonders zweckmäßige Probe werden wir in §. 312 kennen lernen.

²⁾ Durch Anschluß-Nivellement an einen Höhenbolzen der Landesaufnahme.

in der ersten Zeile des Kopfes vorgedruckten Formel $h_n = h_1 + \Delta h$ berechnet werden. Die Richtigkeit dieser Ableitung wird geprüft durch seitensweise Bildung der Summe der Höhenunterschiede $[\Delta h]$ und Zulegung derselben zur Anfangshöhe h_a ; also

$$h_a + [\Delta h] = h_n, \text{ oder } h_a = h_n - [\Delta h]$$

im Beispiel

$$173,577 = 171,830 + 1,747.$$

Ist auch die Höhe h_e des Abschlußpunktes bekannt, so ergibt sich damit eine Probe für die Richtigkeit des Nivellements, indem diese gegebene Höhe mit der Neubestimmten innerhalb einer gewissen Grenze übereinstimmen muß. Die Berechnung in Spalte 5 ergab für $\odot 15$ die Höhe 171,830, sie soll sein 171,839 (Spalte 7), der Abschlußfehler beträgt also $171,839 - 171,830 = + 9$ mm bei 540 m Zuglänge, als Summe der in Spalte 2 eingetragenen Zielweiten.

Für diese Abweichungen sind je nach dem Zweck der Nivellements verschiedene Festsetzungen getroffen. Für die Nivellements, welche den in diesem Buche behandelten Zwecken dienen sollen, wird im Allgemeinen eine genügende Genauigkeit gesichert durch Innehaltung derjenigen Fehlergrenzen, welche in dem alten, zur Zeit noch gültigen preussischen Feldmesserreglement angegeben sind. Das Reglement bestimmt: §. 306.

Bei Nivellements für Längen	von	0 20	45	100	250	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000 m
	bis	20 45	100 250	500	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7500 m	
Ist die erlaubte Abweichung		4 6	9 14	20	28	40	49	56	63	69	77 mm	

Bleibt der Fehler innerhalb der festgesetzten Grenze, so können die Höhen durch Vertheilung des Fehlers nach der Anzahl der Aufstellungen verbessert werden, wie es im Beispiel in den Spalten 6 und 7 gesehen ist.

Diese Ableitung der Einzelhöhen ist nothwendig, wenn es sich um die Sinnivellirung von bestimmten Punkten handelt. Soll z. B. für einen an der Strecke $\odot 12$ bis $\odot 15$ liegenden Festpunkt, etwa den Fachbaum eines Wehres, welcher in der Nähe der Lattenpunkte 3, 4, 6 liegt, die Höhe bestimmt werden, so wird bei der Aufstellung für diese Punkte Rücksicht darauf genommen, daß die Zielung nach dem Wehre hin möglich ist. Nach der Ableseung für die Punkte 3 und 4 und der Berechnung des Höhenunterschiedes wird nun der Lattenträger von Punkt 3 an das Wehr geschickt¹⁾. Er hält dort die Latte sorgfältig auf dem ihm bezeichneten Punkt des Fachbaumes auf, so daß die Ableseung (2,455, vergl. das umstehende Beispiel) genommen werden kann. Damit berechnet sich nunmehr die Höhe des Fachbaumes zu 170,544 m, wie im Beispiel angegeben ist. Die Ableseung für den Nebenpunkt wird eingeklammert

¹⁾ Während die Latte auf 4 natürlich unverändert stehen bleibt.

Tabelle II.
Nivellement

für die Bewässerung des, Strecke \odot 12 bis \odot 15.

Beobachtet am 18.. von

Seite

Nr.	Ziel- weite	Latten- ablefung l_n	$\Delta h_n = l_1 - l_n$		Höhe $h_n = h_1 + \Delta h_n$		Verbesse- rung δh	Verbesserte Höhe $H_n = h_n + \delta h$	Bemerkungen	
			oder $h_i = h_1 + l_1$	oder $h_n = h_i - l_n$	\pm					
1	2	3	4		5		6	7	8	
Ableisungen für den Festpunkt: Fachbaum \square 5.										
	3	40	1,012	+	-	171,981	+	4	171,985	Fachbaum } Mittel } 170,547. Fachbaum }
	4	40	1,258		0,246	171,735	+	6	171,741	
\square	5		(2,455)		(1,443)	170,538	+	6	170,544	
	4	50	1,326			171,735				
	6	50	1,460		0,134	171,601	+	8	171,609	
\square	5		(2,519)		(1,193)	170,542	+	8	170,550	
Ableisungen für die Geländepunkte 7 bis 11.										
\odot	4		1,33	173,07		171,74				Ufer: links „ rechts Bachsohle Probe: $6 \times 13,07^1) = 78,42^1)$ <u>11,14</u> 67,28 1) Gefürzt um 160,00.
	7		1,63			171,44				
	8		0,88			172,19				
	9		1,80			171,27				
	10		2,20			170,87				
	11		3,30			169,77				
			<u>11,14</u>			<u>67,28</u>				

zum Zeichen dafür, daß dieselbe nicht zum fortlaufenden Zuge gehört und daher bei den Summenproben außer Acht gelassen werden muß. Wenn nun die Ablefung an der Latte auf dem Fachbaum fehlerhaft wäre, so würde, selbst wenn das Nivellement zwischen \odot 12 und \odot 15 als richtig befunden würde, die Höhe dieses wichtigen und vielleicht für ein Project entscheidenden Punktes falsch sein. Es muß daher die Höhe gegen ein derartiges Versehen besonders gesichert werden. Dies geschieht am einfachsten dadurch, daß bei der nächsten Aufstellung abermals die Ablefung für den Festpunkt genommen wird, wie in dem Beispiel geschehen ist. Beide so gewonnenen Höhen müssen mit einander übereinstimmen (vergl. Spalte 7 und 8).

Zweites Verfahren. — Aufnahme von Geländepunkten. Soll von §. 308. einer Instrumentaufstellung aus nicht nur ein Festpunkt, sondern eine Anzahl von Geländepunkten aufgenommen werden, so geschieht die Höhenableitung nach der Formel 2^a) und 2^b) (Fig. 116, §. 278 und 279).

Es ist z. B. von der Aufstellung zwischen $\odot 4$ und $\odot 6$ ein Geländeabschnitt durch die Punkte 7 bis 11 aufzunehmen (vergl. Tabelle II).

Nach Notirung der Ablesungen für $\odot 4$ und $\odot 6$ in dem fortlaufenden Nivellementszug und der Berechnung des Höhenunterschiedes wird der Latten-träger auf $\odot 4$ von seinem Stand abgerufen und angewiesen, die Latte der Reihe nach an den ihm bezeichneten Feldpunkten aufzuhalten. Hierbei wird die Unterlegeplatte für die Latte nicht benutzt, da dieselbe ja nur den Zweck haben soll, den Höhenpunkt (Wechselpunkt) bei dem Wechsel des Instrumentes unverändert zu erhalten. Bei der Ablesung für diese Feldpunkte werden nicht, wie bei den Wechselpunkten, Millimeter gelesen, sondern die Zahl auf Centimeter oder Decimeter, je nach der Bedeutung des Punktes, abgerundet. — Die Aufschreibung und Berechnung erfolgt, wie in dem Beispiel (Tabelle II. unten) angegeben ist. Nach der Bestimmung des Höhenunterschiedes im Zuge wird die Ablesung des vorhergehenden Wechselpunktes $\odot 4$ auf Centimeter abgerundet wieder vorgetragen und darunter die Ablesungen für die Feldpunkte der Reihe nach notirt. Nun wird nach Formel 2^a) (§. 278)

$$h_i = h_1 + l_1,$$

welche in der zweiten Zeile des Kopfes der Spalte 4 angegeben ist, die Höhe der Absehnlinie berechnet und in Spalte 4 eingetragen, nämlich

$$171,74 + 1,33 = 173,07.$$

Damit finden sich dann die Einzelhöhen nach Formel 2^b) (§. 278)

$$h_n = h_i - l_n,$$

welche in der zweiten Zeile des Kopfes der Spalte 5 vorgesehen ist, wie aus dem Beispiel ohne Weiteres hervorgeht. Die Richtigkeit dieser Berechnung wird festgestellt dadurch, daß die Summe der Ablesungen in Spalte 3,

$$[l_n] = 11,14$$

vom n -fachen Betrage der Visurhöhe

$$n \cdot h_i = 6 \times 13,07 = 78,42$$

subtrahirt wird, wodurch sich dann die Summe der Höhen in Spalte 4 ergeben muß. Es ist

$$72,42 - 11,14 = 67,28.$$

Die Visurhöhe und die Einzelhöhen werden dabei zur Vereinfachung der Zahlenrechnung in entsprechender Weise gekürzt, in dem behandelten Beispiel um 160,00. Die Proberechnung erklärt sich ohne Weiteres aus der Summirung der Formel 2^b), nämlich

$$[h_n] = n \cdot h_i - [l_n].$$

Ein Muster für die Ausführung der Rechnung ist im Beispiel gegeben.

Ist nun aber eine der Ableesungen für die Punkte 7 bis 11 unrichtig, so wird natürlich auch die zugehörige Höhe falsch. Es muß daher jede Ableesung sorgfältig geprüft werden; eine bequeme und zweckmäßige Probe für die Richtigkeit der Ableesungen wird in §. 311 behandelt werden.

Vereinigung der beiden Verfahren zur Geländeaufnahme.

§. 309. Wenn zu irgend einem Zweck, z. B. einer Culturverbesserung, für einen Geländeabschnitt eine Höhenaufnahme stattfinden soll, so geschieht dies in der folgenden Weise: Von einem bekannten Höhenpunkt ausgehend, wird ein Nivellementszug durch das aufzunehmende Gebiet so geführt, daß derselbe solche Instrumentenaufstellungen enthält, von denen aus in zweckentsprechender Weise die Feldpunkte angezielt werden können. Mit Hilfe der in dem Nivellementszuge gewonnenen Höhenunterschiede ergeben sich dann nach dem erläuterten Verfahren die einzelnen Höhen der Wechsellpunkte, und von diesen aus die Höhen der Visirlinien für diejenigen Aufstellungen, von denen aus die Geländeaufnahme erfolgt, und damit die gesuchten Höhen der Feldpunkte. Zur Sicherung der Ergebnisse muß der Nivellementszug stets so angelegt werden, daß derselbe Festpunkte verbindet, deren Höhenunterschied bereits bekannt ist, oder in irgend einer anderen Weise, z. B. durch ein zweites Nivellement oder Rückkehr zum Ausgangspunkt, controlirt wird¹⁾. Kann eine kleine Aufnahme von einem einzigen Instrumentstand aus vorgenommen werden, und ist dabei kein Anschluß an einen entfernt liegenden Festpunkt nothwendig, so fällt der verbindende Höhenzug natürlich weg.

Während nun die Zielweiten im Nivellementszuge, der gewissermaßen die Höhen durch das aufzunehmende Gebiet fortträgt, durch Abschreiten, wie in §. 304 angegeben ist, gleich gemacht werden, können bei den Feldpunkten die Zielweiten ganz beliebig genommen werden. Es tritt hierbei nur die Beschränkung ein, daß für wichtige Punkte die Zielweiten zweckmäßig nicht über 50 m genommen werden, während sie im Uebrigen so lang sein können, als das Fernrohr noch genügend genaue Ableesungen gestattet; natürlich ist dabei zu beachten, daß die Blase der Libelle stets genau einspielt, besonders bei den längeren Zielweiten, und daß das Instrument berichtigt ist.

Einige Beispiele für die Ausführung derartiger Geländeaufnahmen werden in der zweiten Abtheilung, §. 313 *cc.*, behandelt werden.

Verfahren mit Anwendung dekadischer Ergänzungen zur Sicherung der einzelnen Lattenablesungen.

§. 310. Das vorbeschriebene einfache Verfahren der Höhenbestimmung leidet, wie wir sofort erkennen und wie bereits erwähnt wurde, an dem großen Mangel,

¹⁾ Bei diesen Anschluß- oder Probe-Nivellements ist die in §. 306 erwähnte Fehlergrenze inne zu halten.

daß eine einzige falsche Ablefung in dem Höhenzuge die ganze Arbeit unbrauchbar machen kann. Es ist daher von der größten Wichtigkeit, eine sofort im Felde anwendbare Probe für die Richtigkeit jeder Lattenablefung zu gewinnen. Diese Probe kann erreicht werden durch Einführung einer zweiten Bezifferung der Rivellirlatte nach sogenannten „dekadischen Ergänzungen“.

Die „dekadische Ergänzung“ einer Zahl ist ein Werth, welcher sich mit der ursprünglichen Zahl in der Weise ergänzt, daß die Summe 10, 100, 1000 u. s. f. wird. Z. B.:

$$\begin{array}{r} 0,475 \times 9,525 \\ 11,14 \times 88,86 \end{array}$$

Das Zeichen \times giebt diejenige Stelle an, in welcher bei der Subtraction, durch welche diese Werthe gewonnen werden, die „1“ in dem Subtrahendus 10, 100 oder 1000 u. s. f. steht, und bedeutet daher eine negative Einheit in dieser Stelle. Z. B.:

$$\begin{array}{r} 0,475 \qquad 11,14 \\ - 10,000 \qquad - 100,00 \\ \times 9,525 \qquad \times 88,86 \end{array}$$

Die „dekadischen Ergänzungen“ sind demnach Zahlen, welche die Resultate von Subtractionen darstellen; durch Anwendung derselben für negative Zahlenwerthe wird die Subtraction in eine Addition umgewandelt und dadurch besonders bei Zahlenreihen mit wechselndem Vorzeichen (wie in Spalte 4, Tabelle I) die Rechnung erheblich erleichtert. Z. B.:

$$\begin{array}{r} 173,577 \text{ oder } 173,577 \text{ oder } 173,577, \text{ und } + 0,475 \text{ oder } 0,475 \\ - 0,938 \left\{ \begin{array}{l} + 9,062 \\ - 10,000 \end{array} \right\} \times 9,062 \qquad - 1,413 \qquad \times 8,587 \\ \hline = 172,639 \qquad 172,639 \qquad 172,639 \qquad + 1,297 \qquad 1,297 \\ \hline \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad - 1,433 \qquad \times 8,567 \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad - 1,074 \qquad \times 8,926 \end{array}$$

Soll eine dekadische Ergänzung dividirt werden, z. B. $\times 6,506$ durch 2, so muß zunächst die Anzahl der \times (negativen Einheiten) zu einem Vielfachen des Divisors, also hier von 2, gemacht werden, damit in der betreffenden Stelle ganze Einheiten erhalten werden. Demnach ist zu rechnen:

$$\begin{array}{r} \left(\begin{array}{l} + 1 \\ \times \end{array} \right) \times \\ \times 6,506 \\ \hline 2 \end{array} = \times 8,253, \text{ nämlich } = \frac{\times 6,506}{2} = \frac{16,506}{2} = \times 8,253,$$

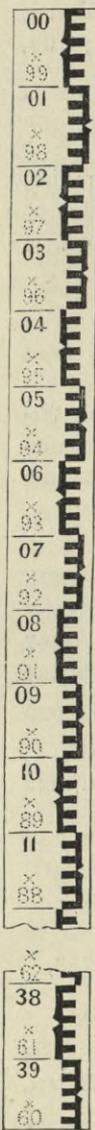
worin die eingeklammerten Zeichen $+ 1$ und $\times (= - 1)$ sich aufheben.

Wird nun eine Rivellirlatte mit einer doppelten Bezifferung nach natürlichen und dekadischen Ziffern versehen, so daß die natürlichen Zahlen schwarz, und die dekadischen roth¹⁾ gezeichnet werden, wie in der Fig. 150 (a. f. S.) angegeben ist, so ist dadurch ein Mittel geboten:

¹⁾ In der Figur punktiert.

1. eine Probe gegen Ablesefehler zu gewinnen, und
2. die Rechnung zu vereinfachen durch Ersatz der Subtraction durch die Addition.

§. 311. Fig. 150.



Die Anwendung derartig bezifferter Nivellirlatten ist die folgende: Nach der Ablefung der natürlichen Zahl, z. B. 0,475 (Lattenablesung I, Spalte 3, Tabelle III), wird die zugehörige dekadische Zahl $\times 9,525$ (Lattenablesung II, Spalte 4) unmittelbar von der Latte abgelesen und sofort bei der Aufschreibung in der Nebenspalte verglichen, ob die Ergänzung stimmt. Um die Rechnung bequem zu gestalten, wird nach der Ablefung der zweiten Latte die natürliche Zahl 1,413 als Ablefung II in Spalte 4 niedergeschrieben und die zugehörige dekadische Zahl $\times 8,587$ als Ablefung I in Spalte 3. Durch diese Schreibweise stehen die zu subtrahirenden Ablefungen ($- l_n$) als dekadische Ergänzungen unter den positiven Ablefungen ($+ l_1$), und die Höhenunterschiede werden daraus, wie oben erläutert, durch Addition gewonnen. Die Ausführung der Berechnung ist aus dem nebenstehenden Beispiel, welches aus der Tabelle I unter Einführung der dekadischen Ergänzungen entspricht, ohne Weiteres verständlich¹⁾. Die Höhenunterschiede werden in Spalte 5 aus den Ablefungen in Spalte 3 und 4 doppelt erhalten, und zwar in der oberen Zeile aus Spalte 3, und in der unteren aus Spalte 4 ($0,475 + \times 8,587 = \times 9,062$ und $\times 9,525 + 1,413 = 0,938$). Durch die Prüfung der dekadischen Ergänzung dieser Werthe ($\times 9,062 + 0,938 = 0,000$) wird sofort eine Probe für die Richtigkeit der Bildung der einzelnen Unterschiede gewonnen, wozu die Seitensummen, wie aus dem Beispiel hervorgeht, eine weitere Controle liefern.

Die Ablefungen für die Geländepunkte (§. 307), welche im Beispiel an der entsprechenden Stelle eingefügt sind, werden ohne Vertauschung der Spalten unter einander eingetragen. Die Berechnung der Einzelhöhen erfolgt durch Addition der dekadischen Ergänzungen der Ablefungen zur Zielhöhe h_i ($173,07 + \times 8,67 = 171,74$ etc.); die Probe für die Richtigkeit der Rechnung ist dieselbe wie im früheren Beispiel.

Gewöhnt sich der Beobachter daran²⁾, die Zahlen, natürliche Zahlen wie dekadische, mechanisch von der Latte abzulesen und die Richtigkeit der Ergänzung erst nach dem Aufschreiben zu prüfen, so wird dadurch eine sehr gute Probe für die Richtigkeit der einzelnen Ablefungen, sowie für die daraus berechneten Höhenunter-

¹⁾ Man rechne beide Beispiele neben einander durch.

²⁾ Bei sorgfältiger Uebung wird das bald erreicht.

Tabelle III.
Nivellement

für die Bewässerung des, Strecke \odot 12 bis \odot 15.
Beobachtet am 18.. von

Seite

Nr.	Zielweite	Lattenablesung l_n		$\Delta h_n = l_1 - l_n$	Höhe	Verbesserung δh	Verbesserte Höhe $H_n = h_n + \delta h$	Bemerkungen
		I	II	oder $h_i = h_1 + l_1$	oder $h_n = h_i - l_n$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
\odot 12	50	0,475	\times 9,525	\times 9,062	173,577	+ 0	173,577	
1	50	\times 8,587	1,413	0,938	172,639	+ 1	171,640	
1	50	1,297	\times 8,703	\times 9,864	172,639			
2	50	\times 8,567	1,433	0,136	172,503	+ 3	172,506	
2	50	1,483	\times 8,517	\times 9,478	172,503			
3	50	\times 7,995	2,005	0,522	171,981	+ 4	171,985	
3	40	1,012	\times 8,988	\times 9,754	171,981			
4	40	\times 8,742	1,258	0,246	171,735	+ 6	171,741	
\square 5		(\times 7,545	2,455)	(\times 8,557	170,538	+ 6	170,544	Fachbaum
				1,443)				} Mittel 170,547.
4	50	1,326	\times 8,674	\times 9,866	171,735			
6	50	\times 8,540	1,460	0,134	171,601	+ 8	171,609	
\square 5		(\times 7,481	2,519)	(\times 8,807	170,542	+ 8	170,550	Fachbaum
				1,193)				
\odot 4		1,33	\times 8,67	173,07	171,74		171,74	
7		1,63	\times 8,37		171,44		171,44	
8		0,83	\times 9,12		172,19		172,19	
9		1,80	\times 8,20		171,27		171,27	Ufer: links
10		2,20	\times 7,80		170,87		170,87	" rechts
11		3,30	\times 6,70		169,77		169,77	Bachsohle
		11,14	\times 88,86		67,28			Probe:
6	30	1,671	\times 8,329	0,229	171,601			$6 \times 13,07 = 78,42$
\odot 15	30	\times 8,558	1,442	\times 9,771	171,830	+ 9	171,839	$- 11,14$
		\times 8,253	1,747	\times 8,253	1,747			<u>67,28</u>
		Summenprobe:		1,747	173,577			

schiede und Höhen gewonnen, während die scheinbare Vermehrung der Arbeit nicht in Betracht kommt wegen der Erleichterung der Rechnung. Werden aber nicht beide Ableesungen unabhängig von einander vorgenommen, sondern die

dekadischen Ergänzungen beim Aufschreiben gebildet, oder an der ersten Latte (l_1) nur die natürliche Zahl, an der zweiten ($-l_n$) nur die dekadischen Ergänzungen gelesen, also allein die Eintragungen der Spalte 3 gewonnen, so wird dadurch wohl eine Erleichterung der Rechnung durch Vermeidung der Subtraction erzielt, aber die sehr wesentliche Bedeutung der dekadischen Zahlen als Controlzahlen fällt weg.

Das Nivellirverfahren bei Anwendung von Wendelatten.

§. 312. Eine noch weit durchgreifendere und zuverlässigere Sicherstellung der Ergebnisse, als das soeben erläuterte Verfahren gewährt wird dadurch gewonnen, daß die Nivellirlatte auf der Rückseite¹⁾, wie bereits in §. 290 erwähnt wurde,

Darstellung der Reihenfolge der Eintragungen in das Feldbuch.

Eintragungen in das Feldbuch	Nummer des Zielpunktes im Beispiel	Lattenablejungen		Reihenfolge der Ablejungen	Theilung der:
		Spalte 3	Spalte 4		
Nach der ersten Ablejung	⊙ 12	0,475	× 9,525	erste	Vorderseite von l_1
		
		
		
Nach der zweiten Ablejung	⊙ 12	0,475	× 9,525	zweite	Rückseite von l_1
		
	⊙ 12	4,511	× 5,489		
		
Nach der dritten Ablejung	⊙ 12	0,475	× 9,525	dritte	Vorderseite von l_n
	1	× 8,587	1,413		
	⊙ 12	4,511	× 5,489		
		
Nach der vierten Ablejung	⊙ 12	0,475	× 9,525	vierte	Rückseite von l_n
	1	× 8,587	1,413		
	⊙ 12	4,511	× 5,489		
	1	× 4,553	5,447		

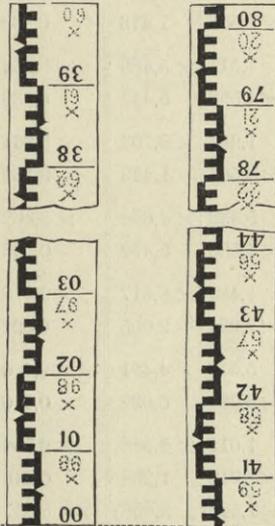
¹⁾ Vergl. den Lattenquerschnitt in Fig. 133, §. 290.

mit einer zweiten Theilung versehen wird, welche gegen die Theilung der Vorderseite um einen bestimmten Betrag verschoben ist. Wohin der Anfangs- (Null-)punkt dieser zweiten Theilung verlegt wird, ist an sich gleichgültig, es ist aber zweckmäßig, denselben so zu wählen, daß die zweite Theilung eine Fortsetzung der ersten wird, so daß in Folge dessen keine Zahl beiden Theilungen gemeinschaftlich ist und Verwechslungen ausgeschlossen sind. Diese Anordnung der Theilungen ist aus Fig. 151 ersichtlich¹⁾. Man erhält durch eine derartige Lattentheilung zwei in Bezug auf die Ablesungen von einander ganz unabhängige Höhenbestimmungen, also in diesem Sinne ein Doppel-Nivellement.

Das Verfahren ist in der vorstehenden Tabelle erläutert.

Nach Ablefung der Haupttheilung $0,475 \times 9,525$ wird auf den Zuruß „Wenden“ vom Lattenträger die Latte auf der Platte gedreht²⁾ und die Ablesung an der Nebentheilung $4,511 \times 5,489$

Fig. 151.



vorgenommen. Diese — der Reihenfolge nach zweite — Ablesung wird in die dritte Zeile unter der ersten notirt, wie im Beispiel der Tabelle IV auf S. 338 geschehen, und an nebenstehender Darstellung des Zustandes des Feldbuches nach den auf einander folgenden Eintragungen noch besonders erläutert ist. — Danach wird das Fernrohr auf die zweite Latte l_n gerichtet und die Ablesung $1,413 \times 8,587$ — als dritte — unter Vertauschung der Spalten, wie vorher in §. 311 angegeben, notirt. Auf den Zuruß „Wenden“ wird auch diese Latte gedreht und die Ablesung der Rückseite $5,447 \times 4,553$ — als vierte — wieder mit Vertauschung der Spalten angeschrieben. Aus den auf diese Weise gewonnenen Ablesungen, welche durch die Prüfung der Rich-

tigkeit der Ergänzungen im Einzelnen controlirt sind³⁾, werden für die Vorder- und die Rückseite zwei von einander unabhängige Höhenunterschiede abgeleitet, welche wieder durch ihre dekadischen Ergänzungen je für sich gesichert sind. Die beiden Höhenbestimmungen müssen innerhalb einiger Millimeter mit einander übereinstimmen; zur Ableitung der Höhen wird das Mittel der beiden Ergebnisse verwendet. Die Berechnung der Höhenunterschiede ist aus dem Beispiel ohne Weiteres verständlich⁴⁾. Die Ablesungen an den Vorderseiten der beiden

¹⁾ Zur Verfeinerung der Ergebnisse wird außerdem die Verschiebung derart gewählt, daß auf Vorder- und Rückseite sich weiße bzw. rothe Felder entsprechen, und die Feldmitten den Feldgrenzen (vergl. Fig. 151).

²⁾ Ohne die Latte abzuheben.

³⁾ Und außerdem durch den constanten Werth der Verschiebung der beiden Theilungen geprüft werden können.

⁴⁾ Man rechne wieder beide Beispiele neben einander durch.

Tabelle IV.

Nivellement

für die Bewässerung des, Strecke \odot 12 bis \odot 15.
Beobachtet am 18.. von

Seite

Nr.	Zielweite	Lattenablesung l_n		$\Delta h_n = l_1 - l_n$	Höh	Verbeßerung δh	Verbeßerte Höhe $H_n = h_n + \delta h$	Bemerkungen
		I	II	oder $h_i = h_1 + l_i$	$h_n = h_1 + \Delta h_n$ oder $h_n = h_i - l_n$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
\odot 12	50	0,475	\times 9,525	\times 9,062	173,577	+ 0	173,577	Zusammenstellung der Unterjchiebe von \odot 12 bis \odot 15: E. 1 \times 6,319 3,681 " 2 0,187 \times 9,813 <hr/> \times 6,506 3,494 $\frac{1}{2}$: \times 8,253 1,747 \odot 12 = 173,577 \odot 15: 171,830 Soll 171,839 <hr/> $f = + 9$ mm
1	50	\times 8,587	1,413	0,938	172,640	+ 1	172,641	
		4,511	\times 5,489	\times 9,064				
		\times 4,553	5,447	0,936				
1	50	1,297	\times 8,703	\times 9,864	172,640			
2	50	\times 8,567	1,433	0,136	172,503	+ 3	172,506	
		5,332	\times 4,668	\times 9,862				
		\times 4,530	5,470	0,138				
2	50	1,483	\times 8,517	\times 9,478	172,503			
3	50	\times 7,995	2,005	0,522	171,982	+ 4	171,986	
		5,519	\times 4,481	\times 9,480				
		\times 3,961	6,039	0,520				
3	40	1,012	\times 8,988	\times 9,754	171,982			
4	40	\times 8,742	1,258	0,246	171,736	+ 6	171,742	
\square 5		(\times 7,545	2,455)	(\times 8,557 1,443)	170,539	+ 6	170,545	
		5,047	\times 4,953	\times 9,755				
		\times 4,708	5,292	0,245				
		(\times 3,510	6,490)	(\times 8,557 1,443)				
		\times 6,319	3,681	\times 6,319				
		Summenprobe:		3,681				

Latten liefern die Unterschiede \times 9,062 0,938, die der Rückseiten \times 9,064 0,936; das Ergebnis aus den Ableisungen der Spalte 3 wird dabei in die obere Zeile eingetragen, das der Spalte 4 in die untere. Der weitere Theil der Berechnung entspricht der früheren; nur ist nach der Aufsummierung der sämmtlichen Ableisungen zur Bildung des Gesamthöhenunterschiedes die

Fortsetzung: Tabelle IV.

Nivellement

für die Bewässerung des, Strecke \odot 12 bis \odot 15.

Beobachtet am 18.. von

Seite

Nr.	Zielweite	Lattenablesung l_n		$\Delta h_n = l_1 - l_n$	Höhe	Verbesserung δh	Verbesserte Höhe $H_n = h_n + \delta h$	Bemerkungen
		I	II	oder $h_i = h_1 + l_1$	$h_n = h_1 + \Delta h_n$ oder $h_n = h_i - l_n$			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	50	1,326	\times 8,674	\times 9,866	171,736	+ 6	171,742	
6	50	\times 8,540	1,460	0,134	171,601	+ 8	171,609	
\odot 5		(\times 7,481	2,519)	(\times 8,807 1,193)	170,544	+ 8	170,552	
		5,362	\times 4,638	\times 9,864				
		\times 4,502	5,498	0,136				
		(\times 3,446	6,554)	(\times 8,808 1,192)				
\odot 4		1,33	\times 8,67	173,07	171,74		171,74	
7		1,63	\times 8,37		171,44		171,44	
8		0,88	\times 9,12		172,19		172,19	
9		1,80	\times 8,20		171,27		171,27	Ufer: links
10		2,20	\times 7,80		170,87		170,87	" rechts
11		3,30	\times 6,70		169,77		169,77	Bachsohle
		11,14	\times 88,86		67,28			
6	30	1,671	\times 8,329	0,229	171,601	+ 8	171,609	Probe:
\odot 15	30	\times 8,558	1,442	\times 9,771	171,829	+ 10	171,839	$6 \times 13,07 = 78,42$
		5,706	\times 4,294	0,228				11,14
		\times 4,522	5,478	\times 9,772				67,28
		0,187	\times 9,813	0,187				
		Summenprobe: \times 9,813						

Summe \times 6,506 3,494, da in dieser Summe beide Unterschiede enthalten sind, durch 2 zu dividiren ¹⁾, wie in Spalte 9, Tabelle IV geschehen ist. Der einfache Höhenunterschied ist \times 8,253 1,747. Für die Geländepunkte ist eine Ablefung der Nebentheilung nicht nothwendig, es genügt hierfür die einfache

¹⁾ Vergl. hierzu die Erläuterung von S. 310.

Controle durch die defadische Ergänzung; die Ableisungen und deren Berechnung sind daher dieselben wie in Tabelle III.

Bei dem vorstehend erläuterten Verfahren darf das Instrument nicht eher aufgehoben werden, als die Uebereinstimmung der beiden Bestimmungen für den Höhenunterschied festgestellt ist. Wird hieran streng festgehalten, so ist man in jedem Augenblick gegen Ables- und Rechenfehler geschützt und hat die Sicherheit, stets zuverlässige Ergebnisse aus dem Felde mitzubringen. Die geringe Mehrarbeit, welche die Anwendung des Verfahrens bedingt, wird sowohl durch die Vermeidung zeitraubender Nacharbeiten, wie auch durch das sich bei dem Techniker einstellende Gefühl der Sicherheit und das Vertrauen auf die Zuverlässigkeit der Arbeit reichlich aufgewogen. Auch der höhere Preis der Wendelatten wird bald durch Ersparung von Nach- und Control=Nivellements wieder eingebracht werden. Jeder Techniker, der dies Verfahren erprobt, wird schnell die vermeintliche Schwierigkeit und Umständlichkeit desselben überwunden haben, dann die Vortheile desselben schätzen lernen und nicht mehr zu dem zuerst beschriebenen ursprünglichen zurückkehren wollen. — Gerade bei Nivellements zu technischen Zwecken, bei denen ein Irrthum in einer Höhenzahl oft die verhängnißvollsten Folgen haben kann, ist dieses Verfahren im Interesse einer glatten Erledigung der Arbeit unentbehrlich.

Es sei bemerkt, daß dasselbe entwickelt worden ist aus der Nivelirmethode der preussischen Landesaufnahme, in der angegebenen Anordnung bei den geodätischen Uebungen an der landwirthschaftlichen Akademie Poppelsdorf in ausgedehntester Weise verwendet worden ist, und sich fernerhin bei umfangreichen Aufnahmen (über 2000 ha) für Culturverbesserungen in hervorragender Weise bewährt hat.

Zweite Abtheilung.

Die Anwendung des Nivellirverfahrens bei Culturverbesserungen.

Bei der Ausführung von Culturverbesserungen wird das Nivellirverfahren angewendet:

- A. Zur Beschaffung der für den Entwurf der Verbesserungsanlagen erforderlichen Kenntniß der Höhenverhältnisse in den zu verbessernden Grundstücken.
- B. Zur Absteckung der im Entwurf festgestellten Neuanlagen.

A. Die Nivellementsvoorarbeiten.

1. Die geometrischen Unterlagen.

Die Anordnung der Nivellementsarbeiten ist verschieden je nach der Art §. 313. der auszuführenden Verbesserung und der Größe der Flächen, auf welche sie sich erstreckt. In jedem Falle ist für die Darstellung der Höhen eine geometrische Unterlage erforderlich. Diese Unterlage ist ebenfalls, je nach den Verhältnissen, verschiedener Art; maßgebend ist auch für sie (wenigstens der Hauptsache nach) die Ausdehnung der Fläche, so daß wir unterscheiden können: geometrische Unterlagen für größere und kleinere Flächen.

Die geometrischen Unterlagen bei Culturverbesserungen für größere Flächen. — Handelt es sich um die Ausführung umfangreicher Verbesserungen, z. B. um die Melioration eines Wiesenthales, oder die Drainage der Ackerländereien einer Gemarkung, eines größeren Gutsbezirkes, oder irgend eines entsprechenden Geländeabschnittes, so ist als Unterlage für die Nivellementsarbeiten eine Karte des Culturobjectes nothwendig. Die hierzu geeigneten Karten sind die Katasterarten. Dieselben haben neben ihrer Verwendung in der Katasterverwaltung den bestimmten Zweck, den Interessen der Landescultur zu dienen. In solchen Gemarkungen, in denen Zusammenlegungen ausgeführt

sind, treten an Stelle der Kataster- die Zusammenlegungskarten¹⁾. Es ist zweckmäßig von den Behörden, welche dieses Kartenmaterial verwalten, Copien der für eine Arbeit in Betracht kommenden Karten auf Pauspapier zu entnehmen, sodann nach diesen Pausen durch Durchstechen mit der Copirnadel geeignete Blätter für den Feldgebrauch und die nachfolgende Bearbeitung des Entwurfes anzufertigen. Der Maßstab der Flurkarten ist für dieselbe Gemarkung nicht immer für alle Blätter der gleiche, auch nicht in jedem Falle für den vorliegenden Zweck geeignet, da Verjüngungen wie 1:500, 1:625 und auch noch 1:1000 und 1:1250 nicht immer eine genügende Uebersicht über einen zusammengehörigen Geländeabschnitt gewähren. Es ist daher in solchen Fällen empfehlenswerth, mit dem Storchschnabel eine Reduction auf den Maßstab 1:2000 oder 1:2500 vorzunehmen, und gleichzeitig ein solches Format für die Feldblätter zu wählen, daß dieselben noch bequem im Felde zu handhaben sind; ein geeignetes Format ist z. B. 50 cm × 67 cm. Es ist fernerhin empfehlenswerth, für den Gebrauch dieser Blätter als Unterlage einen leichten, auf einem Stoc befestigten Feldtisch zu verwenden, bestehend aus einem Holzrahmen mit einer Kartoneinlage, welcher zum Festhalten der Karten mit einem Klappdeckel versehen ist²⁾.

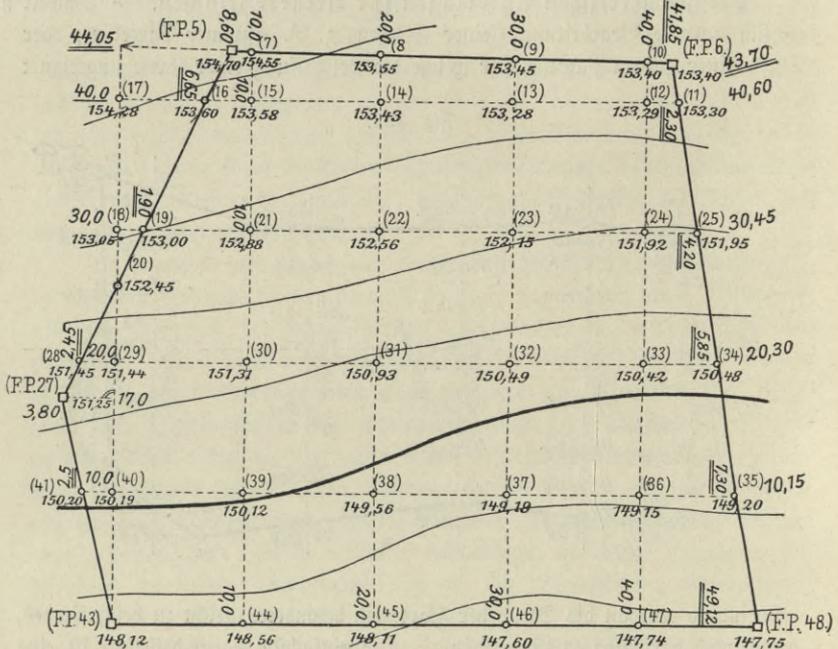
Da besonders alte Karten nicht immer mit dem zur Zeit der Bearbeitung vorliegenden Zustande übereinstimmen, so ist es vor Beginn der Nivellementsarbeiten erforderlich, bei einer Begehung des Geländes die Veränderungen einzutragen, eventuell durch besondere Messungen die Karte zu berichtigen. Sobald es sich bei der Melioration nicht gleichzeitig um eine Aenderung der Besitzverhältnisse handelt, können diese Berichtigungen in der einfachsten Weise ausgeführt werden. Bei der Vornahme dieser Ergänzungsarbeiten werden gleichzeitig alle für die spätere Arbeit wichtigen Punkte bemerkt und in die Karte eingetragen, z. B. vorhandene Wehre, Schleusen, Durchlässe, Gräben, Culturwege, Wasserlöcher. Es ist weiterhin vortheilhaft, bei dieser Begehung sich besonders markirende Gefällwechsel, z. B. die Tiefenlinien, Rückenlinien, Kuppen- und Muldenpunkte, Böschungen u. in der Karte anzumerken. Durch eine geschickte Vervollständigung in diesem Sinne wird die nachfolgende Arbeit sehr erleichtert und bei der kostspieligen Nivellementsarbeit viel Zeit erspart werden. Diese Eintragungen können in den meisten Fällen durch Schrittmaß von den vorhandenen Grenzlinien aus vorgenommen werden. Zu dem Zweck ist entweder ein besonders gezeichneter Schrittmaßstab zu verwenden, oder das Schrittmaß in Meter umzuwandeln. Alle abgeschrittenen oder gemessenen Längen sind auf die aus den Karten entnommenen Maße zu reduciren (also in die Karte einzupassen). — Dasselbe gilt auch für die Ein-

¹⁾ Natürlich können auch sonstige vorhandene Karten, z. B. Gutskarten, verwendet werden.

²⁾ Es ist zweckmäßig, in diese Feldkarten die Namen der Eigenthümer und die Parcellenummern nicht einzutragen, und die Linien mit unverwäshbarer Tusche zu zeichnen.

Hilfe eines Instrumentes¹⁾ zum Abstecken rechter Winkel errichteten Querlinien werden mit Rücksicht auf die Steigung derselben geeignete Punkte ausgewählt und mit Pfählen bezeichnet, und diese Punkte von der Längsaxe aus aufgemessen, wie durch das Beispiel in der Figur erläutert ist. Ist das Gefälle ein gleichmäßiges, so können die Punkte auf der Längsaxe wie auf den Querlinien bei der Messung in gleichen Abständen angenommen werden, z. B. auf der Längsaxe in Abständen von 10 zu 10 m, 20 zu 20 m, oder 50 zu 50 m, und in den Querlinien von 5 zu 5 m, 10 zu 10 m, oder 20 zu 20 m. Geländepunkte, welche von besonderer Bedeutung sind, aber nicht einer Quer-

Fig. 153.



linie angehören, werden gegen dieselben in geeigneter Weise aufgemessen, wie z. B. einzelne Eckpunkte der Parzelle in Fig. 152.

Die besprochene Darstellungsart eignet sich besonders für solche Grundstücke, welche hauptsächlich nach einer Längsrichtung ausgebehnt sind (langgestreckte Wiesenparzellen), bei denen die Hauptaxe in der Längsrichtung des Grundstückes abgesteckt werden kann. Haben die Grundstücke keine ausgeprägt langgestreckte Form, so können dieselben durch mehrere Längsaxen²⁾ in längliche Streifen zerlegt werden, oder es kann über die ganze Fläche ein Rahmen mit quadratförmigen Maschen, ein „Quadratnetz“, abgesteckt werden, wie es

¹⁾ Winkel-Kopf, = Spiegel, = Prisma.

²⁾ Die gegenseitige Lage der Längsaxen wird durch Messung bestimmt.

durch die in Fig. 153 eingezeichneten punktirten Linien dargestellt ist¹⁾. Die Seiten des Netzes werden je nach den örtlichen Verhältnissen zu 5, 10, 20 m genommen. Die nicht mit Netzpunkten zusammenfallenden Geländepunkte müssen gegen die Netzlinien aufgemessen werden, wie in Fig. 153 die Grenzpunkte der Parcellen. Diese Netzform ist nur zu empfehlen bei Grundstücken von geringer Ausdehnung und gleichmäßigem Gefälle; wenn nämlich die Netzpunkte nicht genügend scharf mit den Gefällbrechpunkten zusammentreffen, so gehen die Vortheile der einfachen Netzform durch die nothwendig werdende Einmessung der Brechpunkte wieder verloren.

Handelt es sich allein um die Darstellung der Höhenverhältnisse in einer §. 315. besonders bestimmten Richtung, z. B. der Mittellinie eines vorhandenen oder projectirten Grabens, eines Baches oder einer Straße, so bildet diese Mittellinie die Axe des in §. 314 besprochenen Systems; wir haben dann ein sogenanntes „Längennivellement“. Die Eintheilung der Linie nach Abständen von 100 m (Stationirung) geschieht durch Messung, wie vorher beschrieben. Ist diese Mittellinie in einer Karte dargestellt (z. B. Fig. 161, S. 354), so kann die Stationirung in dieser erfolgen. Die Stationspunkte und die sonstigen Brechpunkte des Längennivellements werden mit starken, bis zum Kopfe in den Boden getriebenen Pfählen bezeichnet und daneben ein Pfahl mit der Stationszahl geschlagen. Bei Bächen, Gräben, Wegen u. werden die Stationspfähle auf einem Ufer, bzw. einer Seite geschlagen. Wird bei solchen Anlagen die Aufnahme von Querschnitten erforderlich, so werden kurze, rechtwinkelig zur Axe stehende Querlinien abgesteckt. Die Länge derselben richtet sich nach den Anforderungen, welche der Entwurf stellt.

2. Das Nivellement.

Nachdem in der vorbeprochenen Weise das geometrische System für die Eintragung der Geländepunkte gewonnen ist, und dasselbe in einer Karte (§. 313), oder in einer Handzeichnung (§. 314) übersichtlich dargestellt ist, kann zur Ausführung des Nivellements geschritten werden.

a) Das Festpunkt-Nivellement.

Wie in §. 309 auseinandergesetzt worden ist, werden die Geländeaufnahmen §. 316. ausgeführt durch Nivellementszüge, welche bekannte Höhenpunkte verbinden. Zur Sicherstellung der Ergebnisse und zur Erreichung eines gleichmäßigen, ungestörten Verlaufes der Feldarbeit ist es erforderlich, daß diese Züge so an-

¹⁾ Die Richtigkeit der Absteckung muß durch geeignete Diagonalen versichert werden.

geordnet werden, daß nach einigen Aufstellungen¹⁾ wieder an einen bekannten Festpunkt angeschlossen werden kann.

Es ist daher vor Beginn der eigentlichen Höhenaufnahme eine Anzahl dauerhaft bezeichneter Höhenfestpunkte im Meßgebiet so zu vertheilen, daß dieselben geeignet sind, den Aufnahmezügen als Anschlußpunkte zu dienen. Dies wird im Allgemeinen erreicht, wenn die Festpunkte, je nach den Geländeverhältnissen, in einem gegenseitigen Abstand von mehreren 100 m angebracht werden. Bestimmte Vorschriften hierüber lassen sich nicht geben; es ist in jedem Falle nach den vorliegenden Umständen und der Ausdehnung des Gebietes sachgemäß zu verfahren, wobei im Allgemeinen die vorhandenen Wege, Wasserläufe und Gewanngrenzen das Netz der Höhenpunkte von selbst ergeben (Fig. 155 u. 156).

Die Festpunkte werden bezeichnet durch Steine oder kräftige Pfähle mit rund behauenen Kopf oder durch Steine und Pfähle, in deren Oberfläche starke Nägel oder Bolzen mit rundem Kopf eingelassen sind. Der Höhenpunkt wird durch die Horizontale des höchsten Punktes gebildet (Fig. 154). Da Brücken, Schleusen, Mühlen zc. stets für Culturverbesserungen eine große Bedeutung haben, so ist es empfehlenswerth, an diesen Bauwerken unzweifelhaft erkennbare Höhenmarken von besonderer Dauerhaftigkeit anzubringen. Hierzu eignen sich die in §. 276 erwähnten Höhenbolzen. Dieselben können in jedem massiven Mauerwerk mit Cement angebracht werden; es ist beim Einsetzen nur darauf zu achten, daß nicht über dem Bolzen befindliche Hindernisse²⁾ das lothrechte Aufsetzen der Nivellirlatte unmöglich machen. Erstreckt sich das Aufnahmegebiet auf Entfernungen, welche mehrere Kilometer betragen,

Fig. 154.

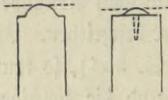
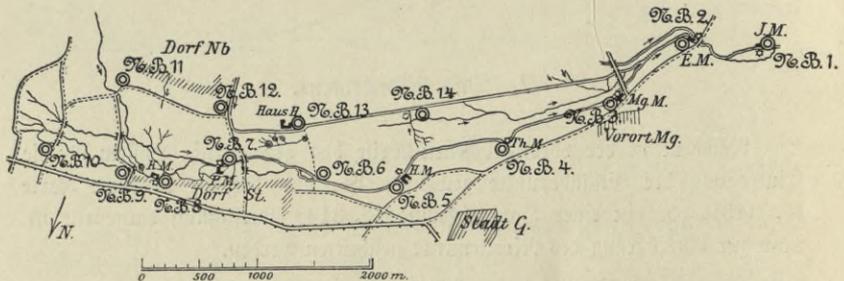


Fig. 155.



so ist es geboten, derartige Höhenbolzen³⁾ in Abständen von etwa 1 km an geeigneten Stellen in Bauwerken anzubringen; sind keine geeigneten Bauwerke vorhanden, so müssen besondere Bolzensteine der soeben besprochenen, oder der in §. 276 erwähnten Art gesetzt werden. Aber auch für kleine Gebiete, z. B.

¹⁾ Etwa 5 oder 6, möglichst nicht über 10.

²⁾ Mauerkronen, Fensterbänke, Gesimse zc.

³⁾ Derartige Bolzen kann jeder Schmied für geringen Preis herstellen; die Länge soll etwa 12 bis 15 cm betragen, der Durchmesser des Kopfes etwa 5 cm.

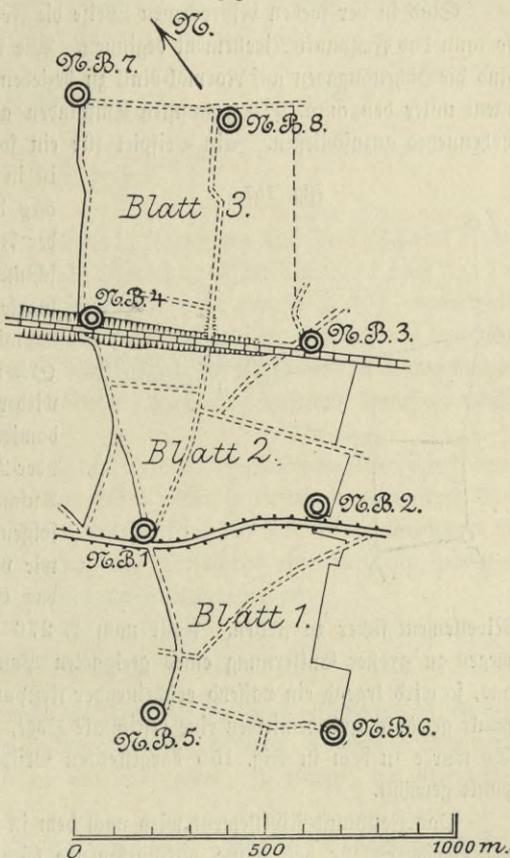
einzelne Parcellen, sind stets mehrere Festpunkte anzubringen, um gegen eine eventuelle Beschädigung eines einzigen Punktes, welche unter Umständen die ganze Arbeit unbrauchbar machen könnte, gesichert zu sein¹⁾.

Sind im Aufnahmegebiet dauerhafte Grenzsteine vorhanden, so können dieselben als natürliche Festpunkte theilweise als Ersatz der oben genannten gute Dienste leisten, besonders als Zwischenfestpunkte²⁾, um zu lange Züge zwischen den Hauptfestpunkten in

Fig. 156.

Abtheilungen zu zerlegen. Es ist jedoch dabei zu beachten, daß stets der höchste Punkt des Steines als Festpunkt genommen wird, und daß auch bei Beachtung dieser Bestimmung der Höhenpunkt nicht so scharf und unzweideutig bezeichnet ist, als bei der Verwendung der erwähnten besonderen Festpunkte, und daß Verwechselungen nicht ausgeschlossen sind; daher ist die ausschließliche Verwendung von Grenzsteinen nicht empfehlenswerth. Die Bestimmung von Treppentufen oder ähnlichen nicht unzweideutig zu bezeichnenden Punkten als Hauptfestpunkte ist ebenfalls zu vermeiden, da dadurch leicht zu Irrthümern und Verwechselungen Anlaß gegeben wird. Endlich ist bei der Auswahl der Festpunkte besonders darauf zu achten, daß dieselben bei den in §. 325 zu besprechenden Absteckungsarbeiten sowohl bequem zum Anschluß zu verwenden, als auch dauernd zu erhalten sind.

Einige Beispiele für die Vertheilung der Festpunkte sind in den Fig. 155 und 156 gegeben. In Fig. 155 sind die Festpunkte *N. B.* 1 bis *N. B.* 10 in Form von Nivellementsbolzen in dem Mauerwerk von Mühlengebäuden und



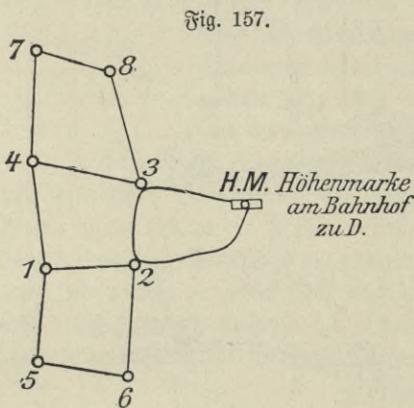
¹⁾ Vergl. die Festpunkte in Fig. 152 u. 153.

²⁾ Die Sinnbekleidung solcher Festpunkte erfolgt, wie in §. 307 erläutert worden ist.

Durchläßen längs des Hauptbaches angebracht, während die Punkte *N. B.* 11 bis 14 sich auf der gegenüberliegenden Seite des Meliorationsgebietes befinden. Fig. 156 zeigt die Festpunktanordnung für die Drainagevorarbeiten eines Theiles einer Gemarkung; die *N. B.* 1 bis 4 sind in Durchläßen bzw. Brücken angebracht, die *N. B.* 5 bis 8 durch Bolzensteine (Fig. 154) bezeichnet. — Die Auswahl der Festpunkte für kleine Gebiete ist aus den Fig. 152 u. 153 ersichtlich.

§. 317.

Sind in der soeben besprochenen Weise die Festpunkte angebracht worden, so kann das Festpunkt-Nivellement beginnen. Wie in §. 275 angegeben wurde, sind die Höhenangaben auf Normal-Null zu beziehen, und daher ist das Nivellement unter den in §. 276 genannten Umständen an einen Punkt des Landeshöhennetzes anzuschließen. Ein Beispiel für ein solches Anschluß-Nivellement



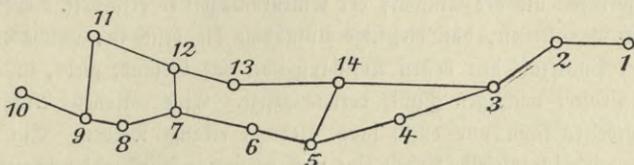
ist in Fig. 157 angegeben, welches das Nivellements-Linien-Netz der Fig. 156 darstellt. Als Anschlußpunkt diente eine Höhenmarke (*H.M.*) am Bahnhof zu *D.* Es wurde zunächst von *H.M.* über $\odot 2$ und $\odot 3$ in einer Schleife wieder nach *H.M.* nivellirt und damit für $\odot 2$ und $\odot 3$ die Höhe über *N. N.* gewonnen. Kann der Anschluß nur an einen Punkt erfolgen, z. B. nur durch einen Zug wie von *H.M.* nach $\odot 3$, so ist das Ergebnis durch ein zweites

Nivellement sicher zu stellen. Fällt nach §. 276 dies Anschluß-Nivellement wegen zu großer Entfernung eines geeigneten Punktes des Landeshöhennetzes aus, so wird irgend ein passend erscheinender Festpunkt (Bolzen) als Ausgangspunkt gewählt, und demselben eine bestimmte Höhe, z. B. 100,000 m beigelegt. So wurde in dem in Fig. 155 dargestellten Beispiel *N. B.* 3 als Ausgangspunkt gewählt.

Das Festpunkt-Nivellement wird nach dem in §. 304 bzw. 312 erläuterten Verfahren für das ganze aufzunehmende Gebiet zusammenhängend ausgeführt, wie aus den in den Fig. 157 und 158 dargestellten Höhenzug-Netzen, welche den Fig. 156 und 155 entsprechen, ohne Weiteres ersichtlich ist. Es werden ohne Rücksicht auf das Gelände allein die Höhenunterschiede zwischen den Festpunkten bestimmt, indem nur noch einzelne besonders wichtige Höhen, wie z. B. Punkte an Schleusen, Brücken, Mühlen, Wehren etc. und etwa erforderliche Zwischenfestpunkte mit in das Festpunkt-Nivellement einbezogen werden. Bei kleinen Geländeabschnitten, z. B. einzelnen Parzellen, ist das Nivellement in der Regel mit einigen Aufstellungen erledigt, darum aber nicht minder wichtig als bei größeren Aufnahmen.

Zur Ableitung der Höhen der einzelnen Festpunkte werden zunächst zugweise die Höhenunterschiede¹⁾ gebildet, und dann diese Zugergebnisse an der Hand der Liniennetzübersichten z. B. (Fig. 157 und 158) zur Berechnung der Höhen verwendet. So kann z. B. nach Fig. 157 in der folgenden Weise gerechnet werden: in einer Schleife von $\odot 3$ über $\odot 8$, $\odot 7$, $\odot 4$ nach $\odot 3$, sodann von $\odot 4$ über $\odot 1$ nach $\odot 2$, und schließlich von $\odot 1$ über $\odot 5$ und $\odot 6$ nach $\odot 2$. In Fig. 158 würde zunächst zu rechnen sein der Zug von

Fig. 158.



$\odot 3^2)$ nach $\odot 10$, und $\odot 3$ nach $\odot 1$, sodann von $\odot 9$ über $\odot 11$, 12 nach $\odot 7$, weiter von $\odot 12$ über $\odot 13$, 14 nach 5 , endlich von $\odot 14$ nach 3 . Die Widersprüche für die einzelnen Züge müssen in den in §. 306 angegebenen Grenzen bleiben, und können, wenn das der Fall ist, proportional den Zuglängen auf die einzelnen Punkte vertheilt werden³⁾. Gehen die Abweichungen aber über die erwähnte Grenze hinaus, so müssen dieselben durch ein Nachnivellement aufgeklärt werden.

Wenn das Nivellement nach dem in §. 312 beschriebenen Verfahren unter Anwendung von Wendelatten ausgeführt wird, so liefert ein einmaliges Vornivellement, welches in Schleifen, wie in Fig. 157 und 158, angeordnet ist, wegen der durchgreifenden Proben des Verfahrens eine durchaus genügend gesicherte Unterlage für die nachfolgende Flächenaufnahme.

b) Das Flächen-Nivellement.

Für welche Geländepunkte die Kenntniß der Höhe erforderlich ist, ist dem §. 318. Kulturtechniker, welcher den Entwurf aufstellt, bekannt. Bestimmte Regeln für die Auswahl der Punkte lassen sich nicht geben; es genügt, die allgemeinen Gesichtspunkte zu erwähnen.

Die Nivellementsarbeiten sollen dazu dienen, die Grundzüge des Entwurfes zu gewinnen, bei Wiesenanlagen die Linien der Ent- und Bewässerungsgräben zu entwerfen, Entscheidung zu treffen über die Bauform, z. B. ob Hang- oder Rückenbau, einfacher Rücken- oder Stagenbau. Bei Drainagen soll die Richtung der Sammeldrains und der Sauger, sowie die Lage der Ausmündungen zc. ermittelt werden. Außerdem sind specielle Fragen zu ent-

¹⁾ Nach der in §. 305 bezw. 312 gegebenen Anleitung.

²⁾ N. B. $\odot 3$ war als Ausgangspunkt gewählt.

³⁾ Rechner, welchen die Sätze der Ausgleichsrechnung geläufig sind, werden ein geeignetes Verfahren diesen Regeln entnehmen können.

scheiden, z. B. ob mit einer bestimmten Fachbaumhöhe noch diese oder jene Parcellen beherrscht werden kann, wie weit der Rückstau eines Wehres, einer Schleufe reicht; ob die Vorfluth für die Ausmündung eines Sammeldrains oder eines Entwässerungsgrabens gesichert ist.

Zur Beantwortung dieser Fragen ist es weder nothwendig noch in allen Fällen zweckmäßig, eine bis ins Einzelne gehende Darstellung der Geländeform zu gewinnen, es muß vielmehr, wenn nicht den Vorarbeiten eine unsachgemäße Ausdehnung gegeben werden soll, die Geländeform insoweit charakteristisch erhoben werden, als der Entwurf der Culturanlagen es erfordert. Es ist als Grundsatz aufzustellen, daß diejenige Aufnahme die beste ist, welche mit der geringsten Punktzahl den besten Aufschluß über das Gelände giebt, und keinen für das Project wichtigen Punkt vernachlässigt. Eine rationelle Ausführung der Vorarbeiten kann nur durch lange Uebung erlangt werden. Ein geübter Techniker wird für dieselbe Arbeit eine weit geringere Punktzahl gebrauchen als ein weniger geübter. Für den Anfänger ist es aber immerhin ein geringerer Fehler, zu viel Punkte zu nehmen, als zu wenig.

Wird das Nivellement auf Grund einer Karte ausgeführt, wie es nach der Erläuterung in §. 313 für große Arbeiten der Fall ist, so werden die Höhenpunkte im Anschluß an die vorhandenen Grenzlinien ausgewählt, indem soweit mit Rücksicht auf die Geländeform eben möglich ist, die Höhenpunkte in diesen Grenzlinien angenommen werden. In vielen Fällen ist die Auswahl sehr einfach, da sehr häufig die Richtung der Grenzlinien mit der Hauptrichtung der Geländeneigung übereinstimmt. Es werden die Höhenpunkte in Linien des stärksten Gefälles angeordnet, und diese Linien dem Verlaufe der Grenzen angepaßt, damit das Einschreiten oder Einmessen der Punkte möglichst einfach wird. Bei unregelmäßiger Geländeform werden die charakteristischen Linien (Geripplinien) des Geländes vorher (§. 313) in die Karte eingetragen, und danach die Höhenpunkte im Anschluß an die Grenzlinien ausgewählt. Dieses Verfahren liefert Darstellungen, welche besonders für die Bearbeitung culturtechnischer Projecte geeignet ist. Ein Beispiel für diese Anordnung ist in dem Höhenplan (Fig. 162 auf S. 356) gegeben.

Wenn für das Nivellement, wie in §. 314 erläutert ist, ein besonderes System von Aufnahmelinien, Längs- mit Querlinien, oder ein Quadratnetz zu nehmen ist, so ist das Verfahren der Hauptsache nach dasselbe; an Stelle der Linien, welche die Karte liefert, treten hier die Linien des Aufnahmenetzes¹⁾.

§. 319. Das Verfahren für die Höhenaufnahme eines Geländeabschnittes nach der Karte ist auf Grund der Erläuterungen in §. 309 das folgende:

Zur Ausführung der Feldarbeit sind zwei Techniker erforderlich²⁾. Der leitende Techniker ordnet an der Hand der Karte den Gang der Arbeit an, er weist den Lattenträgern ihre Plätze an, bezeichnet die aufzunehmenden Gelände-

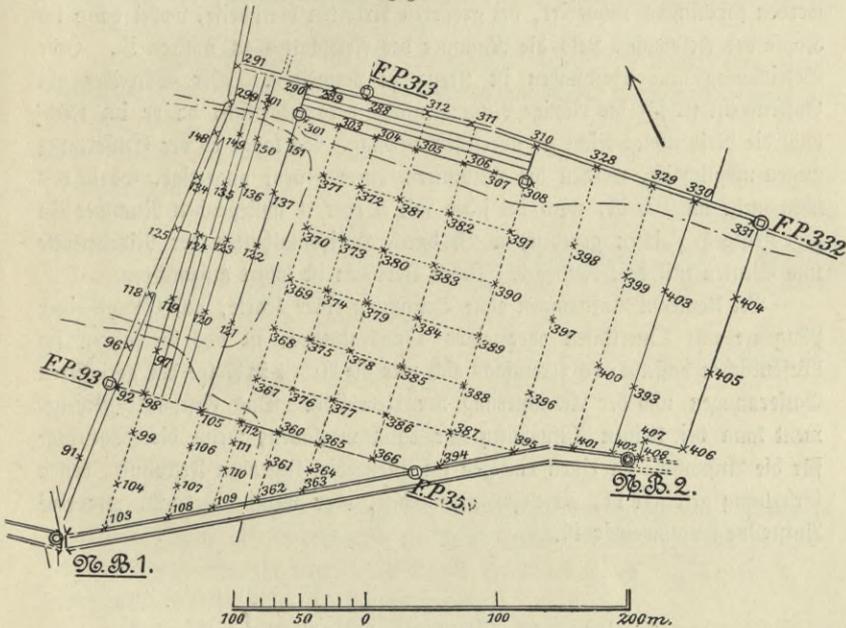
¹⁾ Die Mängel der Quadratnetzaufnahme sind bereits in §. 314 erwähnt.

²⁾ Wenigstens zur Erledigung größerer Arbeiten.

punkte und trägt sie in die Karte ein. Der zweite Techniker (Gehülfe) führt das Instrument, macht die Ableisungen und berechnet die Höhen. Zur Führung der Karte wird der in §. 313 erwähnte Feldtisch benutzt. Die Karte muß vor Beginn des Nivellements in der ebendort erwähnten Weise revidirt und vervollständigt sein, desgleichen müssen die Festpunkte mit ihren Nummern eingetragen sein.

Der Leitende bestimmt die Instrumentaufstellungen derart, daß möglichst große Geländeabschnitte von einer Aufstellung aus genommen werden können; zu dem Zweck sind in unebenen Gebieten die Züge auf ihrem Wege zwischen den Festpunkten geschieht den Geländeformen anzupassen. So ist z. B. in dem

Fig. 159.



in Fig. 159¹⁾ dargestellten Theile des Kartenblattes 2 aus Fig. 156 zunächst bei einem Nivellementszuge, welcher auf *N.B. 5* anfängt und in *N.B. 1* endigt, der durch eine strichpunktirte Linie umrahmte Theil in der Nähe des genannten Endpunktes aufgenommen und dabei der Zwischenfestpunkt *F.P. 93* bestimmt worden. Bei einem weiteren Zuge von *N.B. 1* nach *N.B. 4* ist der darüberliegende, in gleicher Weise umrahmte Complex nivellirt worden. Der obere Streifen ist erhalten worden bei einem Zuge längs des oben abgrenzenden Weges, und die Hauptfläche durch einen Zug von *N.B. 1* nach *N.B. 2*, wobei die Instrumentaufstellungen innerhalb der zu nivellirenden Fläche genommen wurden²⁾.

¹⁾ Wegen der Aufnahmelinien vergl. §. 313 (am Schluß).

²⁾ Dabei wurden die in der Fig. 159 eingezeichneten Steine als Zwischenfestpunkte *F.P.* bestimmt.

Bei diesen Zügen, welche nach dem in §. 308 bezw. 312 speciell erläuterten Verfahren ausgeführt werden, ist streng darauf zu achten, daß zuerst der Höhenunterschied zwischen den durch Unterlegeplatten bezeichneten Wechselfunkten bestimmt und berechnet, und dann erst die Geländepunkte aufgenommen werden. Da durch das System der im Bornivellement gewonnenen Festpunkte ein festgelegter Rahmen vorliegt, so kann für die Auswahl der günstigsten Zielweiten, welche im Festpunkt=Nivellement streng zu beachten ist, bei der Geländeaufnahme ein gewisser Spielraum gelassen werden. Derartige Erleichterungen wird jeder Techniker sachgemäß zu verwerthen wissen, ohne der Brauchbarkeit der Arbeit zu schaden. Die Ableesungen für die Feldpunkte werden je nach ihrer Bedeutung auf Centimeter oder Decimeter abgerundet (§. 308). Die Geländepunkte werden fortlaufend numerirt, bei größeren Arbeiten blattweise, wobei dann im Kopfe des Feldbuches stets die Nummer des Feldblattes zu notiren ist. Jede Bezeichnung nach Buchstaben ist streng zu vermeiden. Der Schreiber am Instrument ist für die richtige Nummernfolge verantwortlich, da er im Feldbuch die Reihenfolge leicht zu übersehen vermag. So lange es der Entfernung wegen möglich ist, werden die Nummern durch Zuruf angezeigt, sobald das nicht mehr möglich ist, wird bei jeder mit 5 oder 0 schließenden Nummer ein gegenseitiges Zeichen gegeben, z. B. durch Horizontalhalten der Nivellirlatte und Winken mit dem Feldbuch. Jeder Irrthum ist sofort aufzuklären.

Bei kleineren Aufnahmen ohne Benutzung einer Karte, auf Grund einer Längsaxe mit Querlinien oder eines Quadratnetzes, ist das Verfahren im Wesentlichen dasselbe; es vereinfacht sich nur die Arbeit in Folge der geringeren Entfernungen und der Erleichterung der Uebersicht. Das Festpunkt=Nivellement kann bei kleinen Aufnahmen nur dann wegfallen, wenn die Höhenzüge für die Aufnahme an einen einzigen im Meßgebiet liegenden Festpunkt, dessen Erhaltung gesichert ist, angeschlossen werden, oder wenn überhaupt nur eine Aufstellung nothwendig ist.

c) Das Längen=Nivellement.

§. 320.

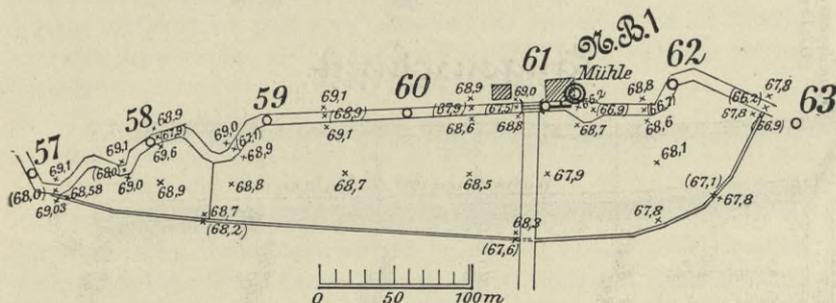
Wenn es sich um die Ausführung eines Längen=Nivellements handelt, wie es in §. 315 erwähnt ist, so ist es zweckmäßig, mit Rücksicht auf diese besonderen Verhältnisse, die Anordnung der Aufnahme dem entsprechend zu gestalten. — Ist die Linie in der in §. 314 angegebenen Weise stationirt, so ist es bei ebenem Gelände, z. B. bei Längen=Nivellements von Bächen, Gräben u., vielfach möglich, die Stationspunkte ohne Weiteres als Wechselfunkte beim Festpunkt=Nivellement zu benutzen. Die Stationspunkte müssen in dem Falle durch die Köpfe starker Nägel gebildet werden, welche in die Stationspfähle eingetrieben sind. Ist aber das Gelände nicht so beschaffen, daß die Stationspunkte eine gute Fortführung des Nivellements ermöglichen, so ist es unzuweckmäßig, sich an die Stationirung zu binden, und besser, die

Unterlegeplatten (§. 290) als Wechselfunkte zu verwenden und die Hauptstationspunkte als Festpunkte einzunivelliren.

Die Bestimmung der übrigen Punkte des Längenschnittes, sowie die der Querschnitte, erfolgt dann bei der Specialaufnahme im Anschluß an die Festpunkte des Längen=Nivellements. Haben die etwa aufzunehmenden Querschnitte nur eine geringe Ausdehnung, wie es bei Bach-, Graben- oder Wege=Nivellements in der Regel der Fall ist, so verfolgen Festpunkt- und Aufnahme=Nivellement denselben Weg; sind die Querschnitte von großer Ausdehnung, so werden wie in §. 319 die Aufnahme=Nivellements so angeordnet, daß möglichst viele Punkte von einer Instrumentaufstellung aus, und doch nach Möglichkeit die Punkte eines Querschnittes nach einander, genommen werden können.

In manchen Fällen ist es zweckmäßig, neben der Karte oder Handzeichnung, in welche die Aufnahmepunkte mit ihren Nummern eingetragen

Fig. 160.



werden, noch eine Handzeichnung der Querschnitte anzufertigen¹⁾. Haben in einzelnen Fällen die Querschnitte ein sehr starkes Gefälle, so kann es unter Umständen zweckmäßig sein, jedes Profil im Anschluß an den Festpunkt des Längen=Nivellements für sich aufzunehmen.

Bei der Aufnahme der Querschnitte eines Grabens oder kleinen Baches genügt es in der Regel, wenn die beiden Uferpunkte und ein Sohlenpunkt aufgenommen, und die Querschnittsdimensionen an geeigneten Stellen gemessen werden. Hierbei kann die Nivelirrolle in den meisten Fällen ohne Weiteres auf den Sohlenpunkt aufgehalten werden. Ein Beispiel zu einer solchen Bachaufnahme im Anschluß an eine Karte²⁾ zeigt Fig. 160.

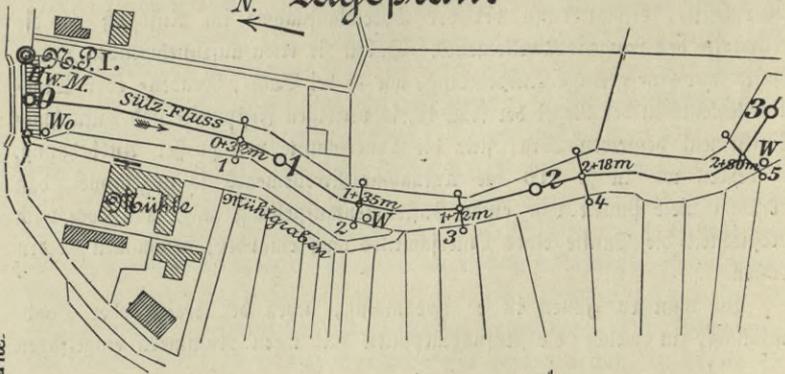
Bei größeren Bächen ist es zweckmäßig, die Querschnitte einzeln, nach Ausführung des Längen=Nivellements, zu messen. Dabei werden dann die Höhen der Sohlenpunkte entweder durch unmittelbares Aufhalten der Nivelir-

¹⁾ Etwa wie in Fig. 161.

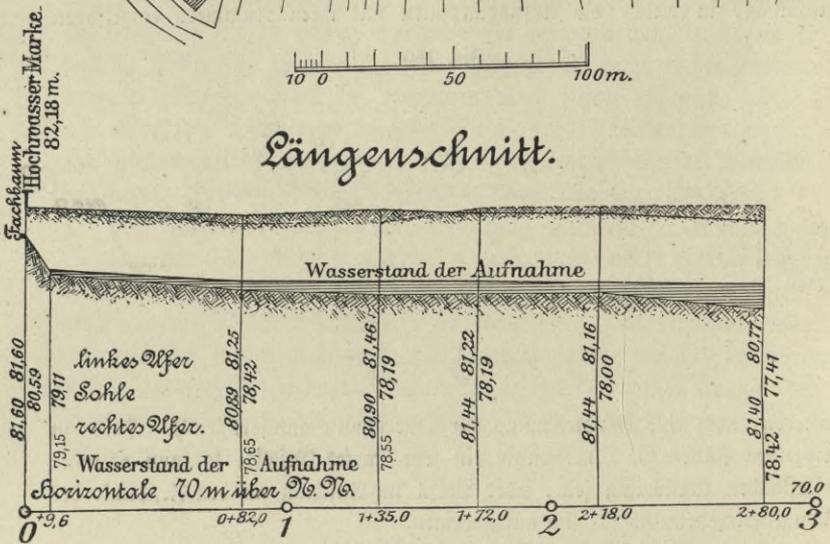
²⁾ Das Nivellement entspricht dem unteren Theile des Bachlaufes in Fig. 155. Die eingeklammerten Zahlen bedeuten die Sohlenhöhen.

Fig. 161.

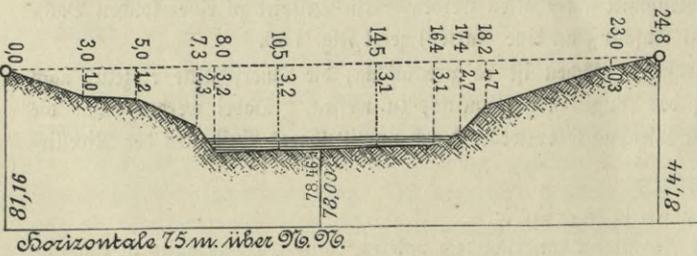
N. Lageplan.



Längenschnitt.



Querschnitt 2+18 m.



latte wie bei den sonstigen Geländepunkten bestimmt, oder es wird als Hilfs-horizontale (h_i , Fig. 116, S. 300) der Wasserspiegel benutzt, dessen Höhenlage dann mit Hilfe einnivellirter besonderer Wasserstandsmarken (siehe weiter unten) ermittelt wird, oder endlich es wird irgend eine andere der Höhenlage nach bekannte Linie, eine wagerechte oder auch eine geneigte (wie in dem Beispiel Fig. 161) verwendet.

Ein Beispiel zu einer solchen Aufnahme ist in Fig. 161 dargestellt. An geeigneten Stellen des zwischen 20 bis 25 m breiten Baches sind rechtwinkelig zur Stromlinie durch starke Pfähle Querlinien 1, 2, 3 *z.* bezeichnet worden. Die rund behauenen Köpfe dieser Querschnittspfähle sind beim Längen-Nivellement sorgfältig einnivellirt worden. Die Messung der Querschnitte des Baches, dessen Sohle bis 3 und 4 m unter dem Ufer lag, geschah in diesem Falle nicht durch unmittelbares Einnivelliren der Sohlenpunkte, da dasselbe wegen der großen Höhenunterschiede zu schwierig geworden wäre, sondern in der Weise, daß eine in Meter eingetheilte Schnur quer über den Bach von Pfahlkopf zu Pfahlkopf gespannt und die Abstände der Sohlenpunkte von dieser der Höhe nach bekannten Linie unmittelbar an der Nivelir-latte abgelesen wurden, wie sich aus dem Querschnitt in Fig. 161 ohne Weiteres ergibt.

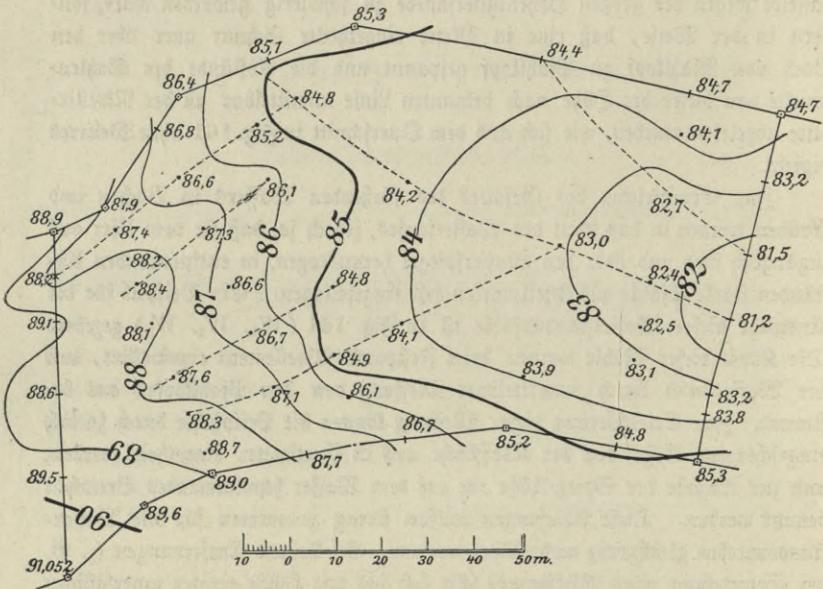
Zur Ermittlung des Gefälles des fließenden Wassers in Bächen und Gräben werden in das Bett des Wasserlaufes, jedoch so, daß sie vom Ufer aus zugänglich sind und über den Wasserspiegel herausragen, in entsprechenden Abständen starke Pfähle als Pfeilmarken fest eingeschlagen. Ein Beispiel für die Auswahl dieser Wasserstandspfähle ist in Fig. 161 (W_0, W_2, W_3) gegeben. Die Köpfe dieser Pfähle werden beim Festpunkt-Nivellement einnivellirt, und der Wasserstand durch unmittelbare Messung von den Pfahlköpfen aus bestimmt. Zur Erleichterung dieser Messung können die Peilpfähle durch seitlich eingeschlagene Nägel von der Kopffläche aus in Centimeter eingetheilt werden, und zur Angabe der Spiegelhöhe ein auf dem Wasser schwimmendes Brettchen benutzt werden. Diese Ablesungen müssen streng genommen für alle Wasserstandsmarken gleichzeitig ausgeführt werden. Bei kleinen Entfernungen (z. B. bei Ermittlung eines Rückstaues) läßt sich das mit Hilfe einiger zuverlässiger Arbeiter leicht erreichen, bei größeren Verhältnissen ist es zweckmäßiger, die Ablesungen der Reihe nach zweimal hinter einander in entgegengesetzter Richtung vorzunehmen und das Mittel der Ablesungen einzuführen. Das Resultat einer solchen Bestimmung ist der Wasserstand der Aufnahme. Die Wasserstände zu anderen Zeiten, hauptsächlich Hoch- und Niedrigwasser, sind durch besondere Aufnahmen oder durch Einnivelliren von als unzweifelhaft angegebenen Punkten an Brücken, Schleusen *z.* zu ermitteln. Bei Wasserläufen, deren Gefälle durch Wehre oder Schleusen in Abtheilungen zerlegt wird, ist das Gefälle für jede Abtheilung gesondert zu bestimmen.

3. Ausarbeitung der Höhenaufnahmen.

a) Der Schichtenplan.

§. 321. Nach Abschluß der Feldarbeit und Berechnung sämtlicher Höhen werden diese mit Tinte in die Feldblätter eingetragen, wobei gleichzeitig die Punktzeichen und Nummern, falls dieselben nicht gleich im Felde mit Tinte eingetragen sind, mit Tinte ausgeschrieben werden. Um Verwechslungen zu vermeiden, ist es zweckmäßig, verschiedenfarbige Tinten für diese Eintragungen zu verwenden. Es sind dann die Punktnummern mit schwarzer Tinte, die Höhenzahlen mit

Fig. 162.



brauner Tusche (Sepia) und sämtliche sich auf einen Wasserlauf beziehenden Zahlen mit blauer Tusche einzutragen. Ferner werden alle im Felde vorläufig nur in Blei eingezeichneten Vervollständigungen, z. B. Böschungen u., sowie etwaige Bemerkungen in Tinte ausgeschrieben.

Danach wird die Auszeichnung der Schichtenlinien, das sind Linien gleicher Höhe¹⁾, begonnen. Der Abstand dieser Schichtenlinien wird je nach den Verhältnissen bemessen; geeignete Abstände sind $\frac{1}{4}$ m, $\frac{1}{2}$ m, 1 m, 2 m. Die Lage der Punkte gleicher Höhe wird in den die nivellirten Punkte verbindenden Profil- und Geripplinien nach dem Augenmaße geschätzt, und danach auf Grund

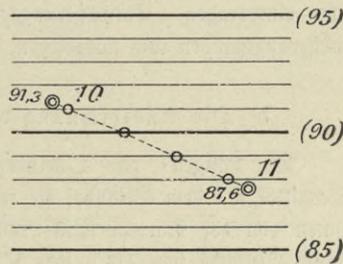
¹⁾ Horizontalcurven, Niveau-curven, Fjohypsen.

der im Felde angemerkten Curvenrichtung die Schichtenlinie in glattem, charakteristischem Zuge der Geländeform angepaßt. Zur Unterstützung dieser Auszeichnung ist es zweckmäßig, wenn vorher die Profil- und Geripplinien nach dem Augenmaße cotirt, d. h. die Schichtenhöhen in diesen Linien angegeben werden. Diese Cotirung kann, wenn die Punktabstände groß sind, durch eine graphische Interpolation erleichtert werden. Ein zweckmäßiges Hilfsmittel hierzu ist ein System von parallelen Linien, wie es in Fig. 163 angedeutet ist. Dies Liniensystem wird auf einem Stück Pauspapier oder Pausleinwand mit Tusche ausgezeichnet, wobei hauptsächlich auf den durchaus gleichen Abstand der Linien zu achten ist. Der Gebrauch dieses Hilfsmittels zur Cotirung ist der folgende: Es soll die Cotirung zwischen den Punkten 10 und 11 mit den Höhen 91,3 und 87,6 (vergl. Fig. 163) nach ganzen Metern ausgeführt werden. Das Liniensystem wird so auf die Karte gelegt, daß in den von fünf zu fünf durch stärkere Striche eingetheilten Linien, die Punkte eine ihrer Höhe entsprechende Lage erhalten, wenn die starken Striche eine durch fünf theilbare Höhenlinie bezeichnen, wie in der Figur durch die eingeklammerten Zahlen angegeben ist. Werden dann die Meterpunkte durch Durchstechen mit einer Nadel in die Karte übertragen, so sind die gesuchten Cotirungspunkte bestimmt. Für verschiedene Punktabstände, Kartenmaßstäbe und Gefälle sind verschiedene solcher Parallelsysteme mit entsprechenden Abständen zu entwerfen, welche man leicht in zweckentsprechender Weise auswählen kann (z. B. in Abständen von 2, 5, 10 mm). Diese so gewonnenen Coten dürfen aber nur als Anhalt für die Auszeichnung der Schichtenlinien dienen, welche in erster Linie die Form des Geländes zum Ausdruck bringen sollen. Dazu ist es rathsam¹⁾, die Schichtenlinien im Felde, mit der Karte in der Hand, mit der Geländeform in Uebereinstimmung zu bringen. — Sind die Schichtenlinien endgültig festgestellt, so werden sie mit brauner Tusche (Sepia) ausgezogen; dabei werden, zur Erlangung einer bequemen Uebersicht, die Curven in Gruppen zusammengefaßt, indem die Hauptschichten stark gezeichnet werden; z. B. sind bei $\frac{1}{5}$ und $\frac{1}{4}$ m-Abständen die Meterschichten, bei $\frac{1}{2}$ m-Abständen die 2 m-Schichten, bei 1 m-Abständen die 5 m-Schichten, bei 2 m-Abständen die 10 m-Schichten als Hauptlinien einzuführen.

Nach dieser Auszeichnung ist der Lageplan zur Bearbeitung des Entwurfes der Culturverbesserung fertiggestellt. Ein Beispiel giebt Fig. 162, welche einen Abschnitt aus einem Wiesenthal darstellt.

Ist die Höhenaufnahme nicht auf Grund einer Karte vorgenommen, son-

Fig. 163.



¹⁾ Besonders für den Anfänger.

dern mit Hülfe einer Längsaxe mit Querlinien oder eines Quadratnetzes, so wird nach Aufzeichnung des Liniennetzes in gleicher Weise verfahren, wie aus Fig. 153 ersichtlich ist.

Ist nach der Bearbeitung des Projectes die Zeichnung eines Kleinplanes erforderlich, so wird derselbe durch Copiren des Feldplanes hergestellt. Für die Ausarbeitung dieses Planes gelten für Preußen die folgenden amtlichen Vorschriften:

1. Bestimmungen über die Anwendung gleichmäßiger Signaturen für topographische und geometrische Karten, Pläne und Plisse, laut Beschluß des Centraldirectoriums der Vermessungen im Preussischen Staate vom 20. December 1879. (Neuaufgaben mit Berücksichtigung der Abänderungen.)
2. Instruction für die Ausführung der technischen Vorarbeiten bei Landes-Meliorationen.

In diesen Bestimmungen ist vorgeschrieben, daß alles Bestehende in schwachen, schwarzen Linien, das Project in starken, rothen Linien auszuzeichnen ist; alle Geländehöhen und die Schichtenlinien sind braun, alle Wasserhöhen blau einzutragen. Entwässerungsgräben und Drainstränge werden blau, Bewässerungsgräben roth ausgezogen.

b) Die Auszeichnung der Längen- und Querschnitte.

§. 322. Die Längen- und Querschnitte sind die Darstellung eines lothrechten Schnittes mit dem Gelände; sie werden oben begrenzt durch die Geländelinie, unten von der Normal-Null-Linie oder einer hierzu Parallelen, welche um ganze Vielfache von 10 m von *N. N.* abstehen soll. Diese Grundlinie wird von 100 zu 100 m stationirt, und danach die Lage der Fußpunkte eingetragen, in denen die den Höhenzahlen entsprechenden Lothe zu errichten sind. Zur deutlichen Darstellung der Höhenverhältnisse werden die Höhenwerthe in einer entsprechenden Vergrößerung gegenüber den Längenmaßen aufgetragen, z. B. 5, 10 oder 20 Mal so groß. Die Größe dieser Verzerrung (Ueberhöhung) hängt von den Gefällverhältnissen ab und wird je nach dem Gebrauch, der von dem Plane gemacht werden soll, bemessen. Für die Länge wird in der Regel am besten der Maßstab der Karte gewählt, ist keine Karte vorhanden, so wird er sachgemäß bestimmt. Die Querschnitte werden im Maßstab der Höhen des Längenschnittes entworfen; eine Verzerrung darf bei denselben nicht angewendet werden, da sie gegebenen Falls zur Bestimmung des Flächeninhaltes der Profile dienen sollen.

Zur Auszeichnung der Längen- und Querschnitte wird am besten quadrirtes Papier, „Millimeter-Papier“, oder für verschiedene Maßstäbe besonders vorgedrucktes „Profilpapier“¹⁾ benutzt.

¹⁾ Derartige Papiere sind z. B. zu beziehen von der Firma J. P. Haarhaus Söhne in Elberfeld.

Ein Beispiel für die Ausarbeitung eines Längen- und Querprofils ist in Fig. 161 gegeben. Die wesentlichsten für die Auszeichnung der Profile maßgebenden allgemeinen Regeln der in §. 321 (unter 1.) genannten Bestimmungen sind in §. 21 derselben gegeben:

1. Die Höhenangaben müssen, soweit dies überhaupt zu ermöglichen ist, auf den Normal-Nullpunkt der Höhen im Preussischen Staate bezogen werden. Wo die hierfür erforderlichen Anschlußmessungen fehlen, müssen die Höhenangaben in positiven Zahlen erscheinen.

Die gleichmäßige Verkürzung der Ordinaten beim Zeichnen des Profils geschieht in glatten Zahlen, und zwar thunlichst von 10 zu 10 m. Die Ordinatenzahlen selbst werden aber nicht gekürzt, sondern vollständig in die Profile eingeschrieben.

2. In den Nivellementsprofilen werden die Terrainlinie, die Horizontale und die Ordinaten zwischen der Terrainlinie und der Horizontalen schwarz, Wasserstandlinien blau ausgezogen.

Die projectirten Höhenlagen der Straßen, Eisenbahnen, Deichkronen *z.*, sowie die dazu gehörigen Ordinaten, werden zinnoberroth ausgezogen.

3. Die Profilsfläche des Auftrages wird blaßroth, des Abtrages grau (mit chinesischer Tusche), des Terrains sepia Braun, des Wassers bis zum Wasserspiegel blau, des Moores oder Torfes geeigneten Falls schwarzgrün, der vorhandenen Brücken oder sonstigen Bauwerke schwarz, der projectirten Bauanlagen zinnoberroth angelegt bzw. schraffirt.

4. Alle Höhenzahlen, welche sich auf das Terrain beziehen, werden in die Profile schwarz, diejenigen, welche sich auf Hochwasser, mittlere und niedrige Wasserstände *z.* beziehen, blau, endlich diejenigen, welche sich auf projectirte Höhenlagen der Straßen, Eisenbahnen *z.* beziehen, zinnoberroth eingeschrieben.

5. Die Längenprofile von Flüssen, Bächen *z.* sind in der Regel so aufzutragen, daß der Ursprung des Flusses in der Zeichnung linker Hand liegt. Das linke Ufer ist in der Regel in Volllinien, das rechte Ufer, falls von demselben nicht etwa ein besonderes Profil gezeichnet wird, durch punktirte Linien anzudeuten.

In den Querprofilen von Flüssen, Bächen *z.* muß das rechte Ufer auch in der Zeichnung stets rechter Hand liegen.

B. Die Nivellementsarbeiten beim Abstecken der Entwürfe.

Bei der Absteckung projectirter Verbesserungsanlagen handelt es sich §. 323. darum, so viel Punkte derselben, sowohl der Lage als der Höhe nach, im Gelände zu bestimmen und durch Pfähle zu bezeichnen, daß danach die Ausführung der Erdarbeiten oder sonstigen baulichen Anlagen (Brücken, Wehre, Schleusen *z.*)

mit Hilfe der bei Erd- und Bauarbeiten üblichen Hilfsmittel¹⁾ vorgenommen werden kann. Die Art dieser Absteckung hängt ab von der Ausführung der Vorarbeiten. Sind dieselben, wie in §. 313 angegeben, auf Grund eines Planes, oder wie in §. 314 auf Grund eines entsprechenden Liniennetzes ausgeführt, so sind die wesentlichsten Punkte des Projectes im Anschluß an diese geometrischen Unterlagen ins Gelände zu übertragen.

In manchen Fällen aber ist bei einfachen Culturverbesserungen die Sachlage so übersichtlich, daß es gar nicht nothwendig ist, irgend welche Vorarbeiten auszuführen, daß vielmehr die Grundzüge des Projectes unmittelbar nach der Anschauung sich entwerfen lassen. Da diese Absteckungsarbeiten die einfachsten sind, so sollen dieselben zunächst behandelt werden.

1. Die unmittelbare Absteckung der Verbesserungsanlagen ohne Vorarbeiten.

§. 324. Diese Absteckungsarbeiten sollen an einigen Beispielen kurz erläutert werden.

a) Absteckung eines Bewässerungsgrabens mit bestimmtem Gefälle. — An der oberen Grenze eines Wiesenhanges sei der Anfangspunkt eines Bewässerungsgrabens, dessen Lage keiner Beschränkung²⁾ unterworfen ist, unmittelbar gegeben. Es soll von dem gegebenen Punkte aus der Bewässerungsgraben mit einem Sohlengefälle von 1 : 2000 abgesteckt werden. Der bestimmte Anfangspunkt der Sohle wird durch einen Grundpfahl bezeichnet. Da von der Kopffläche dieses Pfahles ausgehend die Sohle das vorgeschriebene Gefälle haben soll, so liegt die Aufgabe vor, Punkte aufzufinden, welche bei bestimmten Entfernungen die dem gegebenen Gefälle entsprechenden Höhenunterschiede haben. Da es leicht ist, mit Hilfe des Nivellirinstrumentes jeden beliebigen Höhenunterschied abzufegen, so ist es zweckmäßig, den aufzufindenden Punkten unter einander gleiche Entfernungen zu geben, und zwar solche, welche sich mit den üblichen Längennestwerkzeugen leicht und schnell beschaffen lassen, z. B. 20 m, bei Verwendung eines 20 m langen Meßbandes. Der dieser Entfernung entsprechende Höhenunterschied ist $\frac{1}{2000} \times 20 \text{ m} = 0,01 \text{ m}$. Das

Verfahren ist nunmehr das folgende: Das Nivellirinstrument wird so aufgestellt, als wenn von dem bestimmten Anfangspunkte ausgehend ein Längennivellement in der muthmaßlichen Richtung des Grabens ausgeführt werden soll, indem die Lattenpunkte in dieser Richtung ausgewählt werden. Nach Bestimmung des ersten Höhenunterschiedes zwischen dem Anfangspunkte und einem in entsprechender Entfernung (etwa 100 m) durch eine Unterlagsplatte oder einen Pfahl bezeichneten Wechsellpunkte, wird in der Grabenrichtung das

¹⁾ Wirtstafeln und Wasserwagen.

²⁾ Eigenthum eines Besitzers.

Messband vom Anfangspunkte an ausgespannt und an seinem Ende mit Hilfe der Nivellirlatte ein Geländepunkt aufgesucht, der 1 cm tiefer als der Anfangspunkt liegt, bei dem die Ableseung also 1 cm größer ist als beim Anfangspunkte. War z. B. die Ableseung für den Anfangspunkt 1,230 m, so muß die Ableseung 1,24 sein. Eine peinliche Genauigkeit ist natürlich hierbei nicht nothwendig, da die Fortführung der Höhen durch die mit Unterlageplatten scharf bezeichneten Wechsellpunkte geschieht. Ist der Punkt gefunden, so wird er durch ein Pfählchen markirt, und das Band von hier aus in die folgende Lage gebracht, und in gleicher Weise am Ende desselben ein Punkt ausgewählt, welcher 2 cm unter dem Anfangspunkt liegt, dessen Ableseung also 1,25 wird. In dieser Weise wird fortgefahren, bis die Linie in die Nähe des Wechsellpunktes fortgeführt ist, es sei dies z. B. nach der fünften Bandlage, also bei einem Abstand von 100 m vom Anfangspunkte (bei Station 1). Das Instrument wird nun in die nächste Aufstellung gebracht. Der fünfte Punkt muß 5 cm unter dem Anfangspunkte liegen; wird für den Anfangspunkt die Höhe 1 m eingeführt, so hat der fünfte Punkt die Höhe 0,95. Ist nun der Höhenunterschied zwischen Anfangs- und Wechsellpunkt zu $-0,215$ ($\times 9,785$) ermittelt worden, so ist die Höhe des letzteren $0,785$ m. Beträgt nun die Ableseung an dem Wechsellpunkt in der neuen Aufstellung 1,450, so ist die Höhe der Ziellinie $0,785 + 1,450 = 2,235$ m. Der zunächst aufzusuchende Punkt soll die Höhe 0,94 haben, demnach beträgt die abzusteckende Ableseung $2,24 - 0,94 = 1,30$, für den folgenden Punkt 1,31 u. Die Ableseung im fünften Punkte liefert eine sich leicht darbietende Probe. — Es ist nicht zweckmäßig, auf die Bestimmung der Höhenunterschiede in dem fortlaufenden Zuge zu verzichten, da durch dieselben bei der Punktaufsuchung Zeit gespart wird, weil es dabei genügt, die einzelnen Punkte nur genähert aufzusuchen, ohne daß die richtige Fortführung des Gefälles Schaden leidet. — Die Hauptpunkte (Stationspunkte von 100 zu 100 m) und sonst etwa wichtige Punkte werden durch starke Grundpfähle als Höhenfestpunkte bezeichnet, während die übrigen Punkte lediglich zur Bestimmung der Richtung dienen, welche in der Regel beim Ausbau doch noch einzelne Veränderungen erleidet, wie z. B. durch die Ausrundung der Wechsellpunkte. — Ein Control-Nivellement über die mit Grundpfählen versehenen Hauptpunkte sichert die richtige Absteckung.

b) Absteckung eines Entwässerungsgrabens oder Sammel-drains. — Die Linie wird nach dem Augenmaße im Gelände ausgewählt und abgesteckt. Wenn dann noch eine Prüfung des Gefälles oder der Vorfluth nothwendig erscheint, so wird für die abgesteckte Linie in der früher erörterten Weise ein Längennivellement ausgeführt und danach, eventuell auf Grund eines Längensprofils, beurtheilt, ob und welche Verschiebungen der Linie anzuordnen sind.

2. Die Absteckung auf Grund eines Planes.

§. 325. Die projectirten Grabenanlagen werden im Anschluß an die Grenzen oder das Liniennetz der Aufnahme ins Feld übertragen und dabei gleichzeitig der Geländeform nach dem Augenmaße möglichst angepaßt. — Die projectirten Sohlenhöhen werden entweder, wie in §. 324 angegeben, bestimmt, wobei die Entfernungen aus dem Plan entnommen werden können, oder es wird noch auf Grund der nach dem Plan abgesteckten, der Geländeform angepaßten und in den Brechpunkten ausgerundeten Linie, ein Längenprofil zur Ermittlung der endgültigen Höhenlage aufgenommen. Das wird z. B. nothwendig, wenn in einem Graben Abstürze oder Gefällwechsel einzuschalten sind, oder Ueber- und Unterführungen anderer Gräben projectirt sind. In dem Falle wird, wie in §. 320 angegeben, zunächst die abgesteckte Linie stationirt, dann nivellirt, danach ein Längenprofil gezeichnet, und in diesem das Project endgültig entworfen. Danach ergeben sich dann ohne Weiteres die in den einzelnen mit Grundpfählen versehenen Stations- und sonstigen Tracenpunkten abzusetzenden Auf- und Abtraghöhen. Diese werden in einer Handzeichnung oder Tabelle nach den Stationen zusammengestellt, so daß danach jeder mit der Ausführung von Erdarbeiten vertraute Techniker die Projecthöhen für die Tracenpunkte abzusetzen versteht. Die Zwischenpunkte werden mit den bei Erdarbeiten üblichen Hilfsmitteln ¹⁾ gefunden.

Für besonders wichtige Punkte, wie z. B. den Fachbaum eines Wehres oder einer Schleuse, oder die Sohlenpunkte bei Ueber- und Unterführungen, werden für den Bau die projectirten Höhen von den Festpunkten aus mit dem Nivellirinstrument bestimmt. Soweit möglich, sind daher schon beim Vornivellement Festpunkte in der Nähe des muthmaßlichen Ortes derartiger Anlagen anzubringen. — Es sei z. B. der Fachbau eines Wehres projectirt zu 108,56 m; ein in der Nähe liegender Festpunkt habe die Höhe 110,142; es ist demnach die Fachbaumhöhe 1,58 m unter dem Festpunkte einzurichten. Es wird das Nivellirinstrument an geeigneter Stelle aufgestellt und an der auf dem Festpunkte aufgehaltene Latte z. B. 0,630 m abgelesen, somit muß die Ablefung für den Fachbaum $0,63 + 1,58 = 2,21$ lauten. Empfehlenswerther ist es, die Berechnung solcher Absteckungen stets mit Hilfe der Instrumenthöhe h_i nach §. 278, Formel 2^a) und 2^b) zu machen. In diesem Falle haben wir

$$h_i = 110,142 + 0,630 = 110,772;$$

es ist $h_n = 108,56$ demnach die abzusteckende Ablefung

$$l = h_i - h_n = 110,772 - 108,56 = 2,212 \text{ m.}$$

¹⁾ Wirtstafeln.

Der dieser Ableitung entsprechende Punkt wird mit einem Pfahl oder an einem Pfosten in unmittelbarer Nähe der Anlage bezeichnet, so daß danach ohne Weiteres beim Bau die Fachbaumhöhe entnommen werden kann. Sind zur Uebertragung der Höhe mehrere Instrument-Aufstellungen notwendig, so ist das Verfahren im Princip dasselbe. Die Richtigkeit der Absteckung muß stets durch eine zweite Bestimmung mit neuer Instrument-Aufstellung geprüft werden.

Bei der Absteckung von Drainagen, welche auf Grund eines Planes entworfen sind, wird nur in besonders schwierigen Fällen, z. B. in ebenem Gelände, ein Längennivellement der abgesteckten Sammeldrains notwendig werden. Die Ausführung ist im Wesentlichen dieselbe, wie die vorstehend erwähnte.

3. Die Absteckung beim Hang- und Rückenbau.

Nach dem Ausbau der Hauptwasserführungen wird die Anlage der Bewässerungs- und Entwässerungsgräbchen im Anschluß an diese Hauptgräben vorgenommen. Auch zu diesen Absteckungen ist das Nivellirinstrument das geeignetste Hilfsmittel, weil es am schnellsten zum Ziele führt. Ein Anschluß an die Höhenfestpunkte ist dabei nicht notwendig, da es allein auf die richtige Anlage dieser Gräbchen zu den Hauptgräben ankommt. — Um die Richtung von Bewässerungsrinnen zu erhalten, werden auf dem Gelände für die Herstellung dieser Gräbchen geeignete Horizontale abgesteckt. Dies geschieht am einfachsten mit Hilfe einer mit einem Schiebebrettchen versehenen Latte, indem nach Aufstellung und Horizontirung des Instrumentes das Schiebebrettchen in die Visurhöhe geschoben wird, und nun Geländepunkte aufgesucht werden, welche in gleicher Höhe liegen. Muß die Instrumentaufstellung gewechselt werden, so wird im Anschluß an den zuletzt abgesteckten Punkt das Verfahren fortgesetzt. Da es sich hierbei nicht um eine exacte Fortführung der Höhe handelt, sind weder Nivellirlatten noch Unterlageplatten notwendig. — In ähnlicher Weise werden die Bewässerungsrinnen der Rücken bestimmt, indem, nach Absteckung der Richtung derselben, die Köpfe von Pfählen am Anfang und Ende der Rinnen in die entsprechenden Höhen eingetrieben werden.

Handelt es sich um die Absteckung einer projectirten Fläche von gegebener Lage, wie sie z. B. beim künstlichen Hangbau vorkommen kann, und welche etwa auf Grund eines Schichtenplanes entworfen ist, so werden für einige Punkte im Anschluß an die Festpunkte die Höhen ins Feld übertragen, oder auch auf Grund des Planes die Auf- und Abtraghöhen für solche Punkte, welche durch Pfähle bezeichnet sind, durch den Bauleitenden während der Ausführung der Erdarbeiten unmittelbar angegeben. Eine scharfe Innehaltung der im Plan für derartige Flächen projectirten Höhen ist beim Wiesenbau in der Regel nicht notwendig, da es dabei hauptsächlich darauf ankommt, für

die Bewässerung geeignete Lagen herzustellen, und die nothwendige Ausgleichung der Auf- und Abtragmassen durch den Bauleitenden während der Arbeit vorgenommen werden muß¹⁾.

C. Die Verwendung des Höhenkreises zur Höhenaufnahme bei Culturverbesserungen.

§. 327. Für die Beantwortung mancher Fragen bei Culturverbesserungen ist es wünschenswerth, schnell eine ungefähre Angabe über irgend welche Höhenverhältnisse zu erhalten. In solchen Fällen ist es häufig zu umständlich und zeitraubend, das

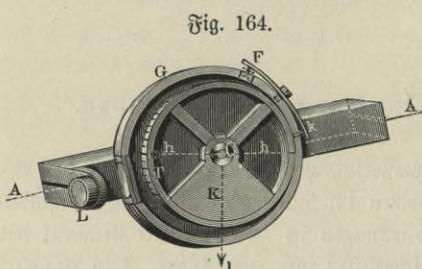


Fig. 164. Höhenmesser von Max Wolz in Bonn.

Nivellirinstrument zu verwenden, und daher empfehlenswerth, geeignete und für solche Einzelbestimmungen schneller zum Ziele führende Hilfsmittel zu benutzen. Ein sehr zweckmäßiges Hilfsmittel dieser Art, welches bei geringeren Entfernungen mit großem Vortheil als Ersatz²⁾, besonders aber auch als Ergänzung des Nivellirinstrumentes Verwendung finden kann, ist der „Höhenkreis“.

Das Princip des Instrumentes ist das folgende: Für einen in seiner Ase lothrecht schwebenden Kreis oder Kreisring ist die Masse so angeordnet, daß er sich durch sein eigenes Gewicht stets in dieselbe Lage zum Horizont einstellt. In Fig. 164 ist ein nach diesem Princip construirtes, besonders zweckmäßiges Instrument von Max Wolz in Bonn veranschaulicht. *K* ist eine um ihre centrische Ase *C* freischwebende Kreisfläche, welche in Folge der aus der Figur ersichtlichen Durchbrechung die zur Erreichung einer constanten Lage erforderliche Gewichtsvertheilung erhalten hat. Auf dem Umfang des Kreisringes ist eine Gradeintheilung *T* derart angebracht, daß, sobald der Kreis seiner eigenen Schwere überlassen wird, die Nulllinie dieser Theilung horizontal liegt. Das Gehäuse *G*³⁾, in welchem der Kreis und seine Drehaxe gelagert sind, trägt außerdem ein Abschrohr *AA*, neben welchem eine Lupe *L* so angebracht ist, daß, wenn man durch das Abschrohr zielt, man gleichzeitig durch die Lupe

¹⁾ Die Berechnung der Erdmassen bei derartigen Anlagen ist behandelt in dem „Lehrbuch des Erdbaues“ von Prof. Dr. Gieseler, Bonn.

²⁾ Für größere Gebiete sind der Tachymeter-Theodolit und das Federbarometer die geeigneten Instrumente. Vergl. Jordan, Handbuch der Vermessungskunde, Bd. 2.

³⁾ Dessen Verschlußdeckel in der Figur abgenommen ist.

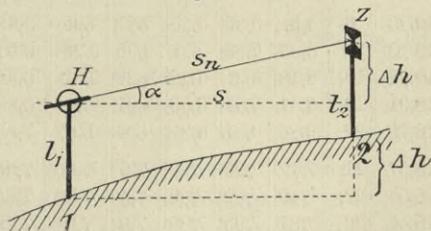
die Theilung des Kreises erblickt, und die Lage der Ziellinie in dieser Theilung ablesen kann.

Wird das Gehäuse so gedreht, daß bei freischwebendem Kreis der Zielfaden des Absehröhres mit dem Nullstrich der Theilung zusammenfällt, so bildet die Ziellinie eine Horizontale, und das Instrument könnte im Princip verwendet werden zum Nivelliren mit horizontaler Ziellinie wie das Nivellirinstrument. Diese Verwendung unter Benutzung der Nivellirlatten kann beim Nivellement mit dem Nivellirinstrument für die genäherte Ermittlung der Höhen von Nebepunkten, z. B. an steilen Hängen und Böschungen, von großem Vortheil sein.

Wird die Abschlinie auf einen beliebigen, nicht in der Horizontalen liegenden Punkt gerichtet, so giebt der Zielfaden unmittelbar den Neigungswinkel der Ziellinie an der Theilung des freischwebenden Kreises an. Diese Winkel werden in Graden und Zehntelgraden ausgedrückt, z. B. $2,3^{\circ}$. Die Genauigkeit einer solchen Ableseung beträgt etwa einige Zehntel Grad, bei entsprechender Uebung und Sorgfalt rund $0,1^{\circ}$. Von wesentlicher Bedeutung für die Genauigkeit, mit welcher sich der Kreis einstellt, ist ein tadelloser Gang der Ase; um diese möglichst zu schonen, ist eine Klemmvorrichtung angebracht, wodurch ein Klemmstift k durch eine Feder F stets gegen den Kreisrand gedrückt wird und denselben festhält. In dem Augenblick, in welchem der Höhenwinkel gemessen werden soll, wird durch Druck auf den Knopf der Feder F der Stift k abgehoben, so daß der Kreis freischwebt. Um die Schwingungen beruhigen und schneller ablesen zu können, kann die Klemmvorrichtung ebenfalls benutzt werden.

Der Gebrauch des Höhenkreises. — Soll die Neigung der Strecke zwischen zwei Geländepunkten, z. B. 1 und 2 (Fig. 165) bestimmt werden, so werden zwei genau gleich lange Stäbe l_1 und l_2 , von etwa 1,5 m Länge¹⁾, lothrecht in den beiden

Fig. 165.



Punkten aufgestellt, so daß die Verbindungslinie der Köpfe dieser Stäbe parallel zur Strecke 1 bis 2 wird. Der Höhenkreis H wird nun an das obere Ende des einen Stabes l_1 angehalten und das obere Ende des zweiten Stabes l_2 , welches zweckmäßig durch eine auf den Stab geschobene Zielscheibe Z bezeichnet wird, angezielt. Der an dem frei schwebenden Kreise abgelesene Winkel ist somit der Höhenwinkel der zu 1 bis 2 parallelen Linie. Ob die Nulllinie des Kreises horizontal ist, wie vorausgesetzt wurde, und also der Höhenwinkel richtig ermittelt worden ist,

¹⁾ Meßband-Ziehstäbe.

kann geprüft werden, indem der Winkel in dem Punkte 2 gemessen wird. Beide Winkel (Höhen- und Tiefenwinkel) müssen innerhalb der Grenze des Ablesungsfehlers übereinstimmen; ist das nicht der Fall, so muß das Instrument durch den Mechaniker corrigirt werden. Wenn ein solches Instrument einmal richtig gestellt ist, so bleiben seine Angaben unverändert richtig, so lange es nicht beschädigt wird.

Der Höhenunterschied Δh der Punkte 1 und 2 ergibt sich, wie aus der Figur hervorgeht, nach der Formel $\Delta h = s_n \sin \alpha$. Für die Ermittlung

I. Berechnung der Höhenunterschiede aus Höhenwinkeln für die geneigte Länge $s_n = 20$ m.

Reducirte Strecke $20 \cos \alpha$	α	Höhenunterschied = $20 \sin \alpha$										α	$\sin \alpha$
		,0	,1	,2	,3	,4	,5	,6	,7	,8	,9		
20,00	0°	0,00	0,03	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21	0,24	0,28	0,31	0°	0,0000
20,00	1	0,35	0,38	0,42	0,45	0,49	0,52	0,56	0,59	0,63	0,66	1	0,175
19,99	2	0,70	0,73	0,77	0,80	0,84	0,87	0,91	0,94	0,98	1,01	2	0,349
19,97	3	1,05	1,08	1,12	1,15	1,19	1,22	1,26	1,29	1,33	1,36	3	0,523
19,95	4	1,40	1,43	1,46	1,50	1,53	1,57	1,60	1,64	1,67	1,71	4	0,698
19,92	5	1,74	1,78	1,81	1,85	1,88	1,92	1,95	1,99	2,02	2,06	5	0,872
19,89	6	2,09	2,12	2,16	2,19	2,23	2,26	2,30	2,33	2,37	2,40	6	0,1045
19,85	7	2,44	2,47	2,51	2,54	2,58	2,61	2,65	2,68	2,71	2,75	7	1,219
19,81	8	2,78	2,82	2,85	2,89	2,92	2,96	2,99	3,03	3,06	3,09	8	1,392
19,75	9	3,12	3,16	3,20	3,23	3,27	3,30	3,33	3,37	3,40	3,44	9	1,564
19,70	10	3,47	3,51	3,54	3,58	3,61	3,64	3,68	3,71	3,75	3,78	10	1,736
19,63	11	3,82	3,85	3,89	3,92	3,95	3,99	4,02	4,06	4,09	4,12	11	0,1908
19,56	12	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,40	4,43	4,47	12	2,079
19,49	13	4,50	4,53	4,57	4,60	4,63	4,67	4,70	4,74	4,77	4,80	13	2,250
19,41	14	4,84	4,87	4,91	4,94	4,97	5,01	5,04	5,07	5,11	5,14	14	2,419
19,32	15	5,18	5,21	5,24	5,28	5,31	5,34	5,38	5,41	5,45	5,48	15	2,588
19,23	16	5,51	5,55	5,58	5,61	5,65	5,68	5,71	5,75	5,78	5,81	16	0,2756
19,13	17	5,85	5,88	5,91	5,95	5,98	6,01	6,05	6,08	6,11	6,15	17	2,924
19,02	18	6,18	6,21	6,25	6,28	6,31	6,35	6,38	6,41	6,45	6,48	18	3,090
18,91	19	6,51	6,54	6,58	6,61	6,64	6,68	6,71	6,74	6,77	6,81	19	3,256
18,79	20	6,84	6,87	6,91	6,94	6,97	7,00	7,04	7,07	7,10	7,13	20	3,420
18,67	21	7,17	7,20	7,23	7,27	7,30	7,33	7,36	7,39	7,43	7,46	21	0,3584
18,54	22	7,49	7,52	7,56	7,59	7,62	7,65	7,69	7,72	7,75	7,78	22	3,746
18,41	23	7,81	7,85	7,88	7,91	7,94	7,98	8,01	8,04	8,07	8,10	23	3,907
18,27	24	8,13	8,17	8,20	8,23	8,26	8,29	8,33	8,36	8,39	8,42	24	4,067
18,13	25	8,45	8,48	8,52	8,55	8,58	8,61	8,64	8,67	8,70	8,74	25	4,226
17,98	26	8,77	8,80	8,83	8,86	8,89	8,92	8,96	8,99	9,02	9,05	26	0,4384
17,82	27	9,08	9,11	9,14	9,17	9,20	9,23	9,27	9,30	9,33	9,36	27	4,540
17,66	28	9,39	9,42	9,45	9,48	9,51	9,54	9,57	9,60	9,64	9,67	28	4,695
17,49	29	9,70	9,73	9,76	9,79	9,82	9,85	9,88	9,91	9,94	9,97	29	4,848
17,32	30	10,00	10,03	10,06	10,09	10,12	10,15	10,18	10,21	10,24	10,27	30	5,000

II. Verwandlung von Gefällprocenten in Neigungswinkel.

1 Proc.	0,6°	20 Proc.	11,3°
2 "	1,2	25 "	14,0
3 "	1,7	30 "	16,7
4 "	2,3	40 "	21,8
5 "	2,9	50 "	26,6
6 "	3,4	60 "	31,0
7 "	4,0	70 "	35,0
8 "	4,6	80 "	38,7
9 "	5,2	90 "	42,0
10 "	5,7	100 "	45,0
11 "	6,3		
12 "	6,9		
13 "	7,4		
14 "	8,0		
15 "	8,5		

III. Verwandlung von Neigungswinkeln in Gefällprocente.

0°	0,0 Proc.	11°	19,4 Proc.	P. P. für 1 bis 15°	
1	1,8	12	21,3	0,1°	0,2 Proc.
2	3,5	13	23,1	2	0,4 "
3	5,2	14	24,9	3	0,5 "
4	7,0	15	26,8	4	0,7 "
5	8,7	20	36,4	5	0,9 "
6	10,5	25	46,6	6	1,1 "
7	12,3	30	57,7	7	1,3 "
8	14,1	35	70,0	8	1,4 "
9	15,8	40	83,9	9	1,6 "
10	17,6	45	100,00		

IV. Böschungsverhältnisse.

$\frac{1}{3}/ 1 = 18,4°$
$\frac{1}{2}/ 1 = 26,6$
$1/ 1 = 45,0$
$1\frac{1}{2}/ 1 = 56,3$
$2/ 1 = 63,4$

der Entfernung s_n ist es zweckmäßig, den Höhenkreis in Verbindung mit einem 20 m langen Meßband zu benutzen, so daß die geeigneten Linien die konstante Länge 20 m haben. Damit wird dann die Höhenformel $Ah = 20 \sin \alpha$, deren Ausrechnung für Winkel von 0 bis 30° nach Zehntel-Graden fortschreitend in der Tabelle I auf der nebenstehenden Seite enthalten ist. In der ersten Spalte derselben sind die auf die Horizontale reducirten Strecken $s = s_n \cos \alpha = 20 \cos \alpha$ aufgenommen, während in der letzten die Werthe von $\sin \alpha$ (für 0 bis 30°) angegeben sind. Mit Hilfe dieser letzten Spalte lassen sich die Höhenunterschiede für jede beliebige Entfernung berechnen, z. B. für $\alpha = 5°$ und $s_n = 6,8$ m ist $Ah = 6,8 \times 0,087 = 0,59$ m.

Die Zuverlässigkeit einer derartigen Höhenunterschiedsbestimmung mit Benutzung eines 20 m langen Meßbandes ist auf einige Centimeter anzunehmen, und bei Aneinanderreihung einer Anzahl von einzelnen Bandlagen, z. B. bei 10 Bandlagen entsprechend einer Entfernung von 200 m, bei sorgfältigem Verfahren auf einige Decimeter zu schätzen. Mit Rücksicht auf diese Genauigkeit der Ergebnisse lassen sich die Meßband-Höhenzüge für viele Zwecke mit Vortheil verwenden, da die Berechnung¹⁾ der Höhenunterschiede nach der Tabelle die denkbar einfachste ist. Geeignete Verwendung kann dieses Verfahren der Höhenbestimmung z. B. finden bei der Aufnahme von Querprofilen an steilen Hängen, zur schnellen und ungefähren Ermittlung der Gefällverhältnisse von Wegen, Gräben, Drains zc.

¹⁾ Geübte Rechner werden hierzu auch ein Höhen diagramm nach Art der bei tachymetrischen Bestimmungen üblichen benutzen können.

Nr.	Geneigte Entfernung s_n	Höhenwinkel α		Höhenunterschied $\Delta h_n = s_n \sin \alpha$		Höhe $h_n = h_1 + \Delta h_n$
		+	—	+	—	
1	2	3		4		5
	m		°	m		m
⊖ 1	20	—	5,4	—	1,88	107,94
2	20	—	5,7	—	1,99	106,06
3	20	—	6,0	—	2,09	104,07
4	20	—	6,3	—	2,19	101,98
5	9,2	—	6,5	—	1,04	99,79
6						98,75
					9,19	
					98,75	
					Probe 107,94	

Ein einfaches Beispiel wird das Verfahren erläutern. An einem Wiesengang ist, ausgehend von einem bekannten Höhenpunkte, ein Profil abgesteckt und durch einen Meßbandzug aufgenommen worden. Die Ableisungen sind in der vorstehenden Tabelle in Spalte 2 und 3 eingetragen; die Berechnung ist nach der Tabelle I auf S. 366 in der Spalte 4 ausgeführt worden, und endlich sind in Spalte 5 im Anschluß an den bekannten Punkt 1 die Höhen h_n abgeleitet worden wie in §. 305.

§. 329. Die Auffuchung von Linien bestimmter Steigung mittelst des Höhenkreisseß. — Besondere Verwendung kann das Instrument bei der Auffuchung von Wegelinien in unebenem Gelände finden, z. B. bei Cultur- und Abfuhrwegen im Hügellande, bei Entwurf des Wegeneßes einer Zusammenlegung, wobei die Steigung eine bestimmte Grenze nicht übersteigen darf. — Es soll z. B. an einem Hang von einem gegebenen Punkte eines vorhandenen Weges aus ein Culturweg mit 10 Proc. Maximalsteigung aufgesucht werden. Nach der Fig. 165 ist

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta h}{s} = \frac{10}{100},$$

oder für den in Graden auszudrückenden Steigungswinkel α genügend genau

$$\alpha^{\circ} = \frac{\Delta h}{s} \varrho^{\circ} = \frac{10}{100} \cdot 57,3 = 5,7^{\circ}.$$

Hierin ist

$$\varrho^{\circ} = \frac{180^{\circ}}{\pi} = \frac{180^{\circ}}{3,1416\dots} = 57,3\dots$$

Die nach dieser Formel berechneten Höhenwinkel sind für eine Anzahl Gefällprocente in der Tabelle II auf S. 367 angegeben. — Nach Ableitung des der

Maximalsteigung entsprechenden Höhenwinkels wird, von dem gegebenen Anfangspunkte ausgehend, unter Benutzung von zwei gleich langen Stäben (l_1, l_2 , S. 328) an dem Gang ein Punkt aufgesucht, für den der Höhenwinkel bei freischwebendem Kreis $5,7^\circ$ beträgt¹⁾. Dieser Punkt wird durch ein Pfählchen bezeichnet, sodann von hier aus ein weiterer Punkt bestimmt und in dieser Weise fortgefahren, so daß eine den örtlichen Verhältnissen entsprechende Wegelinie sich ergibt. Muß der Weg an seinem Endpunkte an einen bestimmten Punkt anschließen, z. B. an eine bestimmte Parcellen, oder einen Weg, so ist es zweckmäßig, von diesem Punkte ausgehend, einen Wegezug mit dem Tiefenwinkel — $5,7^\circ$ abzustecken, und dann diese beiden Zweige, den aufsteigenden und den absteigenden, in geeigneter Weise in einander überzuführen. Ist es nicht notwendig, die Maximalsteigung anzuwenden, so wird den vorliegenden Verhältnissen entsprechend eine geringere Steigung gewählt, welche dann für den ganzen Weg, oder wenigstens für möglichst große Strecken desselben, gleichmäßig zu nehmen ist. Bei geschickter Anpassung an die örtlichen Verhältnisse läßt sich nach dem vorstehend im Princip erläuterten Verfahren schnell eine geeignete Lage für Kulturwege ermitteln, während die Auffuchung derselben mit dem Nivellirinstrument²⁾ sehr viel zeitraubender und kostspieliger ist, und die Genauigkeit der mit dem Höhenkreis aufgesuchten Richtungslinien für derartige Anlagen eine durchaus genügende ist.

Zur Verwandlung mit dem Höhenkreis gemessener und in Neigungswinkeln ausgedrückter Gefälle in Gefällprocente ist auf S. 367 unter III eine kleine Tabelle angeführt, sowie in Tabelle IV Neigungswinkel für einige Böschungungsverhältnisse. Beispiel zu Tabelle III: $5,2^\circ = 8,7 + 0,4 = 9,1$ Proc.

¹⁾ Die Entfernung der Punkte richtet sich nach dem Gelände, etwaigen Hindernissen etc.

²⁾ Nach dem in §. 324 erläuterten Verfahren.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Alphabetisches Register.

A.

Abbé Richard 225.
 Ab- und Auftragsverhältnisse 176, 187.
 Ab- und Aufschwemmen von Erde 188.
 Abfangen des Wassers 230, 232.
 Abgraben der Wiesen 142.
 Abhängigkeit des Wasserbedarfs 101.
 Ableitungen 129.
 Ableitungsrinnen 131.
 Absolutes Gefälle 97.
 Absorptionsfähigkeit des Bodens 41.
 Abstecken der Gräben 122.
 — des Rückenbaus 169.
 Aehrengräser 69.
 Aichpfähle 134.
 Analysen der Gräser 5.
 Anfeuchtende (italienische) Bewässerung 93.
 Anjaat der Kieselwiese 80.
 Anwendung der Kutter'schen Formel 112.
 Aquaducte 132.
 Artesische Brunnen 159, 224.
 Nischengehalt der Gräser 8, 32, 33.
 Aufdecken der Rassen 22.
 Aufgedämmte Gräben 123.
 Auflösungskraft des Wassers 44.
 Augenlinse 307.
 Ausflümmen der Schützen 216.
 Ausführung des Kunstückenbaus 181.
 Ausläufer (Stolonen) 19.
 Aussteinen der Gräben 124.
 Auswahl der Grassamen 25.
 Auswaschen des Bodens 42.

B.

Bach- und Flußwasser 38.
 Bachhaltungen (Etagen) 212.

Bachprofil 207.
 Bachregulirung 130, 270.
 Bardeleben, Dr. 39.
 Bastardflee 81.
 Bauplan 158.
 Bedingungen des Kunstbaus 174.
 Beispiel einer Drainanlage 238.
 Benetzter Umfang 107.
 Berechnung des Nivellements 327.
 — — Wasserbedarfs 201.
 Beregnetes Heu 6.
 Bergwiesen 10.
 Berichtigung des Nivelirinstrumentes 316.
 Bestockung der Süßgräser 66, 87.
 Binjenartige Gräser 67.
 Bodengras 19, 66.
 Bodentemperatur 221.
 Böschungsanlage 104.
 Böschungsgrößen 107.
 Breitegefälle 98.
 Breite Rücken 156.
 Brunnenstuben 266.
 Bruttogewicht 82.
 Bullenlee 81.
 Büschelwurzel 65.
 Buschgräser 19, 67, 80.

C.

Charakteristik der Süßgräser 70.
 Coëfficienten der Werthe R 111.
 Compostdünger 31.
 Construction der Schleusen 139.
 — der Weiberdämme 133.

D.

Dammerde 188.
 De la croix 241.

Diagonalfälle 98, 178.
 Dichte des Heus (spec. Gewicht) 56.
 Dienstanweisung der Wiesenwärter 199.
 Dosenlibelle 300.
 Drainage 226.
 — Kosten 266.
 Drainbewässerung 272.
 Drainerntfernung 239.
 Drainplan 263.
 Drainspaten 235.
 Drainwasser 270.
 Dücker 132.
 Düngerwerth 8.
 Durchlässigkeit des Bodens 26, 28.

G.

Eigentliche Melioration 62.
 — Wiefengräser 68, 80.
 Eingeschnittene Gräben 122.
 Einjährige Gräser 19.
 Einstauung des Wassers 141.
 Eisengehalt des Wassers 43.
 Eiweißgehalt der Gräser 32, 91.
 Elfrington 225.
 Empirische Techniker 13.
 Erdiger Dünger 31, 36.
 Erdstamm der Gräser 67.
 Erhaltende Bewässerung 48.
 Ersatz der Aschenbestandtheile 61.
 Etagen-Hangbau 179.
 Etagen-Rückenbau 152, 173.
 Eytelwein 245.

F.

Fadenkreuz 309.
 Feimensegen 54.
 Feinheit der Grassamen 84, 86.
 Feldpolizei 200.
 Feldwasser 40.
 Fernlinse 307.
 Flächengefälle 97.
 Flächenprocente 101.
 Flügelgräben 183.
 Flüssiger Dünger 81.
 Fontanili 37.
 Formeln für Wasserberechnung 109.
 — — Drainröhren 247.
 Frische des Bodens 11, 221.
 Frühjahrsjaat 24.
 Frühjahrsbewässerung 203.

G.

Gebirgsboden 26, 225.
 Gebrauchswerth der Samen 25, 82, 83,
 85, 87.
 Gedrückte Ventile 279.
 Gefällgröße offener Gräben 49.
 — der Draingräben 237.
 Gefällverhältnisse, absolute und relative
 97.
 — der Flächen 98.
 Gelöste Stoffe 37.
 Genossenschaftliche Melioration 62.
 Geologie des Regengebietes 206.
 Gesammte Baukosten 196.
 Gesetzestunde 14, 16.
 Gewannen- und Parcellenlinien 161.
 Gewichte der Drainröhren 244.
 Gewichtseinheit reiner Samen 84.
 Gieseler 248.
 Gittermuffen 263.
 Grabenbau 104.
 Grabenbetagen 120.
 Grabengerippe 125.
 Grabenprofile 215.
 Grabentiefe 107.
 Gramineen 4, 9.
 Graphische Tafeln für Drainröhrenweiten
 258.
 Grassrüchte 69.
 Grassädhmaschinen 50.
 Grassnarbe 4.
 Grassamenmischung 85.
 Gräser des Trockenbodens 80.
 — erster, zweiter und dritter Ordnung
 20, 83.
 Grasvegetation 19.
 Grebenau 108.
 Grippenbewässerung 151.
 Groppe 234.
 Grundwasser 224, 228.
 Grundwasserspiegel 241.
 Grundwerth der Wiesen 59.

H.

Haarröhrenkraft 225.
 Härte des Wassers 40.
 Handbohrer 160.
 Hangbau 149.
 Hangbetagen 178, 180.
 Hanstein 75, 79, 82.
 Hauptableitung 129, 164.
 Hauptgefälle 98, 160.

Hauptzuleitung 126, 164.
 Heberöhleusen 144.
 Heil 88.
 Herbstfaat 24.
 Herbó-Mangon 39.
 Heuafche 33, 91.
 Heuernten bei künstlicher Düngung 89,
 90, 91.
 Heuertrag in Siegen 58.
 Heufahrten 157, 184.
 Heufeimen 55.
 Heumesser 56.
 Heupressen 57.
 Heupyramiden 5.
 Heurechen und Heuwender 52.
 Hochblattstengel 69.
 Hochwasserprofil 211.
 Höhenabstand der Niveaulinien 99.
 Höhenkreise zur Höhengaufnahme 364.
 Höhenwinkel 368.
 Höhwiesen 10.
 Holzafche 35.
 Hopfenfchneckenflee 81.
 Horizontallinien 98.
 Horizontalwasser 224, 228.

J.

Jenzen 79.
 Zupfen des Rasens 23.
 Instandhalten der Wiesen 198.
 Instrumente und Werkzeuge 156.

K.

Kainit 88.
 Kalibedarf 91.
 Kaliber des Sammeldrains 256.
 Kalifalze 34.
 Kalkboden 30.
 Keimblattstengel 65.
 Keimfähigkeit der Samen 78.
 Kleearten für Kieselwiesen 81.
 Knochenbrüchigkeit 4.
 Kopfdrains 240.
 Kräuter der Wiesen 19, 20.
 Kreislauf des Wassers 221.
 Kümme! 81.
 Künstlicher Dünger 32, 33, 88.
 Künstliche Kieselwiesen 147, 154.
 Küstenklima 222.
 Kutter 109.
 Kutter'sche Formel 111.

L.

Lage der Wiesenparzellen 163.
 Lageplan einer Wiesenmelioration 205.
 — eines Baches 208.
 Landesmeliorationen durch Wiesenbau 61.
 Langenthal 75.
 Längen- und Querschnitte 358.
 Längennivellement 352.
 Längsdrainage 240.
 Laubblattstengel 66.
 Lebroß 217.
 Legen der Drainröhren 261.
 Lehm Boden 30.
 Libellen 300.
 Liebig 270.
 Linsenystem 307.

M.

Mähezeit 49.
 Mähmaschinen 51.
 Maifrüste 86.
 Marciten 37.
 Marktpreis des Heues 58.
 Maulwurf, Nutzen und Schaden 18.
 Maxima der Entfernung der Drains 243.
 — — Saugdrainlängen 256.
 Meeresniveau 295.
 Mehrertrag der Drainage 268.
 Mehrjährige Gräser 19.
 Mergelboden 30.
 Merl 240.
 Meteorwasser 228.
 Minimalgefälle 247.
 Minimalgeschwindigkeit 247.
 Mischungsverhältniß der Samen 25, 84.
 Mittel- und Maximalernte 58.
 Mittlere Wassergeschwindigkeit 107.
 — Regenhöhen 349.
 v. Möllendorf, Waage und John
 234.
 Moorboden 31.
 Morin 120.

N.

Nachsaaten 86.
 Nachtheile offener Gräben 231.
 Nährkraft der Gräser 91.
 Nährstoffverhältniß 5.
 Nährstoff des Braunheues 53.
 Natürliche Kieselanlagen 147.
 Nettogewicht der Samen 82.

Neubildung der Grasnarbe 67.
 Niederblattstengel 65.
 Nielsen 245, 258.
 Nivellementszug 325.
 Nivelirapparat 295.
 Nivelirinstrument 312, 319, 320.
 Nivelirlatte 310.
 Nivelirische Geländeaufnahme 332.
 Nobbe 79.
 Norddeutscher Wasserbedarf 103.
 Normalfutter 4.
 Normal-Nullpunkt 295.
 Nothwendigkeit der Bewässerung und Ent-
 wässerung 12.
 Nutzpries des Heues 59.

D.

Oberfläche der Wiesen 17.
 Oberggräser und Bodengras 19.
 Objectiv und Ocular 309.
 Optischer Mittelpunkt 306.

P.

Parallel-(Längs-)Drainage 240.
 Paramelle 225.
 Parcellirte Wiesen 161.
 Partielle Drainirung 263.
 Pzig 112.
 Petersen 272.
 Phosphate 34.
 Phosphorsäuregehalt der Gräser 89, 91.
 Plan einer Drainbewässerung 287.
 Planiren 188, 195.
 Preisbestimmung des Heues 9.
 Preise der Erde und Rasenarbeiten 189.
 — — Samen 85.
 — — Wehre und Schleusen 195.
 Prinz Wilhelm zu Schaumburg-Lippe
 135.
 Profile offener Gräben 105.
 — der Draingräben 235.

Q.

Quedengräser 68, 80.
 Quellwasser 37, 221.
 Querdrainage 240.
 Querprofil der Gräben 104 bis 106.

R.

Rasenschalen 185.
 Rationelle Wiesenbautechnik 13.

Rauheitscoefficienten 111.
 Reduction der Röhrenkaliber 283.
 — des Wasserbedarfs 102.
 — der Wasserführung 119.
 Regengebiet 205.
 Regenhöhen 222, 248.
 Regenmenge 221.
 Reibung des Wassers 107.
 Reibungscoefficient der Röhren 245.
 Reinheit der Grassamen 78.
 Reinsaat 25, 82, 83.
 Relatives Gefälle 97.
 Rheinschlamm 39.
 Richtung der Draingräben 237.
 — — Rücken 167.
 — — Wiegengräben 121.
 Rieselrinnen 128.
 Rispengräser 69.
 Röhrenlibelle 301.
 Rostkraut 186.
 Rückstau, hydrostatischer und hydraulischer
 134.

S.

Saatmengen für Rieselwiesen 82.
 Saatzeit 86.
 Samencontrolstation 84.
 Samenrecepte 80.
 — gewichte 82, 81.
 Samenzahl pro Kilogramm 78.
 Sammel- und Saugdrains 239, 240, 256,
 274.
 Sammellinie 310.
 Sandboden 30.
 Saugeschacht 224.
 Schädigende Bodenfeuchte 227.
 Schäten des Erdvolums 188.
 Schatten- und Sonnenseiten 98.
 Scheingräser 9.
 Schend, Dr. 65, 82.
 Schichtenplan 356.
 Schichtenwasser 221.
 Schlamm oder Schlick 37, 39.
 Schlammfänge 133.
 Schließstellen 275.
 Schöpfräder 160.
 Schwitzwasser 224.
 Selbständigkeit der Rieselwiese 12.
 Selbstreinigung des Wassers 38.
 Sinclair 73.
 Sinkstoffe 39.
 Sohlenbreite 104.
 Sohlengeschwindigkeit 120.
 Sohlenficherung 130.

Sommerweiche 11, 144.
 Sommerwässerung 204.
 Standraum der Gräser 75.
 Stauhöhen 102.
 Stebler 8, 78.
 Steigungslinien 368.
 Süd- und Mitteldeutscher Wasserbedarf 103.
 Süß- und Sauerfutter 55.
 Süßgräser 9, 65.
 Suspendirte Stoffe 37.

I.

Tabellen der Wassergeschwindigkeiten und Mengen 114 bis 117.
 Tagewasser 228.
 Teichanlagen 132.
 Temperatur des Wassers 38.
 Theorie des Nivellements 298.
 Thomaschlackenmehl 88.
 Thonboden 29.
 Tiefe der Draingräben 327.
 Torfboden 31.
 Triebfand und Thonschlick 224.

II.

Ueberfrüchte 25, 80, 83.
 Ueberflauen 144.
 Umbau 157.
 Umbruch der Wiesen 3.
 Umrechnung der Bösungsverhältnisse und Wassermengen 118.
 Umschlag des Düngercapitals 94.
 Uneigentliche Melioration 62.
 Unfruchtbare Blattbüschel 66.
 Unkräuter der Wiesen 9, 21.
 Unterbringen der Samen 87.
 Untergrund 11, 28.
 Unterirdische Abzüge 131.

B.

Vegetationswasser 45, 221.
 Verbindung der Ent- mit der Bewässerung 214.
 Verdaulichkeit der Gräser 6.
 Verdunstung des Wassers 45.
 Vergleichende Düngerversuche 89, 93.
 Vergrößerung des Fernrohrs 307.
 Verjüngung der Wiesen 12.

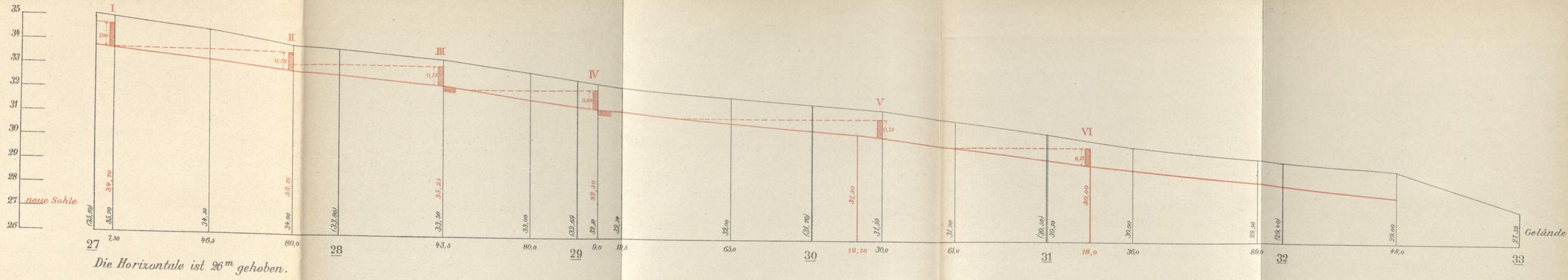
Bertheilgräben 127.
 Vincent 103, 112, 245.
 Volger 221.
 Voranschläge 189.
 Vorfluth 142, 208, 230, 263, 285.

W.

Wagner, Dr. 88, 90.
 Waldgräser 79.
 Waldwiesen 10.
 Wandern der Gräser 76.
 Wärmeleitung des Wassers 44.
 Wasserbau 18, 96.
 Wasserbedarf pro Secunde und Hektar 102.
 Wasserbedürfniß der Pflanzen 227.
 Wasserführung der Gräben 11, 46, 117.
 Wasser, gutes und mindergutes 43.
 Wasserhaltungskraft 221.
 Wasser, hartes und weiches 40.
 Wasserlösung der Drainröhren 249.
 — pro Hektar 254.
 Wassermessung 108.
 Wasserscheiden 222.
 Wasser- und Ufergräser 79.
 Wehrstellung 137.
 Weisbach 245.
 Weißklee 81.
 Wendelatten 336.
 Werth der Gräser 7.
 Werthordnung der Gräser 20.
 Werthsteigerung der Wiesen 166.
 Wiederbenutzung des Wassers 209.
 Wiesenbauschulen 14.
 Wiesenconsolidation 163.
 Wiesenegge 18.
 Wiesenvegetation 43.
 Windschiefe Rückenflächen 168.
 Winterdeiche 11, 144.
 Winterwiesen 10.
 Wittmack, Dr. 77.
 Wolff, Dr. 89.
 Wurzelbildung der Gräser 67.
 Wurzelstock der Gräser 19.

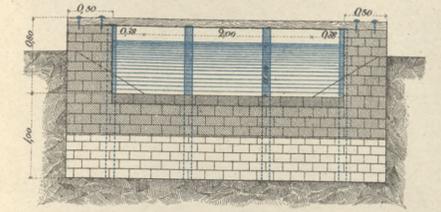
Z.

Zahl der Regentage 222.
 Zerförrende Wirkung des Wassers 46.
 Zielweite 326.
 Zwischenwerthe (elimirte) 113.



Ansicht bzw. Querschnitt.

Mafsstab 1:50



1:1000 für die Längen.
1:100 für die Höhen.



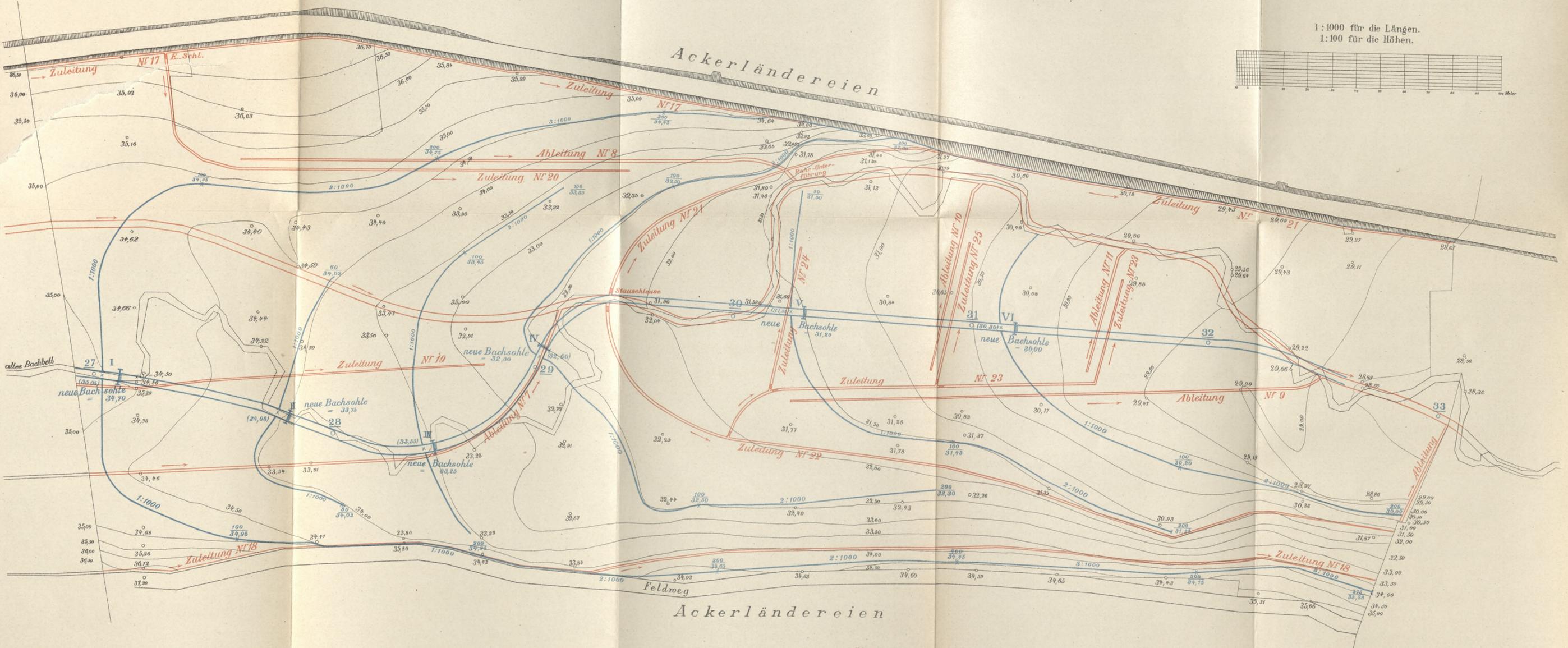
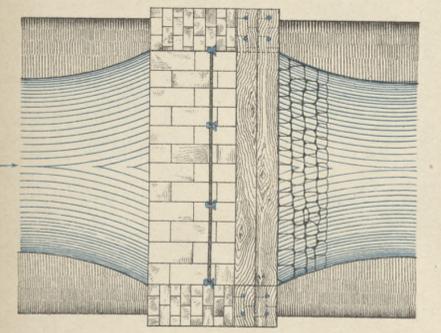
Längenschnitt

Mafsstab 1:50

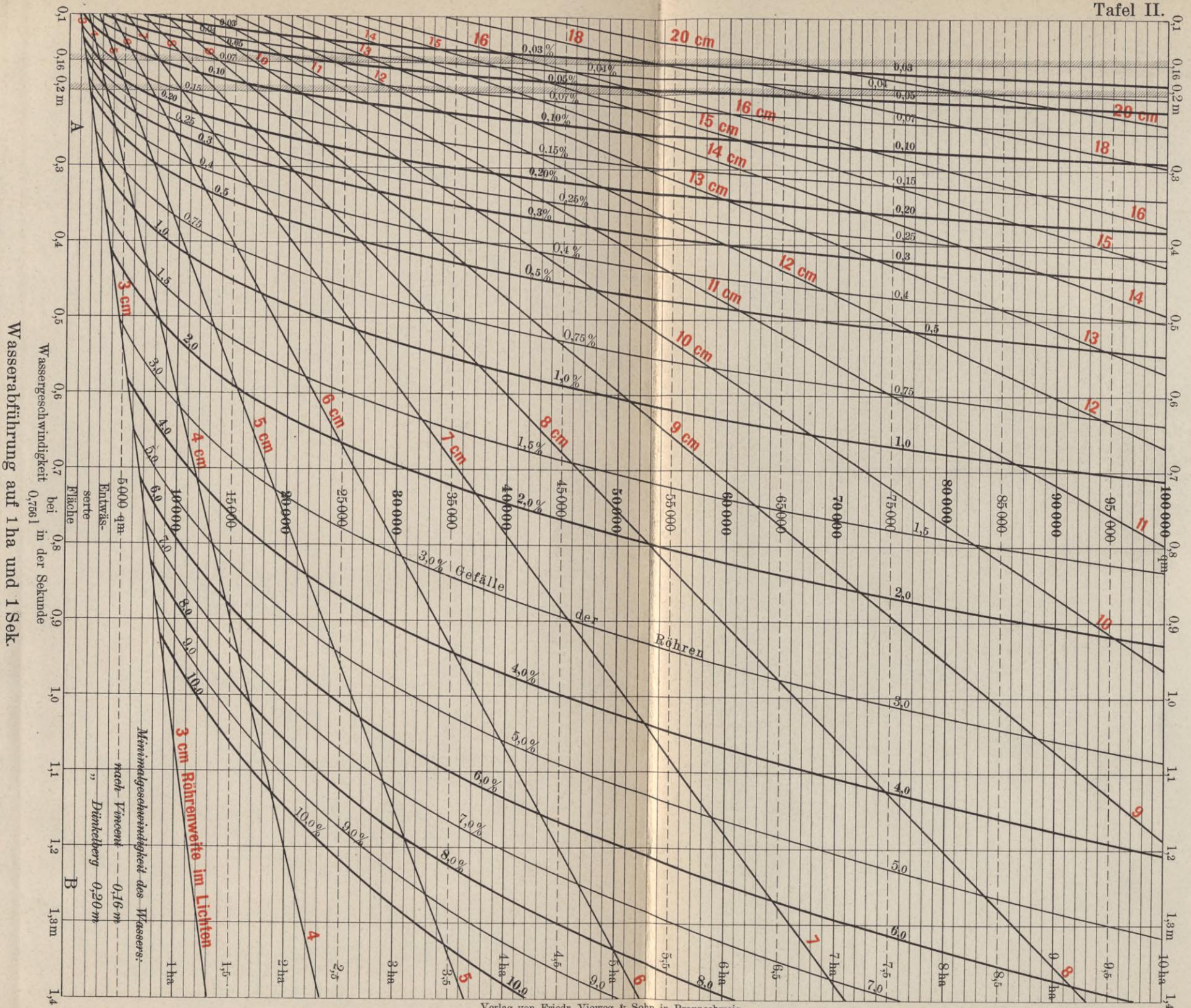


Lageplan

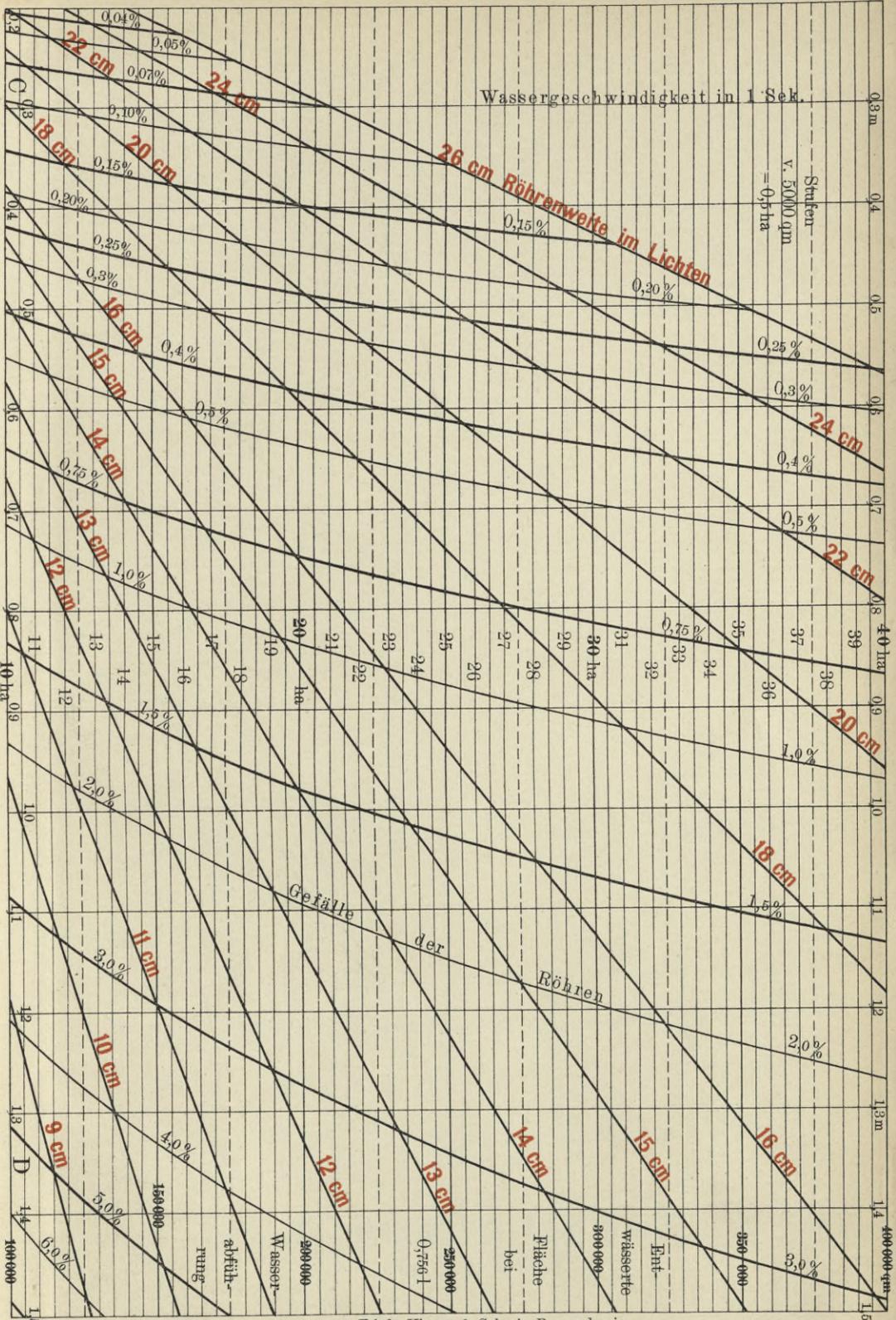
Mafsstab 1:50



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

Entwässerte Flächen in Stufen von 1000 bzw. 5000 qm
bei einer Wasserabführung auf 1 ha und 1 Sek. von

Tafel IV.

1. 0,45 Liter

16,5	16ha
15,5	15ha
14,5	14ha
13,5	13ha
12,5	12ha
11,5	11ha
10,5	10ha
9,5	9ha
8,5	8ha
7,5	7ha
6,5	6ha
5,5	5ha
4,5	4ha
3,5	3ha
2,5	2ha
1,5	1ha
0,5	0,5ha

2. 0,55 Liter

18,5	18ha
17,5	17ha
16,5	16ha
15,5	15ha
14,5	14ha
13,5	13ha
12,5	12ha
11,5	11ha
10,5	10ha
9,5	9ha
8,5	8ha
7,5	7ha
6,5	6ha
5,5	5ha
4,5	4ha
3,5	3ha
2,5	2ha
1,5	1ha
0,5	0,5ha

3. 0,65 Liter

11,5	11ha
10,5	10ha
9,5	9ha
8,5	8ha
7,5	7ha
6,5	6ha
5,5	5ha
4,5	4ha
3,5	3ha
2,5	2ha
1,5	1ha
0,5	0,5ha

4. 0,85 Liter

8,5	8ha
7,5	7ha
6,5	6ha
5,5	5ha
4,5	4ha
3,5	3ha
2,5	2ha
1,5	1ha
0,5	0,5ha

5. 0,95 Liter

8ha	8ha
7,5	7ha
6,5	6ha
5,5	5ha
4,5	4ha
3,5	3ha
2,5	2ha
1,5	1ha
0,5	0,5ha

6. 1,05 Liter

7ha	7ha
6,5	6ha
5,5	5ha
4,5	4ha
3,5	3ha
2,5	2ha
1,5	1ha
0,5	0,5ha

7. 1,15 Liter

6,5	6ha
5,5	5ha
4,5	4ha
3,5	3ha
2,5	2ha
1,5	1ha
0,5	0,5ha

8. 1,25 Liter

5,5	5ha
4,5	4ha
3,5	3ha
2,5	2ha
1,5	1ha
0,5	0,5ha

9. 1,35 Liter

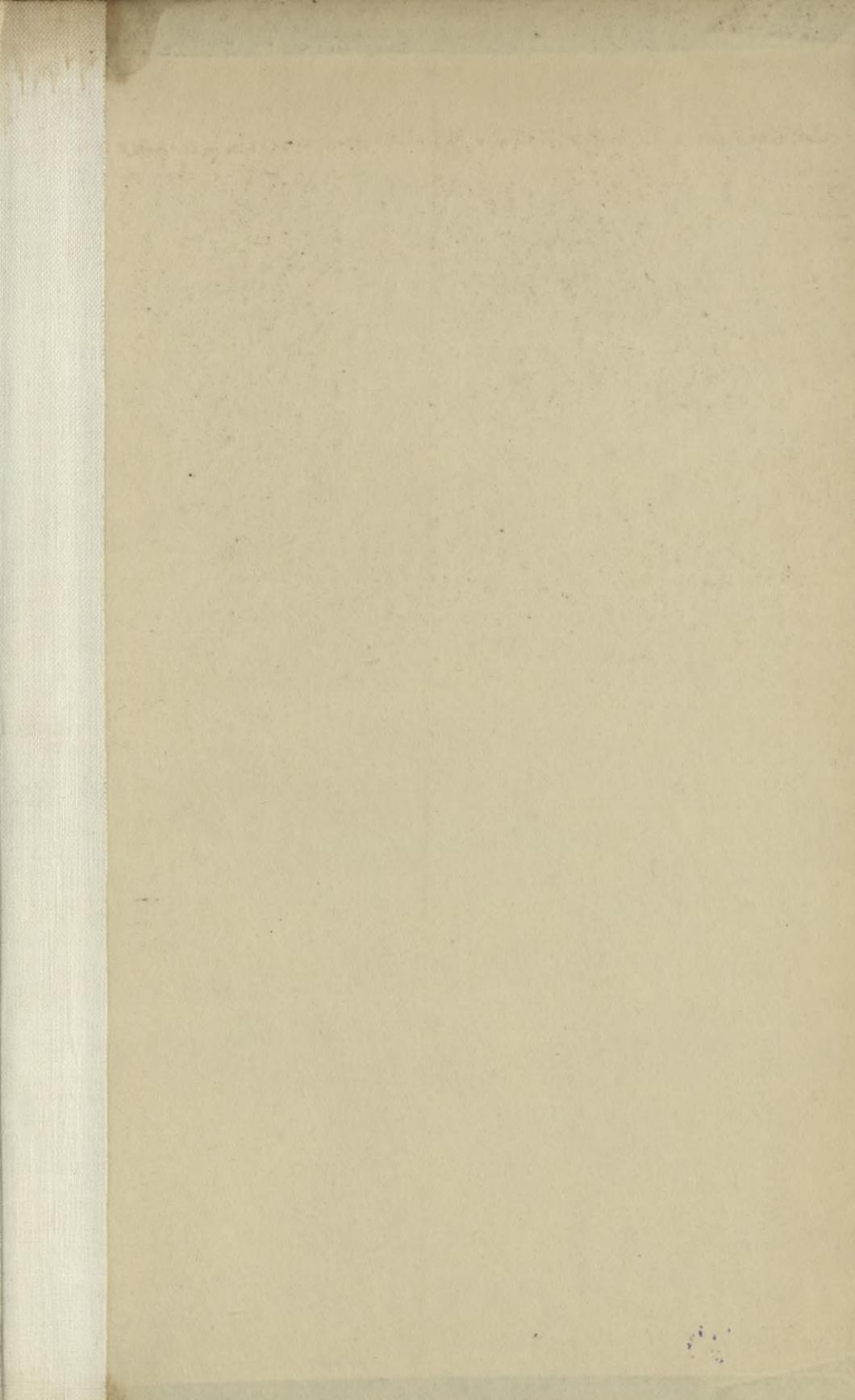
5,5	5ha
4,5	4ha
3,5	3ha
2,5	2ha
1,5	1ha
0,5	0,5ha

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

S. 61

BIBLIOTEKA POLSKICH
KRAKÓW

S-96



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-2759

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297461