Der Chausseebau

und seine Hülfswissenschaften.

Ein Handbuch

von

E. Müller, Baurat

Der Chaussebau

und seine Hülfswissenschaften

Gedruckt bei Hermann Costenoble, Berlin und Jena.

Der Chausseebau

und seine Hülfswissenschaften.

Handbuch für Behörden und Beamte des Wege- und Chausseebauwesens im Bau- und Forstfach

unter besonderer Rücksichtnahme

auf die Ausbildung der Wege-Aufsichtsbeamten

bearbeitet von

E. Müller

Königlicher Baurat

Mit 123 in den Text gedruckten Figuren.

Zweite vermehrte und verbesserte Auflage.

Gegründet 1850.

Verlagsbuchhandlung von Hermann Costenoble

Berlin 1903.

Inhaltsverzeichnis.

Vorwort zur ersten Auflage.

Ueberzeugt von der Richtigkeit der Annahme, daß den Chausseeaufsehern Gelegenheit gegeben werden muß, sich diejenigen technischen Kenntnisse noch anzueignen, zu denen durch den früheren Beruf ihnen der Weg verschlossen war, die aber andererseits ganz unentbehrlich sind, wenn die Leistungen der Chausseeaufseher über mechanische Verrichtungen hinausgehen und in die Erscheinung treten sollen als ein Produkt der Ueberlegung und einer gewissen wissenschaftlichen Reife, die sie nicht nur die äußere Form, sondern auch das Wesen der Dinge, mit denen sie täglich umzugehen haben, erkennen läßt, habe ich mich entschlossen, ein Handbuch für Chaussee-Aufsichtsbeamte zu schreiben, in welchem denselben im Zusammenhange dasjenige Material geboten wird, welches sich auf den Chausseebau und dessen Hülfswissenschaften bezieht. Dieses Material findet sich bis jetzt nur zerstreut in größeren wissenschaftlichen Werken und war somit den genannten Beamten nur schwer zugänglich.

Während der Bearbeitung dieses Buches war es mir nicht möglich, bei dem angenommenen Programm stehen zu bleiben. Die Fülle des Stoffs drängte dazu, den Umfang zu erweitern, was besonders denn auch bei dem Kapitel über Chausseebau insofern geschah, als in demselben eine ausführliche Darstellung der Methoden des Chausseebaues und der Chausseeunterhaltung, wie sie sich in Preußen, Hannover, England und Frankreich entwickelt und bis in die Gegenwart gestaltet haben, aufgenommen worden ist. Hierdurch, hoffe ich, wird das Werk auch für weitere Kreise von Interesse geworden sein und auch dem angehenden Wegebautechniker in übersichtlicher Form bieten, was er sich bis jetzt mühsam zusammensuchen mußte.

Der gesamte Umfang des Buches zerlegt sich in die Abschnitte: Naturwissenschaften, Mathematik, Chausseebau und einige Bestimmungen aus der Verwaltung der Chausseen.

Den Abschnitt „Naturwissenschaften" habe ich aufgenommen, um das Buch für den Chausseeaufseher gleichzeitig zu einem Buche der wissenschaftlichen Unterhaltung und Belehrung zu machen. Er wird unter Zuhülfenahme dieses Kapitels in der Lage sein, sich über die zur Verwendung kommenden Materialien zu unterrichten und sich Rechenschaft zu geben von denjenigen Naturerscheinungen, die ihn fortwährend in seinem Dienste umgeben.

Der Abschnitt „Mathematik" soll ihm nicht nur bieten, was er an mathematischen Kenntnissen gerade notdürftig besitzen und sich zu eigen machen muß, sondern er soll hier auch nachschlagen können, um sich Aufklärung zu holen, wenn die vorliegende Aufgabe einmal über das Alltägliche hinausgeht.

Der Abschnitt „Chausseebau" enthält nicht etwa Regeln und Vorschriften, wie der Chausseebau allein zu behandeln sei, sondern er soll durch die Mitteilung anderer Verhältnisse und anderer Anschauungen das eigene Urteil klären und unbefangen machen, um dahin zu gelangen, daß die vielfachen Meinungsverschiedenheiten, die jetzt noch im Chausseebauwesen vorhanden sind, beseitigt werden und auch dieser Zweig der Technik sich einmal zu einem selbständigen Ganzen abrunde.

Der letzte Abschnitt endlich gibt diejenigen polizeilichen Vorschriften, die dem Chausseeaufseher als Chausseeaufsichtsbeamten jederzeit zur Hand sein müssen.

Eine große Schwierigkeit bei der Abfassung derartiger Bücher, wie das vorliegende, besteht darin, die richtige Auswahl zu treffen und das richtige Maß der Behandlung des Stoffs zu finden.

Als Grundsatz ist hier festgehalten, alles das fortzulassen, was der Chausseeaufsichtsbeamte Gelegenheit hat besser aus der Praxis, als aus Büchern zu lernen. Dahin gehört unter anderem auch das Kapitel über die üblichen Geräte. Handelt es sich aber um Einführung neuer Geräte und Maschinen, so ist es Sache der vorgesetzten Behörde, hierfür Sorge zu tragen, nicht Sache des Chausseeaufsichtsbeamten.

Ist somit auf der einen Seite versucht, nur das Notwendige zu bringen, so ist auf der anderen Seite danach gestrebt, jeden Stoff, der überhaupt Aufnahme fand, möglichst ausführlich zu besprechen, denn an bloßen Andeutungen kann sich niemand Belehrung holen.

So möge denn das Werkchen dem Chausseebauwesen zu einigem Nutzen gereichen, und es möge ihm gelingen, sich die Geneigtheit aller derjenigen zu erwerben, deren Tätigkeit zum Chausseebau und zu der Unterhaltung der Chausseen in Beziehung steht.

Magdeburg, im Juni 1881.

Der Verfasser.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Schon seit einer Reihe von Jahren ist das Buch vergriffen, ein Zeichen dafür, daß dasselbe einer großen Zahl von Technikern eine willkommene Quelle geworden ist, aus der sie schöpfen konnten, um einerseits sich für ihren Beruf vorzubereiten, und andererseits wohl auch, um in der Ausübung ihres Berufes das wieder aufzusuchen, was dem Gedächtnis entfallen war. Ich darf deshalb wohl annehmen, daß ich, wenn auch nur zu einem bescheidenen Teil, immerhin in etwas dem Chausseebauwesen mit dieser Arbeit genützt habe, und gern bin ich deshalb der wiederholt an mich gerichteten Aufforderung nachgekommen, diese zweite, an mehreren Stellen erweiterte Auflage erscheinen zu lassen.

Mit Rücksicht darauf, daß infolge der Einrichtung der Selbstverwaltung der Kreis derjenigen Nichttechniker ein immer größerer geworden ist, welche den lebhaften Wunsch haben, sich bis zu einem gewissen Grade über das Wege- und Chausseebauwesen selbst zu unterrichten, bin ich bei der Neubearbeitung besonders bemüht gewesen, den Stoff und die Fassung so zu wählen, daß das Buch auch für den Verwaltungsbeamten und für den Privatmann brauchbar ist und dem Werkchen in den Bibliothen aller derjenigen, welche mitarbeiten in der Verwaltung und an dem weiteren Ausbau unseres wirschaftlichen Lebens, ohne Bedenken ein Plätzchen eingeräumt werden kann.

Erfurt, im März 1903.

Der Verfasser.

Erster Abschnitt.

Die Naturwissenschaften.

A. Meteorologie.

1. Die Wärme der Erdoberfläche.

Das Gedeihen und das gesamte Leben auf unserer Erde, in der Pflanzen- wie in der Tierwelt, beruht zunächst auf dem Vorhandensein der Wärme. Der Erzeuger der Wärme auf der Erdoberfläche und für die Atmosphäre ist lediglich die Sonne, und zwar wirkt sie auf die Atmosphäre erst dadurch erwärmend, daß sie die Erde erwärmt, und diese die Wärme wieder an die umgebende Luft abgiebt. Eine direkte Erwärmung der Luft also durch die Strahlen der Sonne findet nicht statt, oder doch wenigstens in ganz unmerklichem Grade, da die Luft ein die Wärme durchlassender Körper ist. Die Stärke der Erwärmung des Erdbodens hängt wieder ab von der Richtung, in welcher die Sonnenstrahlen die Erdoberfläche treffen, und da diese Richtung sich jeden Augenblick, täglich und jährlich ändert, so ist auch die Erwärmung jeden Augenblick eine andere, und wir unterscheiden hauptsächlich tägliche und jährliche Perioden der Lufttemperatur für ein und denselben Ort der Erde. Es lassen sich aber auch die einzelnen Orte unserer Erde unter sich in Vergleich bringen in Bezug auf ihre Temperatur, und da ist natürlich, daß diejenigen Orte die wärmsten sind, über denen die Sonne möglichst senkrecht steht, das ist über demjenigen Streifen der Erde, welcher zwischen dem nördlichen Wendekreise, dem Wendekreise des Krebses, und dem südlichen Wendekreise, dem Wendekreise des Steinbocks, liegt. Für jeden zwischen den Wendekreisen liegenden Ort steht die Sonne zweimal im Jahre im Zenith, also gerade über dem Kopfe, und an den Wendekreisen ist der kleinste Winkel, den die Sonnenstrahlen mit der Erdoberfläche bilden, 44 Grad (Mittagshöhe), am Aequator sogar 66 Grad. Da aber die Erwärmung der Erde, wie wir oben gesehen haben, lediglich von der Schräge der auffallenden Sonnenstrahlen abhängt, so muß der zwischen den Wendekreisen liegende Erdgürtel auch die größte Erwärmung haben. Dieser Teil der Erde wird deshalb die heiße Zone genannt.

Ganz anders verhält es sich in der Umgebung des Süd- und Nordpols. Auf den Teilen der Erde, welche durch die Polarkreise begrenzt werden, kommt die Sonne Tage, Wochen und Monate gar nicht zum Vorschein, und wenn sie über den Horizont hervortritt, so sendet sie ihre Strahlen nur in ganz schräger Richtung auf die Erdoberfläche. Die Wärmeentwickelung ist deshalb nur eine äußerst geringe und die Natur steckt den größten Teil des Jahres über in Schnee und Eis. Man nennt diese Zonen die kalten Zonen. Zwischen den kalten Zonen und der heißen Zone liegen die gemäßigteren Zonen, und zwar auf der nördlichen Halbkugel die nördlich gemäßigte Zone, unter der auch wir wohnen, und auf der südlichen Halbkugel die südlich gemäßigte Zone.

Bewegte sich nun die Sonne, wenn die Erde als feststehend angenommen würde, immer in demselben Kreise um die Erde, so wäre nach den bisherigen Betrachtungen die Temperatur auf jedem Teile der Erde bestimmt. Außer der Kreisbewegung aber macht die Sonne noch eine wandernde Bewegung von Süden nach Norden und von Norden nach Süden zurück, mit anderen Worten, sie bewegt sich in einer Spirallinie um die Erde von dem südlichen Wendekreise hin zum nördlichen Wendekreise und in umgekehrter Richtung wieder zurück zum südlichen Wendekreise. Aus dieser doppelten Bewegung entstehen die Jahreszeiten. Sie mögen für das mittlere Deutschland einer näheren Betrachtung unterworfen werden. Wenn wir vom Winter zum Sommer übergehen, so liegt dazwischen der 21. März, das Frühlingsäquinoktium. An diesem Tage passiert die sich täglich mehr nähernde Sonne den Himmelsäquator. Tag und Nacht sind gleich, und die größte Höhe, zu der die Sonne sich mittags über den Horizont erhebt, beträgt 40 Grad. Von jetzt ab treffen die Sonnenstrahlen den Erdboden immer weniger schräg und die Tage werden länger, als die Nächte; man sagt, die Insolation (die Erwärmung durch die Sonnenstrahlen) wird eine kräftigere. Mit der Zunahme aber der Tage nimmt die Schnelligkeit dieser Zunahme ab, es wird also der Unterschied in der Länge der Tage von einem Tage zum anderen immer weniger fühlbar, was darin seinen Grund hat, daß bei einer schrägen Stellung der Sonne die Größe der beschienenen Fläche bei jeder geringen Aenderung der Richtung sich bedeutend ändert, während unter gleichen Umständen bei mehr senkrechter Richtung die Größe der beschienenen Fläche sich nur wenig ändert. Diese Zunahme der Tageslänge dauert bis zum 21. Juni, an welchem Tage die Sonne ihren höchsten Stand am Himmel erreicht mit einer Mittagshöhe von $63^1/_2$ Grad. Sie befindet sich dann über dem Wendekreise des Krebses, und wir haben den längsten Tag von 16 Stunden. Es könnte nun natürlich erscheinen, daß mit dem höchsten Stande der Sonne und mit dem längsten Tage, abgesehen von Störungen, durchschnittlich auch die höchste Temperatur zusammenfallen müßte. Dem ist jedoch nicht so, und zwar deshalb nicht, weil die Erde am 21. Juni noch nicht genügend durchgewärmt ist, um soviel Wärme an die Luft wieder abzugeben, als sie von der Sonne empfängt. Dieses Verhältnis tritt erst später ein, und es pflegt deshalb der Monat Juli der heißeste Monat zu sein.

Nach dem 21. Juni nehmen die Tagesdauer und die Mittagshöhe wieder ab, so daß am 22. September Tag und Nacht wieder gleich sind, und der kürzeste Tag von 8 Stunden mit dem 21. Dezember eintritt. Die Mittagshöhe der Sonne beträgt an diesem Tage nur 17 Grad. Aber auch im Winter fällt die größte Kälte nicht mit dem kürzesten Tage zusammen, weil die Erdoberfläche noch nicht genug abgekühlt ist, sondern sie pflegt erst im Monat Januar einzutreten.

Das Jahr teilt sich somit für das mittlere Deutschland in vier Abschnitte. Die drei heißesten Monate Juni, Juli, August bilden den Sommer, die drei kältesten Dezember, Januar, Februar den Winter und dazwischen liegen März, April, Mai als Frühling und September, Oktober, November als Herbst.

Nicht so bedeutend als im mittleren Deutschland sind die Temperaturunterschiede in der heißen Zone und in den kalten Zonen. Am Aequator, wo die Sonne zweimal im Jahre, im März und September, im Zenith steht, und wo die niedrigste Mittagshöhe von $66^1/_2$ Grad im Juni und Dezember immer noch größer ist, als in Deutschland am längsten Tage, und wo Tag und Nacht das ganze Jahr hindurch gleich lang sind, kann von einer großen Schwankung in der Temperatur nicht die Rede sein. Ebenso innerhalb der Polarkreise, weil hier selbst während der größten Sonnenhöhe die Sonnenstrahlen immer noch so schräg den Erdboden treffen, daß sie nicht im Stande sind, eine kräftige Erwärmung hervorzubringen.

Wie groß der Unterschied in den Temperaturverhältnissen der einzelnen Gegenden der Erde ist, je nachdem sie mehr unter dem Aequator, oder nach dem Nordpol zu liegen, zeigen nachstehende Angaben. Die Differenz zwischen der mittleren Temperatur des heißesten und des kältesten Monats beträgt für:

Quito (unter dem Aequator)	1,4°	Réaumur.
Mexiko	6,3°	"
Rom	13,7°	"
Prag	18,6°	"
Moskau	23,5°	"
Jakutsk (unter dem 62. Grad nördl. Breite) .	50,8°	"

Aehnliche Schwankungen in der Temperatur, wie sie im Laufe des Jahres stattfinden, kommen in kleinerem Maßstabe auch im Laufe eines Tages vor. Auch hier trifft die größte Tageswärme nicht mit dem höchsten Stande der

Sonne zusammen, sondern sie tritt erst einige Stunden später ein, und es ist die Stunde zwischen 1 und 2 Uhr nachmittags die heißeste. Von hier ab sinkt die Temperatur immer mehr, die Erde strahlt mehr Wärme aus, als sie empfängt. Nach Untergang der Sonne findet nur Ausstrahlung statt, und zwar dauert diese Ausstrahlung ohne Aufnahme von Wärme bis zum Sonnenaufgang fort; es muß also bei Sonnenaufgang die Temperatur am niedrigsten sein.

Wäre nun die Naturbeschaffenheit auf der ganzen Erde überall gleich, gäbe es also keine Unterschiede durch Land und Meer, durch Berg und Tal, durch bewaldete Flächen und waldlose, und wäre der Himmel nicht bald bewölkt, bald wolkenfrei, so müßten auch alle Orte auf demselben Breitengrade dieselben klimatischen Verhältnisse haben, und die täglichen und jährlichen Temperaturveränderungen müßten einen ganz regelmäßigen Verlauf haben. Die Erfahrung lehrt uns, daß dem nicht so ist. Neapel hat eine mittlere Jahreswärme von 12,30°, während Newyork, das unter demselben Breitengrade liegt, eine mittlere Jahreswärme von nur 8,7° hat. Dagegen wieder haben Christiania (Norwegen) und Quebeck (Nordamerika) annähernd dieselbe mittlere Jahreswärme von nur 4,3° und doch liegt Christiania fast 14 Grad nördlicher als Quebeck. Aber auch für ein und denselben Ort sind die bedeutendsten Unregelmäßigkeiten in den Temperaturverhältnissen zu verzeichnen. So war in Frankfurt a. M. die mittlere Temperatur des 22. Januar 1846 + 8,5° R., und an demselben Tage des Jahres 1850 — 14° R.; im Jahre 1846 war ebendaselbst der 22. Januar 2° wärmer als der 14. Mai.

Für Europa gilt, daß die Temperatur von Osten nach Westen zu steigt, oder mit anderen Worten, daß die Orte, welche dieselbe mittlere Jahrestemperatur haben, im Osten Europas südlicher liegen, als im Westen. So haben z. B. Breslau und Edinburg dieselbe mittlere Jahrestemperatur, und doch liegt Breslau unter dem 51., Edinburg unter dem 56. Breitengrade. Von solchen Orten, die dieselbe mittlere Jahrestemperatur haben, sagt man, sie liegen auf derselben Isotherme; Orte, die dieselbe mittlere Wintertemperatur haben, liegen unter denselben Isochimenen, und endlich Orte, die dieselbe mittlere Sommertemperatur haben, liegen unter derselben Isothere.

Aus diesen Unregelmäßigkeiten läßt sich schließen, daß nicht die Insolation allein es ist, welche die Temperaturverhältnisse eines Ortes bestimmt, und daß noch andere Einflüsse in Betracht zu ziehen sind. Ein Teil dieser Einflüsse ist bereits oben genannt. Bedeutenden Einfluß auf die Temperaturverhältnisse üben die Winde aus. Für das mittlere Europa sind die herrschenden Winde die Süd- und Nordwestwinde, und es ist natürlich, daß diejenigen Landstriche am meisten den erwärmenden Einfluß der warmen Südwestwinde erfahren, die sie zunächst bekommen, also die Westküsten Europas; je weiter nach Osten, um so größer ist bereits die Abkühlung gewesen. Ferner trägt der unter dem Namen Golfstrom bekannte Meeresstrom sehr zur Milderung des europäischen Klimas bei. Er hat seinen Ursprung in dem mexikanischen Meerbusen, zieht sich um Florida herum zunächst an den amerikanischen Küsten hin und wendet sich dann östlich. Im mexikanischen Meerbusen beträgt seine Wasserwärme 24° R., und wenn er sich auch nach und nach abkühlt und nicht ganz bis an die europäischen Küsten herankommt, so werden doch die Winde von ihm erwärmt und ein Teil seines warmen Wassers gelangt auch in die europäischen Meere.

Am meisten abgeschlossen gegen alle Einflüsse, die erwärmend auf eine Gegend einwirken können, ist das Innere Asiens. Von den warmen europäischen Westwinden gelangt nichts mehr dorthin, und gegen die Wärme der Tropen des indischen Ozeans ist es durch die ungeheueren Gebirgsketten des Himalaya abgeschlossen. So ist es erklärlich, daß Irkutsk, welches mit Berlin auf demselben Breitengrade liegt, eine mittlere Jahrestemperatur von nur 0,3° hat, während die mittlere Jahrestemperatur für Berlin 7,2° beträgt. In Jakutsk, das nur 10° nördlicher liegt, ist die mittlere Jahrestemperatur schon —8,2°, und die mittlere Temperatur des kältesten Monats sogar —34,4°; trotzdem aber hat es, da die Sonnenstrahlen im Sommer hier noch bedeutend wirken, eine mittlere Wärme des heißesten Monats von 16,3°, und man baut hier während des heißen Sommers Gerste und Roggen auf einem Boden, der in 1 m Tiefe beständig gefroren bleibt.

Die Erde bewegt sich im Weltenraum um die Sonne mit einer Geschwindigkeit von 4 Meilen gleich 30000 m in einer Sekunde, und ein Punkt am Aequator legt bei der Drehung der Erde um ihre Achse einen Weg von 469 m in einer Sekunde zurück. Wenn wir bedenken, daß ein Schnellzug mit der größten Geschwindigkeit von 100 km in einer Stunde nur 28 m in einer Sekunde zurücklegt, so müssen wir staunen, wie es möglich ist, daß ein so großer Körper, wie die Erde es ist, mit einer so ungeheueren Geschwindigkeit sich bewegen kann. Und doch ist die Erde nur ein Atom im Weltall.

2. Die Atmosphäre.

Der etwa 1700 geographische Meilen im Durchmesser haltende Erdball ist umgeben von einer 10 bis 12 geographische Meilen starken Luftschicht, die Atmosphäre genannt wird. Sie besteht aus einem Gemenge von 79 Raumteilen Stickstoff und 21 Raumteilen Sauerstoff. Außerdem findet sich in der Luft Kohlensäure in geringer Menge, etwa $^1/_{2000}$ des Luftquantums, und Wasserdampf in einem ganz verschiedenen Verhältnis. Die Luft ist ein expansibeler Körper, d. h. Körper, die sich von selbst ausdehnen, wenn der Druck auf dieselben vermindert wird, und es müssen deshalb die unteren, mehr belasteten Schichten dichter sein, als die oberen. Den Beweis dafür, daß die unteren Schichten mehr belastet sind, als die oberen, liefert uns das Barometer. Am Meeresspiegel hält die Luft einer Quecksilbersäule von 760 mm Höhe das Gleichgewicht, während sie in einer Höhe von 4000 m nur noch einer Quecksilbersäule von 470 mm das Gleichgewicht hält. Während also die untersten Luftschichten mit etwa 1 kg pro Quadratcentimeter belastet sind, sind sie es in der erwähnten Höhe nur noch mit etwa 0,62 kg pro Quadratcentimeter. Es wird also nach oben hin auch die Dichtigkeit der Luft immer mehr abnehmen, mit der größeren Verdünnung aber nimmt auch wieder die Temperatur ab, weil die von unten aufsteigenden Luftmassen sich gleichfalls immer mehr ausdehnen, wobei Wärme gebunden wird, oder um es deutlicher auszudrücken, wobei die Wärme in einen nicht mehr fühlbaren Zustand verwandelt wird. Es muß also Regionen geben, wo jedes Leben aus Mangel an Luft und Wärme aufhört. Aus dem Luftdruck schließt man wieder umgekehrt auf die Höhenlage eines Ortes, und man bedient sich deshalb zu Höhenmessungen des Barometers.

Ein weiterer Gebrauch des Barometers besteht darin, daß man aus dem Stande des Quecksilbers auf das Wetter schließt. Wird an einem Orte die Luft erwärmt, so dehnt sie sich aus, steigt nach oben und fließt in den oberen Schichten seitwärts ab; es entsteht also eine Erleichterung der Luftsäule, und das Barometer sinkt. Wird hingegen die Luft abgekühlt, so verdichtet sie sich und in den oberen Regionen fließt warme Luft zu; die Luftsäule wird somit schwerer und das Barometer steigt. In unserer Gegend wird nun die Wärme durch die West- und Südwestwinde zugeführt, die Kälte durch die Nord- und Nordostwinde. Das Barometer fällt also bei den Südwestwinden, und da diese Winde auch gleichzeitig die wasserführenden sind, so bedeutet im allgemeinen das Sinken des Barometers schlechtes Wetter, das Steigen gutes Wetter und heiteren Himmel. Die Erfahrung lehrt aber, daß das Barometer nicht immer zuverlässig ist und daß selbst die genauesten Beobachtungen der Luftströmungen nur unsichere Resultate liefern, weil die Störungen so äußerst mannigfaltig sind, daß sie sich niemals absolut genau bestimmen lassen.

Wir haben bereits kennen gelernt, daß die Erwärmung der Erdkugel eine höchst ungleichmäßige ist. Aus dieser Ungleichmäßigkeit entstehen die Luftströmungen, welche wir Winde nennen. Wie die Strömungen sein müssen, läßt sich leicht nachweisen durch einen Versuch, der sich zwischen zwei Zimmern von ungleicher Temperatur anstellen läßt. Wird die

Tür zwischen diesen beiden Zimmern geöffnet, und werden zwei brennende Kerzen so angebracht, daß die eine am Fußboden steht, die andere sich oben befindet, so wird sich die Flamme der unteren Kerze in der Richtung von dem kalten Zimmer nach dem warmen zu hinneigen, die obere Kerze in umgekehrter Richtung. Es findet also ein Zuströmen der kalten Luft nach dem warmen Zimmer zu statt, und oben ein Abströmen der warmen Luft nach dem kalten Zimmer hin. Ebenso ist es auf der Erde, und den Beweis dafür liefern uns in einfachster Form wieder die Meeresküsten. Geht früh die Sonne auf, so entsteht ein kaum fühlbarer Wind vom Meere her nach dem Lande zu, der immer heftiger wird bis nachmittags gegen 2 Uhr. Das Land hat sich schneller und stärker erwärmt, als das Meer, die heiße Luft über dem Lande steigt somit auf und fließt oben nach dem Meere zu ab, während unten die kältere Luft vom Meere nach dem Lande zuströmt. Gegen Abend gleichen sich die Temperaturen zwischen Land und Meer aus, es entsteht Windstille. In der Nacht aber tritt das umgekehrte Verhältnis ein, das Land kühlt sich schneller ab, als das Meer, und die kältere Luft fließt vom Lande her dem Meere zu, es tritt Landwind ein. Was sich so an einzelnen Orten leicht beobachten läßt, findet auf unserer gesamten Erdkugel im großen statt. Am stärksten erwärmt wird die Erde am Aequator; es muß also hier die Luft aufsteigen, in den oberen Regionen nach den beiden Polen abfließen, während unten von den Polen her kalte Luft zuströmt. Da nun aber die zuströmenden kälteren Winde aus Gegenden kommen, die eine langsamere Rotationsbewegung um die Erdaxe haben, weil der zu beschreibende Kreis ein kleinerer ist, so müssen sie, beim Aequator angekommen, den schneller in der Richtung von Westen nach Osten darunter wegeilenden Gegenden als Nordost-, beziehungsweise auf der südlichen Halbkugel als Südost-Winde erscheinen. Man nennt den oberen Luftstrom den oberen Passat, den unteren den unteren Passat. Sie wehen ohne Unterbrechung das ganze Jahr hindurch in den Tropen, und der Passat ist der Wind, welcher auch die Schiffe des Columbus mit unwiderstehlicher Gewalt den Küsten Amerikas zutrieb. Da wo die Passatwinde der beiden Erdhälften zusammentreffen, entsteht ein reiner Ostwind, der aber unmerklich ist, weil die aufsteigende Luftströmnng die vorherrschende ist. Man nennt diese Gegend die Zone der Calmen. Sie liegt etwas nördlich vom Aequator. Nur in dem indischen Ozean erfahren die Passatwinde eine Unregelmäßigkeit in Folge der bedeutenden Ländermassen des asiatischen Continents. Der Vorgang ist hier genau derselbe, welcher oben für die Meeresküste beschrieben ist, und es weht deshalb in den Sommermonaten von April bis Oktober Seewind, also für Indien Südwestwind, und in der übrigen Zeit des Jahres Landwind, also Nordostwind. Diese regelmäßig abwechselnden Winde werden Moussons genannt.

In den höheren Breiten, also weiter fort von dem Aequator, werden die Luftströmungen zwar unregelmäßiger, aber immerhin bleiben die beiden Passatwinde, der untere als Nordostwind, der obere als Südwestwind die vorherrschenden Winde. Es findet nämlich in der gemäßigten Zone ein allmähliches Senken des oberen Passats statt, so daß diese beiden Luftströmungen nun nicht mehr übereinander, sondern nebeneinander fließen, und aus diesem Kampfe, wer von beiden die Oberhand behält, bilden sich alle übrigen Zwischenwinde, die in der Windrose zusammengestellt sind. Bemerkt sei hierzu nur noch, daß die Drehung des Windes fast ausnahmslos in folgender Ordnung geschieht: S., SW., W., NW., N., NO., O., SO., S. Außerordentlich heftige Winde nennt man Stürme, die in den Tropen zu Orkanen anwachsen, oft von solcher Heftigkeit, daß sie starke Bäume entwurzeln und solid gebaute Häuser zerstören.

3. Die atmosphärische Feuchtigkeit.

Es ist bereits eingangs des vorhergehenden Kapitels des Wasserdampfes als eines Bestandteiles der Luft Erwähnung geschehen, und es ist auch gesagt, daß die Menge des Wasserdampfes eine ganz verschiedene sein kann. Sie zu messen, giebt es mehrere Instrumente, Hygrometer genannt, und die bekanntesten sind: Das Saussuresche Haarhygrometer. Es beruht auf der Eigenschaft der Haare, Wasser aus der Luft anzuziehen und sich unter dem Einfluß des aufgenommenen Wassers zu verlängern. Dann das Daniellsche Hygrometer, das auf der Eigenschaft der Wasserdämpfe beruht, sich auf kalten Gegenständen niederzuschlagen. Endlich Augusts Psychrometer. Dieses Instrument beruht darauf, daß beim Verdunsten des Wassers Wärme gebunden wird, und somit die Temperatur der Luft sinkt.

Der Wassergehalt der Luft ist nun einem fortwährenden Wechsel unterworfen, gerade so, wie wir dies bereits bei der Lufttemperatur kennen gelernt haben, und zwar halten auch die Veränderungen in dem Wassergehalt der Luft ziemlich gleichen Schritt mit dem Wechsel der Lufttemperatur, weil Wärme und Feuchtigkeit in einem gegenseitig abhängigen Verhältniß stehen. Es kann nämlich Luft von einer bestimmten Temperatur stets nur eine gewisse größte Menge Wasserdampf enthalten; wird der Luft, ohne ihre Temperatur zu erhöhen, mehr Wasserdampf zugeführt als diese bestimmte größte Menge, so schlägt sich derselbe als Wasser nieder. Luft, oder allgemeiner ausgedrückt, ein Raum, denn es gilt für den luftleeren Raum dasselbe, welche sich in diesem Zustande befindet, nennt man mit Wasserdampf gesättigt. Gesättigter Wasserdampf hat bei gewöhnlicher Temperatur nur geringe Spannung. Diese wächst jedoch ganz außerordentlich bei zunehmender Temperatur bis zu den Wirkungen, die wir in ihrer schlimmen Form bei Dampfkessel-Explosionen beobachten, und zwar je höher die Temperatur schon ist, um so schneller wächst die Spannung bei gleichmäßiger Zunahme der Temperatur. Was in dem soeben Gesagten unter Dampf verstanden ist, ist nicht das, was im gewöhnlichen Leben unter Dampf verstanden wird. Wasserdampf ist nicht sichtbar, das, was wir sehen und auch mit den Worten Wasen oder Schwaden bezeichnen, ist bereits kondensierter, teilweise zu Wasser verdichteter Dampf, und ist zusammengesetzt aus kleinen Wasserblasen und Wasserkugeln. Der Wasen verschwindet dem Auge, wenn die Temperatur erhöht wird, er wird wieder sichtbar, wenn die Temperatur erniedrigt wird.

In der uns umgebenden Natur vollziehen sich nun diese Naturgesetze aller Orten und in jedem Augenblick, und es wird jetzt nicht mehr schwer sein, sich ein vollständig klares Bild zu machen von der Entstehung des Taues, des Nebels und der Wolken.

Bei einem unbegrenzten Wasservorrat werden sich um so mehr Wasserdämpfe bilden, je höher die Temperatur steigt; bei gleicher Temperatur aber werden sich in wasserreichen Gegenden mehr Wasserdämpfe bilden können, als in wasserarmen. Hieraus folgt einmal, daß der Wassergehalt der Luft unter sonst gleichen Umständen vom Aequator her nach den Polen zu abnehmen muß, und dann, daß im Innern der großen Kontinente die Luft trockener, d. h. weniger mit Wasserdampf gesättigt sein muß, als auf dem Meere und in der Nähe desselben. In Bezug auf die täglichen Veränderungen des Wassergehaltes der Luft hat man festgestellt, daß von Sonnenaufgang an bei steigender Temperatur auch die Menge des Wasserdampfes zunimmt bis 9 Uhr vormittags. Zwar steigt die Temperatur von hier ab ja immer noch, aber in Folge der Temperaturzunahme entsteht eine starke Strömung nach oben, welche die Wasserdämpfe mit sich in die oberen Schichten der Atmosphäre führt. Es nimmt somit die Feuchtigkeit in den unteren Schichten ab bis etwa gegen 4 Uhr hin. Jetzt nimmt der Wassergehalt wieder zu, weil die Luft immer noch warm ist, doch nicht so heiß, daß Strömungen nach oben stattfinden. Diese Zunahme dauert jedoch nur bis 9 Uhr abends, von wo ab die Feuchtigkeit immer mehr abnimmt. Im Winter gestaltet sich das Verhältnis etwas anders, es pflegt gegen 2 Uhr nachmittags das Maximum des Wassergehalts in der Luft vorhanden zu sein. Die mit der Veränderlichkeit des Wassergehalts zusammenhängenden Erscheinungen sind der Tau, der Nebel und die Wolken. Wenn im Sommer bei klarem Himmel und ruhigem Wetter die Sonne untergegangen ist, so fangen die Körper an, Wärme auszustrahlen und sich abzukühlen, gleichzeitig kühlen sie aber auch die zunächst liegenden Luftschichten ab, die dadurch die Fähigkeit verlieren, den ganzen Wasserdampfgehalt beizubehalten. Es schlägt also ein Teil des Wasserdampfes sich als Wasser auch an kalten Gegenständen nieder in eine Form, die Tau genannt wird. Daß einige Körper mehr betauen, als andere, hat seinen Grund darin, daß der eine Körper mehr Wärme ausstrahlt und sich schneller abkühlt, als der andere. Grashalme und Pflanzenblätter haben ein bedeutendes Strahlungsvermögen, außerdem aber ragen sie weit in die Luft hinein und erhalten somit nur schwer einen Wärmeersatz von der Erde her, sie werden also stark betauen. Ein bewölkter Himmel hindert die Taubildung, weil er die Ausstrahlung hindert; Wind aber gestattet gleichfalls nicht den Niederschlag des Taues, weil er fortwährend neue warme Luft zuführt und so eine Abkühlung der nächsten Luftschichten nicht zuläßt. Ist der Tau gefroren, so heißt er Reif.

Geschieht die Abkühlung der mit Wasserdämpfen reichlich erfüllten Luft nicht durch feste Körper, sondern durch kältere Luft, die durch Wind herbeigeführt wird, so schlagen sich die Wasserdämpfe in Form von Nebel nieder, der nichts anderes ist, als der Wasen über dem kochenden Wasser. Wenn der Nebel unserem Erdboden entschwebt ist, so erscheint er hoch oben als Wolken. Da die Wolken nun aus kleinen Wasserbläschen und Wassertröpfchen bestehen, also aus einem Körper, der schwerer ist, als Luft, so müßten sich eigentlich die Wolken senken. Dies geschieht nun bei ruhiger Luft auch tatsächlich. Da aber die Wasserbläschen bei dem Fallen in Luftschichten kommen, die wärmer sind und nicht mit Wasserdampf gesättigt, so lösen sie sich in unsichtbaren Wasserdampf auf, während in den oberen Regionen sich neue Dunstbläschen bilden, und die Wolken erscheinen als unveränderlich in der Luft stehend. So mannigfaltig auch die Wolkenbildung ist, so wiederholen sich die Formen doch im großen ganzen wieder und man hat die hauptsächlichsten mit bestimmten Namen bezeichnet. Die Federwolke ist die kleine leichte, lockere und federartige Wolke nach schönem Wetter; die Haufenwolken sind die großen halbkugelförmigen Massen, die sich häufig zu den wunderbarsten Gebilden, ähnlich entfernten großen Gebirgsmassen, gruppieren; die Schichtenwolken sind horizontale Wolkenstreifen, welche bei

Sonnenuntergang häufig in großer Farbenpracht erscheinen. Aus diesen Grundformen sind mehrfache Zusammensetzungen gebildet, von denen auch die eine die Regenwolke ist. Werden durch fortwährende Verdichtung infolge Abkühlung die Dunstbläschen der Wolken immer schwerer, so fließen sie immer mehr zusammen und fallen dann in eigentlichen Wassertropfen als Regen zur Erde herab. Man hat vielfach die jährlich auf die Erde herabfallende Regenmenge ermittelt, und dabei hat sich ergeben, daß für Deutschland die jährliche Regenhöhe, d. h. die Höhe derjenigen Wasserschicht, welche durch den im ganzen Jahre herabfallenden Regen, beziehungsweise Schnee, entstehen würde, wenn kein Wasser abflösse und in die Erde einzöge, etwa 60 cm beträgt.

Dieses Wasser wird nicht in seiner ganzen Menge auf der Erdoberfläche wieder abgeführt, sondern es gehen 20 % bis 80 % verloren durch Versickerung und Verdunstung. Es kann angenommen werden, daß bei starken Regengüssen abzuführen sind:

Im Flachlande	
a) bei durchlässigem Boden in der Sekunde auf 1 qkm	100 Liter
b) bei schwerem Boden	150 „
Im Hügellande	
a) bewaldet	250 „
b) wenig bewaldet	400 „
Im Gebirge	
a) bewaldet	800 „
b) wenig bewaldet	1500 „
c) in engen Tälern	2500 „
In Städten	3000 „

Bei künstlichen Bewässerungen werden gebraucht:

a) für Anfeuchtung der Wiesen in der Sekunde auf 1 qkm	150 „
b) für düngende Wiesenbewässerung	2000 „

In der kälteren Jahreszeit bestehen die Wolken nicht mehr aus Dunstbläschen, sondern aus ganz feinen leichten

Eisnadeln, die durch fortwährende Kondensation von Wasserdämpfen größer werden und sich beim Herabfallen zu Schneeflocken ausbilden. Die Form der Schneeflocken ist eine außerordentlich mannigfaltige, und die Figuren zeigen die geschmackvollste Zusammenstellung, alle aber kommen sie auf den regelmäßigen sechsseitigen Stern zurück, und es gehört somit die Schneeflocke dem hexagonalen Krystallsysteme an. Zwischen Winter und Sommer, also im Frühjahr, lernen wir die Niederschläge noch in einer dritten Form kennen, nämlich als Hagel. Seine Form ist sehr verschieden, meistens sind die Hagelkörner abgerundet, manchmal auch abgeplattet oder eckig, und in der Mitte einen undurchsichtigen Kern enthaltend. Die Entstehung des Hagels ist noch nicht völlig aufgeklärt. Die wahrscheinlichste Theorie ist die, daß die Dampfbläschen der Wolken bedeutend unter dem Gefrierpunkt abgekühlt werden, ohne zu frieren, was sehr wohl möglich ist, wie an ganz stillstehendem Wasser beobachtet werden kann. Ganz ruhig stehendes Wasser kann abgekühlt werden bis auf 10° unter Null, und erst, wenn eine Erschütterung eintritt, gefriert das Wasser zu Eis von 0 Grad. Wenn nun aus einer höheren Wolkenschicht gefrorene Wassertropfen herabfallen, so müssen sich diese Eiskügelchen mit einem Ueberzug überziehen, der sofort erstarrt. Die Eigentümlichkeit der Hagelbildung läßt es auch erklären, daß Hagel stets vor, oder höchstens gleichzeitig mit dem Gewitterregen fällt, niemals, oder doch ganz ausnahmsweise selten, nach einem Gewitter.

Die Ansammlung des Wassers an den tiefsten Stellen der Erde wird das Meer genannt. Dasselbe nimmt etwa $^3/_4$ der gesamten Erdoberfläche ein und hat eine größte Tiefe bis zu 3,5 km.

4. Einige optische Erscheinungen.

Daß der Himmel blau sein muß, erscheint dem Menschen so außer allem Zweifel, daß es einen fast komischen Eindruck machen würde, wenn jemand die Frage aufwerfen wollte, weshalb der Himmel nicht grün aussieht. Und doch ist diese Frage gar nicht so unberechtigt und sinnlos. Es könnte allerdings unter fast gleichen Verhältnissen, als die es sind, unter denen wir leben, der Himmel auch rot oder grün, oder in einer anderen Farbe erscheinen. Der Grund, daß der Himmel blau erscheint, liegt allein darin, daß die Atmosphäre nun einmal die blauen Strahlen des Sonnenlichts vorzugsweise reflektiert. An und für sich ist der Himmel, außerhalb unserer Atmosphäre betrachtet, schwarz, und schon auf den Gipfeln unserer höchsten Berge geht das helle Blau des Himmels, wie wir es in der Ebene sehen, in ein ganz dunkles Blau über. Das Blau ist am reinsten, je weniger kondensierte Wasserdämpfe in der Luft schweben, was besonders der Fall ist nach einem heftigen Gewitter, wenn die Wolken verscheucht sind, und die Sonne mit ganzer Kraft die Erde erwärmt, oder bei dem Wehen trockener Nordostwinde.

Eine optische Erscheinung, an die wir vollkommen gewöhnt sind, weil wir sie täglich zweimal wahrnehmen, ist die Dämmerung, der Uebergang von der Nacht zum Tage und umgekehrt. Hätten wir keine Atmosphären, so ständen Sonne, Mond und Sterne wie runde leuchtende Scheiben an dem schwarzen Himmel und in demselben Augenblick, wo der letzte Streifen der Sonnenscheibe hinter dem Horizont verschwunden, würde die Nacht eintreten. Einen annähernd schroffen Uebergang haben wir in der Nähe des Aequators. In Chili beträgt die Dauer der Dämmerung nur $^1/_4$ Stunde, in Cumana, einer Stadt Venezuelas in Südamerika, nur wenige Minuten. Die Dämmerung entsteht dadurch, daß die Sonnenstrahlen die höheren Luftschichten noch treffen, die dann, weil sie nicht vollständig durchsichtig sind, einen Teil des auf sie fallenden Lichtes zurückwerfen und zerstreuen. Je reiner die Atmosphäre ist und je weniger schräg die Strahlen der untergehenden Sonne die Luft durchstreichen, was beides am Aequator in erhöhtem Maße der Fall ist, um so kürzer wird die Dauer der Dämmerung sein. Ein lebhafteres Interesse erregt die Erscheinung des Regenbogens. Er wird sichtbar, wenn der Beschauer sich zwischen dem Regen und der Sonne befindet, und bildet die Basis eines Kegels, dessen Spitze im

Auge liegt und dessen Achse durch die Sonne und das Auge geht.

Aus dieser letzten Bedingung folgt, daß die Sonne nicht zu hoch stehen darf, da sonst die Basis des Kegels bereits unter den Horizont fällt. Die Entstehung des Regenbogens findet seine Erklärung dadurch, daß jeder Lichtstrahl der Sonne durch die einzelnen Regentropfen zweimal gebrochen und einmal gespiegelt wird, und zwar ist die Reihenfolge der Farben stets dieselbe. Der äußerste Ring ist rot, dann folgen die übrigen Farben, Orange, Gelb, Grün, Blau, Indigo und Violett. Diese Farben werden die Regenbogenfarben, oder auch einfachen Farben genannt. Häufig erscheint auch noch ein zweiter Regenbogen, aber blasser in den Farben, und in umgekehrter Richtung, es ist also der innere Kreis der rote und der äußere der violette. Diese Umdrehung kommt daher, daß der zweite Regenbogen durch Tropfen gebildet wird, welche die Sonnenstrahlen zweimal brechen und auch zweimal spiegeln. In dieser zweimaligen Spiegelung liegt auch der Grund der geringen Stärke der Farben, denn bei jeder Spiegelung und Brechung verlieren die Farben an Kraft. Wäre diese Schwächung nicht vorhanden, so könnte man auch einen dritten und vierten Regenbogen sehen.

Nur erwähnt mögen noch werden die Höfe und Nebensonnen, die gleichfalls ihre Erklärung in der Brechung des Lichts durch die in der Luft schwebenden Dunstbläschen, beziehungsweise Eisnadeln finden.

Die Sternschnuppen, Feuerkugeln und Meteorsteine endlich sind kleine Weltkörper, die durch die Atmosphäre der Erde hindurchgehen, sich infolge ihrer außerordentlichen Geschwindigkeit bis 120 000 Meter in einer Sekunde durch Reibung in der Atmosphäre entzünden und dadurch leuchten. Kommen diese Teile der Erde so nahe, daß die Anziehung der Erde größer wird als die der Sonne, so verlassen sie ihre Weltbahn und fallen als Meteorsteine zur Erde herab. Man hat Meteore von 400 Centner Gewicht gefunden. Nimmt man an, daß solche einzelne Stücke in ganzen Schwärmen in regelmäßiger Bahn um die Sonne herumfliegen, und daß diese Bahn die Erdbahn an einer bestimmten Stelle schneidet, so ist dadurch die Regelmäßigkeit der Sternschnuppen-erscheinungen erklärt. Solche regelmäßig wiederkehrenden Perioden sind für die Sternschnuppen der 10. August und der 12. bis 14. November.

5. Erscheinungen der Elektrizität und des Erdmagnetismus.

Als man in der Mitte des vorigen Jahrhunderts auf die Idee gekommen war, daß auch der Blitz und Donner möglicherweise nichts anders als elektrische Erscheinungen sein möchten, versuchte Franklin im Jahre 1752 zu Philadelphia die in den Wolken wirkenden Kräfte auf die Erde herabzu-ziehen, um mit ihnen Versuche anzustellen. Er bediente sich dazu beim Herannahen eines Gewitters eines Drachens. Und wirklich fingen bald die Fasern des Bindfadens an sich zu sträuben. Franklin hielt jetzt den Finger gegen das Ende der Schnur, wodurch es ihm gelang, elektrische Funken zu entlocken. Aehnliche Versuche machte De Romas zu Nerac in Frankreich zu derselben Zeit, die dadurch noch besser gelangen, daß er in die Schnur einen feinen Metalldraht ein-legte. Es war hierbei erwiesen, daß der Blitz nur ein elektrischer Funke sei. Man untersuchte nun auf diese Weise die Natur der Wolken und fand, daß manche gar nicht, andere mit positiver und wieder andere mit negativer Elek-trizität gefüllt waren. Ist es auch noch nicht gelungen, sich eine vollständige Gewißheit darüber zu verschaffen, was die Elektrizität ist, so kennen wir doch genau die Erscheinungen und die Wirkungen der Elektrizität. Eine der hervorragendsten Eigenschaften ist nun die, daß sich gleichnamige Elektrizitäten abstoßen, ungleichnamige anziehen. Findet aber eine zu große Annäherung zweier verschiedener Elektrizitäten statt, so entsteht eine Ausgleichung beider unter der Erscheinung des elektrischen Funkens. Dieser Vorgang vollzieht sich beim Blitz. Man hat nun aber Blitze von 6 bis 8 Kilometer Länge be-obachtet, die man unmöglich als einen elektrischen Funken an-sehen kann, wie man ihn aus der Elektrisiermaschine hervorlockt. Die Länge des Blitzes und seine Zickzackform erklärt sich vielmehr daraus, daß die Dampfbläschen der Wolken mit verschiedener Elektrizität gefüllt sind, die sich nun von einem Teilchen zum andern ausgleicht, sobald der Anstoß von irgend einer Seite her gegeben ist. In steter Begleitung des Blitzes findet sich, wenigstens beim Gewitter, der Donner. Er entsteht durch das Zusammenschlagen und die Vibrationen der gewaltsam durch den Blitz auseinander geteilten Luft. Wir hören den Donner nicht in demselben Augenblick, in dem wir den Blitz sehen, sondern mehr oder weniger später, je nachdem das Gewitter weit entfernt ist, oder sich in unserer Nähe befindet. Die Ursache der Ungleichzeitigkeit in der Wahrnehmung von Blitz und Donner liegt in der verschiedenen Geschwindigkeit des Lichtes und des Schalls. Der Schall legt in einer Sekunde nur 330 Meter zurück, während das Licht in einer Sekunde 42000 Meilen, das sind 315000 Kilometer, zurücklegt, so daß es also beispielsweise von der 20 Millionen Meilen entfernten Sonne bis zur Erde 8 Minuten und 13 Sekunden gebraucht. Aus der verhältnismäßig langsamen Fortpflanzung des Schalls erklärt sich auch das Rollen des Donners. Ist ein Blitz nach seiner Längenrichtung auf uns zugerichtet, und hat eine Ausdehnung von 3300 Meter, so hören wir den Donner, welcher von dem nächstliegenden Teile des Blitzes herstammt, sehr bald nach dem Erscheinen des Blitzes, den letzten Teil des Donners aber erst nach 10 Sekunden, während die Zwischenzeit durch den Donner der Zwischenteile ausgefüllt wird. Der Donner dauert also 10 Sekunden an. Die Geschwindigkeit der Elektrizität beträgt 60000 Meilen in der Sekunde und ist somit noch größer als die des Lichtes.

Es sind übrigens die elektrischen Erscheinungen nicht immer an das Vorhandensein von Wolken und Gewittern gebunden, sondern sie können auch bei ganz klarem Himmel auftreten. Wir nennen ein solches Aufblitzen dann Wetterleuchten, in seinen Ursachen übrigens nichts anders, als der Blitz, ein Ausgleichen positiver und negativer Elektrizität, nur daß die Anhäufung nicht in Wolken und infolgedessen auch nicht so intensiv erfolgt.

Die Wirkung der Gewitter auf unsere Erde ist nun zunächst die, daß die mit Elektrizität angefüllten Wolken die ungleichnamige Elektrizität der Erde anziehen, die gleichartige abstoßen. Es findet also eine Anhäufung von Elektrizität der Wolke gegenüber statt, und diese Anhäufung wird sich um so besser vollziehen können, je mehr die Körper über der Erdoberfläche hervorragen. Je größer aber die Anhäufung in dem Körper ist, um so größer wird die Gefahr des Ausgleichs beider Elektrizitäten, und infolgedessen des Herabfahrens eines Blitzes auf den betreffenden Gegenstand. Dies ist auch der Grund, daß der Blitz so oft in auf dem Felde freistehende hohe Bäume, die auch noch durch ihre Säfte ein guter Leiter der Elektrizität sind, einschlägt, und somit ist die Warnung, sich bei Gewittern nicht unter einen Baum zu stellen, wohl berechtigt. Laufen die sich über den Erdboden erhebenden Gegenstände in eine feine, recht gut leitende Spitze aus, so kann sich die der Wolke entgegengesetzte Elektrizität nicht ansammeln, sondern sie strömt frei aus, und hierauf beruht die Wirkung des Blitzableiters und der feinen Platinspitze, mit der man sie an ihrem oberen Ende zu versehen pflegt. Der Blitzableiter hat also zunächst nicht die Aufgabe, dem einschlagenden Blitze den Weg zu zeigen, sondern durch einen allmählichen Ausgleich der beiden entgegengesetzten Elektrizitäten ihn überhaupt zu verhindern. Ein solches freies Ausströmen aus der Spitze kann aber nur stattfinden, wenn am unteren Ende des Blitzableiters die in der Wolke vorhandene Elektrizität frei abfließen kann. Zu diesem Zwecke darf der Blitzableiter nicht unterbrochen sein und muß mit einer guten Erdleitung versehen sein. Schlecht funktionierende, oder mit schlechter Erdleitung versehene Blitzableiter können deshalb sogar sehr schädlich wirken und sind unter allen Umständen zu vermeiden.

Die Erde birgt noch ein zweites, der Elektrizität sehr verwandtes Fluidum (Flüssigkeit) in sich, den Erdmagnetismus. Er ist nicht gleichmäßig verteilt, sondern er konzentriert sich in zwei Punkten ganz besonders, sie heißen der magnetische Nord- und der magnetische Südpol. Diese Pole fallen nicht zusammen mit den Erdpolen, sondern etwas seitwärts, und zwar für unsere Gegend fällt der magnetische Nordpol etwas westlich, und der magnetische Südpol etwas östlich von den entsprechenden Polen der Erde. Diese Abweichung der Richtung nennt man die Deklination der Magnetnadel, die für das mittlere Deutschland etwa 13 Grad beträgt, so daß also um dieses Maß die Magnetnadel zu weit westlich zeigt, wenn man den Nordpol der Erde bestimmen will. Aber auch in senkrechter Richtung hat die Magnetnadel eine Bewegung, ihre Spitze neigt sich, wenn man sie so befestigt, daß sie sich um eine horizontale Achse drehen kann, dem Mittelpunkte der Erde zu, und zwar um so mehr, je mehr man sich den magnetischen Polen nähert, bis sie über den Polen selbst sogar eine vollkommen senkrechte Richtung einnehmen. Diese Abweichung nennt man die Inklination.

Im Zusammenhang mit dem Erdmagnetismus stehen die Nordlichter, die bei uns gewöhnlich als ein heller, aus vielen nach dem Mittelpunkt der Erde hin gerichteten Strahlenbüscheln gebildeter Bogen erscheinen. Prächtiger und auch in verschiedenen Farben und Formen leuchtend, sind die Nordlichter in Gegenden höherer geographischer Breite. Eine sichere Erklärung der Nordlichter ist noch nicht gefunden; man schließt auf ihren Zusammenhang mit den magnetischen Strömungen um die Erde, weil sie stets über dem magnetischen Meridian erscheinen, und gleichzeitig bedeutende Schwankungen der Magnetnadel beobachtet worden sind.

6. Der Telegraph.

Wenn der menschliche Geist versucht hat, sich durch den Blitzableiter gegen die verheerende Gewalt der Elektrizität zu schützen, so ist es ihm gelungen, sich im Telegraph die Elektrizität zu den wichtigsten Geschäften untertan zu machen. Diejenige Elektrizität, welche beim Telegraphen zur Anwendung kommt, wird Galvanismus genannt. Die elektrische Telegraphie gründet sich auf die außerordentliche Geschwindigkeit des galvanischen Stromes in Leitungsdrähten. Diese Geschwindigkeit beträgt in einer Sekunde etwa 25000 km.

Elektrizität und Galvanismus sind im wesentlichen dieselben Kräfte, unterscheiden sich hauptsächlich nur in ihrer Entstehungsart und gehen häufig ineinander über. Der Galvanismus hat seinen Namen nach dem Erfinder Galvani, der im Jahre 1789 zu Bologna dieses Fluidum dadurch entdeckte, daß ein frisch präparierter, mit einem kupfernen Haken an einem eisernen Balkongeländer aufgehängter Froschschenkel immer Zuckungen zu erkennen gab, so oft der Wind den Froschschenkel gegen das eiserne Geländer bewegte.

Alexander Volta erkannte bald, daß eine der hauptsächlichsten Bedingungen des in dem Froschschenkel bemerkten Stromes die Anwendung verschiedener Metalle sei bei gleichzeitiger Gegenwart einer gesäuerten Flüssigkeit. Unter Zugrundelegung dieses Gedankens konstruierte er die nach ihm benannte Voltasche Säule. Sie besteht aus einzelnen Paaren von mit gesäuertem Wasser oder Salzwasser getränkten Tuchscheiben und Zinkplatten, zwischen denen immer eine Kupferplatte eingefügt ist, wie dies in Fig. 1 dargestellt ist. Der

Fig. 1.

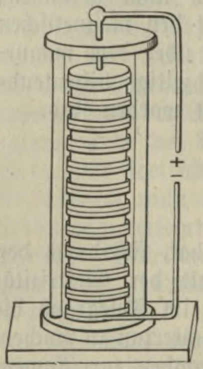
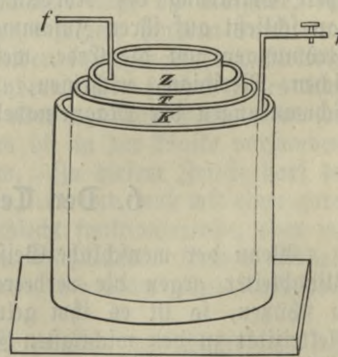


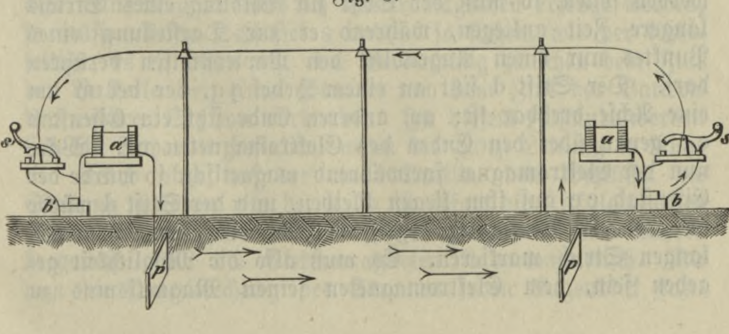
Fig. 2.



mit der Zinkplatte endende Teil wird der negative Pol, der mit der Kupferplatte endende der positive Pol genannt.

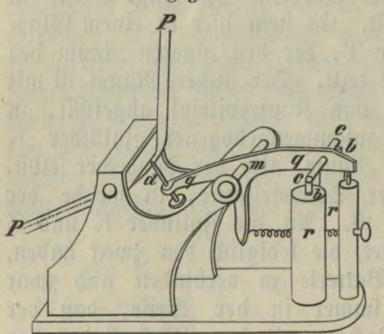
Verbindet man beide Pole mit einander durch einen Metalldraht, so findet eine ununterbrochene Zirkulation in der geschlossenen Säule statt, die man zu den Zwecken der Telegraphie verwendet hat. In dieser ursprünglichen Form konnte die Voltasche Säule nicht zur Erzeugung dauernder und starker Ströme benutzt werden, weil die Tuchscheiben leicht ausgepreßt wurden durch die auf ihnen liegende Last und weil durch das Herunterfließen der Flüssigkeit die Wirkung des Stromes bedeutend geschwächt wurde. Man konstruierte deshalb vollkommenere Apparate, die mit dem Namen konstante Batterien bezeichnet wurden. In Fig. 2 ist ein Daniellscher Becher dargestellt. Es steht hier in einem Glasgefäß ein poröser Tonbecher T, der den inneren Raum des Glasgefäßes in zwei Ringe teilt. Der äußere Raum ist mit einer konzentrierten Lösung von Kupfervitriol angefüllt, in die ein aus Kupferblech zusammengebogener Zylinder K hineingestellt ist, der innere Raum, also der Tonbecher selbst, ist angefüllt mit verdünnter Schwefelsäure, in welche der Zinkzylinder Z eingetaucht ist. An die Zylinder K und Z sind Metallstreifen f angelötet, die lediglich den Zweck haben, mehrere Becher zu einer Batterie zu verbinden und zwar geschieht die Verbindung immer in der Weise, daß der Kupferzylinder des einen Bechers mit dem Zinkzylinder des vorhergehenden Bechers verbunden wird. Es ist leicht zu erkennen, daß die Zusammensetzung einer solchen Batterie genau dieselbe ist, als die der Voltaschen Säule: Zink, Kupfer,

Fig. 3.



gesäuerte Flüssigkeit u. s. w. Der so erzeugte elektrische Strom würde nun selbst nicht fähig sein, den Zwecken der Telegraphie direkt zu dienen; der unmittelbare Erzeuger, der beim Telegraphen in den Schriftzügen, beim Läutewerk der Eisenbahnen im Ertönen der Signalglocken, bei dem Haustelegraphen in dem Klingeln der Schelle wahrgenommenen Wirkungen ist der Magnet. In Fig. 3 (s. S. 23) ist eine Telegraphenleitung schematisch dargestellt mit bei a und a' eingeschobenen Magneten und Fig. 4 zeigt die Funktion des Magneten am Schreibapparat. Dieser letztere ist leicht zu verstehen, wenn man von allen nebensächlichen Teilen absieht und nur die Hauptteile im Auge behält, das sind die Papierstreifen P P, auf dem geschrieben wird, und der Stift d, welcher schreibt. Die Schriftzeichen der Telegraphie bestehen nun aus Strichen und Punkten, so ist beispielsweise a durch · —, b) durch — · · · ausgedrückt, und wenn diese Zeichen durch den Stift auf dem mittelst eines Uhrwerks zwischen zwei Rollen gleichmäßig fortbewegten Papierstreifen markiert werden sollen, so muß der Stift zur Bildung eines Strichs längere Zeit anliegen, während er zur Darstellung eines Punktes nur einen Augenblick den Papierstreifen berühren darf. Der Stift d sitzt an einem Hebel q q, der bei m um eine Achse drehbar ist; am anderen Ende sitzt ein Eisenstab c c genau über den Enden des Elektromagneten r r. Wäre nun der Elektromagnet fortwährend magnetisch, so würde der Eisenstab c c auf ihm liegen bleiben, und der Stift d würde auf dem in Bewegung begriffenen Papierstreifen nur einen langen Strich markieren. Es muß also die Möglichkeit gegeben sein, dem Elektromagneten seinen Magnetismus zu

Fig. 4



entziehen und ihn dann wieder magnetisch zu machen, je nachdem beabsichtigt wird, einen Strich, oder einen Punkt auf dem Papierstreifen zu kennzeichnen. Hierzu nun bedient man sich des elektrischen Stromes. Derselbe hat nämlich die Eigenschaft, wenn er in vielfachen Windungen, wie dies durch die Spiralen r r dargestellt ist, um ein gewöhnliches Stück weiches Eisen herumgeführt wird, dieses Eisen magnetisch zu machen. Geht also durch die Spiralen r r ein elektrischer Strom, so werden die Eisenstücken b b magnetisch, der Eisenstab c c wird angezogen und der Stift d gegen den Streifen gedrückt, in demselben Augenblick aber; in welchem der Strom aufhört zu zirkulieren, verliert der Elektromagnet seinen Magnetismus, das Eisen c c wird losgelassen, und der Stift d entfernt sich von dem Papierstreifen. Wie nun die Zirkulation des Stromes erzeugt und wie sie wieder unterbrochen wird, das läßt sich aus Fig. 3 ersehen. Darin stellt s und s′ die beiden Telegraphenstationen dar, b und b′ sind die Batterien und a und a′ die Elektromagneten, mit denen in Verbindung der Schreibapparat gedacht werden muß, wie wir ihn soeben kennen gelernt haben. Die Verbindung zwischen den beiden Stationen ist oberirdisch durch einen an Telegraphenstangen befestigten Draht hergestellt, unterirdisch durch die Erde, die hier vollkommen die Stelle eines zweiten Drahtes ersetzt, infolge ihrer außerordentlichen Leitungsfähigkeit. Durch die Eisen- oder Kupferplatten p und p′ wird die Elektrizität von dem Drahte in die Erde übergeführt. Soll der Strom unterbrochen sein, also kein Magnetismus im Elektromagneten erzeugt werden, so müssen beide Schlüssel s und s′ so stehen, wie der linksseitige; es ist dann nur eine Verbindung zwischen dem Zink der Batterie der einen Station und dem Zink der Batterie der anderen Station vorhanden. In diesem Zustande werden sich die Apparate befinden, wenn die ganze Leitung in Ruhe ist. Wird aber auf der einen Station dem Schlüssel die Stellung gegeben wie bei s, so ist sofort die Zirkulation des Stromes vom Zink durch die Flüssigkeit nach dem Kupfer hergestellt, und die Elektromagneten sind magnetisch. Da nun die Unterbrechung des Stromes jeden Augenblick stattfinden kann, so lassen sich die Punkte und Striche auf dem Papierstreifen leicht herstellen. Ganz ähnlich ist der Vorgang bei dem elektrischen Läutewerk der Eisenbahnen, wo der Elektromagnet in dem Moment, in dem er magnetisch wird, die Hemmung eines Uhrwerks an sich zieht und auf diese Weise ausrückt, und bei den in den Wohnhäusern in verschiedenster Form angewendeten Klingelwerken, bei denen die Unterbrechung des Stromes jedesmal in dem Augenblick eintritt, in welchem der Elektromagnet den Klöppel der Klingel an sich gezogen hat. Es ist nun leicht einzusehen, daß für den ungestörten Betrieb einer Telegraphenleitung die vollkommenste Isolierung aller seiner Teile eine wesentliche Bedingung ist. Die Leitung und die Sicherheit des Betriebes wird also immer gefährdet sein, wenn der oberirdische Draht auf irgend eine Weise mit der Erde in Berührung kommt. Das kann beispielsweise stattfinden durch eine überhängende Schnur, die bis auf die Erde reicht, oder eine Beschädigung der porzellanenen Isolatoren, so daß der Draht mit den Eisenstützen und durch sie und die Telegraphenstangen mit der Erde in Verbindung kommt. Der Strom wird dann immer den nächsten Weg nach der Erde wählen, und der Apparat auf der entfernteren Station wird nicht in Tätigkeit kommen. Auch Bäume sind durch den in ihnen zirkulierenden Saft gute elektrische Leiter und können, wenn sie mit ihren Zweigen den Draht berühren, sehr störend auf die Leitung einwirken. Es wird also eine Hauptaufgabe derjenigen, welchen die Ueberwachung der Telegraphenleitungen anvertraut ist, sein, darauf zu sehen, daß die Drähte nirgends in leitende Verbindung mit der Erde gesetzt sind.

B. Die Mineralogie.

Die Mineralogie ist die Lehre von den in der Natur vorkommenden Mineralspezies, deren Unterscheidung beruht auf

a) der Kristallform (Kristallographie),
b) der Erscheinung in der Natur (Morphologie),
c) den physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Kristallographie.

Die Kristalle sind von ebenen Flächen begrenzt. Diese Flächen werden bestimmt nach der Lage, die sie gegen ein der Form zugrunde gelegtes Achsenkreuz haben. Es kommt dabei nur auf die relative Länge der Achsen an, das heißt auf das Maß ihrer gegenseitigen Unterschiede, nicht auf die absolute; also jede Fläche ist sich selbst parallel verschiebbar, so daß die Winkel immer konstant bleiben. Alle die Flächen, welche gleiche Winkel bilden, werden gleichnamige genannt und haben infolgedessen auch eine gleiche Lage gegen das Achsenkreuz. Die gleichnamigen Flächen müssen so oft auftreten, als es ihren kristallinischen Zeichen nach möglich ist, und so entstehen die einfachen Formen, zu deren Bezeichnung das Zeichen einer Fläche genügt. Die einfachen Formen selbst sind dreierlei: entweder Körper, um und um begrenzt; oder Prismen, nach zwei Dimensionen begrenzt; oder Flächenräume, nur nach einer Dimension begrenzt. Die Vereinigung zweier oder mehrerer einfacher Formen wird eine Kombination genannt, und man stellt dann einfach die Zeichen der einzelnen Formen nebeneinander.

Wegen der parallelen Verschiebbarkeit der Flächen geht man in der Kristallographie von den idealen Formen aus, das sind solche, bei denen die gleichnamigen Flächen auch gleich weit vom Mittelpunkt entfernt sind, und infolgedessen auch eine gleiche geometrische Gestalt haben. Man hat den Kristallformen verschiedene Achsen zugrunde gelegt, und danach unterscheidet man folgende sechs Systeme:

1. das reguläre System; drei gleiche auf einander senkrechte Achsen (Fig. 5);

2. das zwei- und einachsige System; drei auf einander senkrechte Achsen, von denen zwei gleich lang, die dritte verschieden (Fig. 6);

3. das drei= und einachsige System; vier Achsen, von denen drei gleich lang in einer Ebene liegen und sich unter 60° schneiden, und eine vierte, zu diesen senkrecht stehende verschieden lange Achse (Fig. 7);

4. das ein= und einachsige System; drei auf einander senkrechte verschieden lange Achsen (Fig. 8);

Fig. 5.

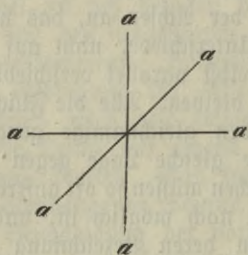


Fig. 6.

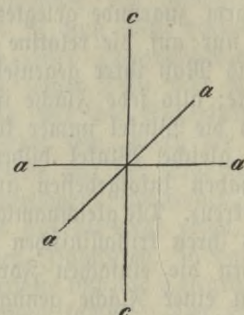


Fig. 7.

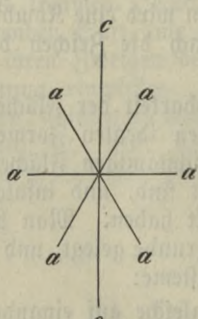
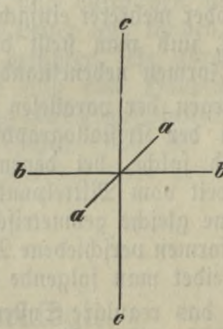


Fig. 8.



5. das zwei= und eingliedrige System; drei verschieden lange Achsen, zwei davon auf einander senkrecht, die dritte geneigt (Fig. 9);

6. das ein= und eingliedrige System; drei verschieden lange, gegen einander geneigte Achsen (Fig. 10).

Fig. 9.

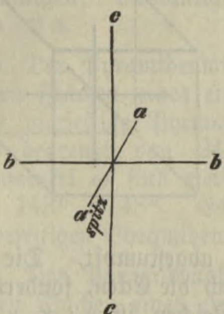
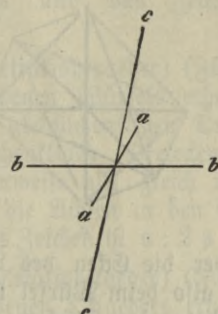


Fig. 10.



I. Das reguläre System.

Es gibt, je nach dem Auftreten der Flächen, zwei verschiedene Arten von Formen; solche, bei denen sämtliche gleichnamige Flächen auch wirklich zur Erscheinung kommen, und solche, bei denen nur die Hälfte der möglichen Formen auftritt. Die ersteren werden holoedrische, die anderen hemiedrische Formen genannt.

a) Holoedrische Formen.

1. Das Oktaeder (Fig. 11). Dasselbe wird begrenzt von acht gleichseitigen Dreiecken, die drei Achsen sind gleich lang und werden von einer Fläche alle drei in derselben Entfernung geschnitten. Nach dem Verhältnis der Achsen zu einander, und ob, und in welcher Entfernung eine Begrenzungsfläche, nach allen Seiten hin beliebig ausgedehnt gedacht, die Achsen schneidet, hat man den Formen bestimmte Zeichen gegeben. Das Zeichen für das Oktaeder ist a : a : a.

2. Der Würfel (Hexaeder) (Fig. 12). Er entsteht durch Abstumpfung der Ecken des Oktaeders, so wie umgekehrt das

Fig. 11.

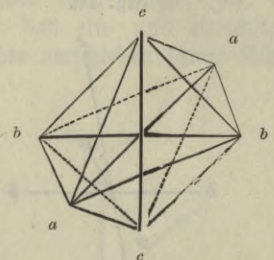
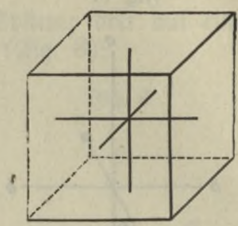


Fig. 12.



Oktaeder die Ecken des Würfels abgestumpft. Die Achsen gehen also beim Würfel nicht durch die Ecken, sondern durch die Mitten der Flächen. Das Zeichen ist a : ∞ a : ∞ a, d. h. eine Seitenfläche schneidet nur eine Achse, während sie mit den anderen beiden parallel ist und diese somit erst in der Unendlichkeit schneidet.

3. Das Dodekaeder (Granatoeder) (Fig. 13). Es ist begrenzt von 12 Rhomben und entsteht aus dem Oktaeder durch Abstumpfen der Kanten. Die Achsen gehen durch die vierkantigen Ecken. Das Zeichen ist a : a : ∞ a.

4. Das Leucitoeder (Ikositetraeder) (Fig. 14). Es ist begrenzt durch 24 symmetrische Trapezoide und entsteht durch

Fig. 13.

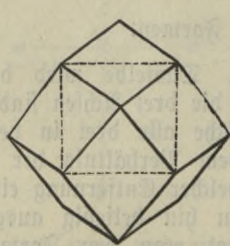
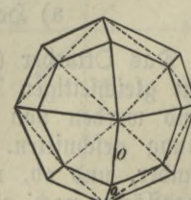


Fig. 14.



gerade Abstumpfung der Dodekaederkanten. Man kann deshalb ein Dodekaeder einschreiben, dessen Kanten den Längs-diagonalen entsprechen. Die Kanten sind zweierlei: gebrochene Oktaederkanten 0, wie die Kanten des eingeschriebenen Oktaeders, und gebrochene Würfelkanten, wie die Kanten des eingeschriebenen Würfels liegend. Es gehen die Achsen durch die gleichkantigen, vierkantigen Ecken und das Zeichen ist a : 2 a : 2 a.

5. Der Pyramidenwürfel (Tetrakishexaeder) (Fig. 15). Auf den Flächen eines eingeschriebenen Würfels erhebt sich je eine vierseitige Pyramide mit gleichschenkligen Dreiecken. Daher begrenzt von 24 gleichschenkligen Dreiecken. Die Kantenwinkel ω sind merkwürdigerweise alle gleich und betragen 143° 7′ 48″. Es liegen die Achsen in den Spitzen der vierseitigen Pyramiden und das Zeichen ist a : 2 a : ∞ a.

6. Das Pyramidenoktaeder (Triakisoktaeder) (Fig. 16). Auf den Flächen eines eingeschriebenen Oktaeders erhebt sich

Fig. 15.

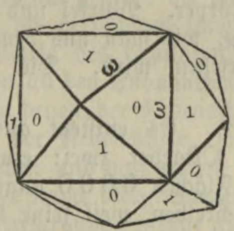
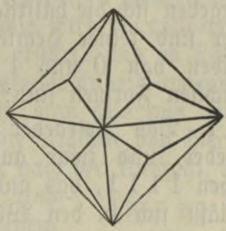


Fig. 16.

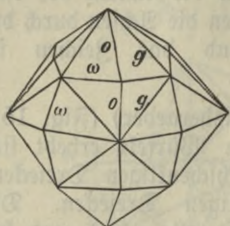


je eine dreiseitige Pyramide mit gleichschenkligen Dreiecken. Daher begrenzt von 24 gleichschenkligen Dreiecken. Die Achsen gehen durch die achtkantigen Ecken, und Zeichen ist a : a : m a, worin m meistens $\frac{3}{2}$, 2 oder 3 ist.

7. Der Achtundvierzigflächner (Hexakisoktaeder) (Fig. 17.) Auf jeder Dodekaederfläche erhebt sich eine 2+2 kantige Pyramide von ungleichseitigen Dreiecken. Daher begrenzt

von 48 ungleichseitigen Dreiecken. Es kommen dreierlei Kanten vor: 24 Dodekaederkanten g, dem eingeschriebenen Dodekaeder angehörig, 24 gebrochene Oktaederkanten o und 24 gebrochene Würfelkanten ω. Die Achsen gehen durch die achtkantigen Ecken und das Zeichen ist $a : ma : na$, worin m häufig $= \frac{1}{3}$ und $n = \frac{1}{4}$ ist.

Fig. 17.



b) Hemiedrische Formen.

Man versteht darunter ein hälftiges Auftreten der Flächen, und zwar nach folgenden einfachen Gesetze: Schreibe auf ein Fläche 0 und auf die anliegende 1, auf die anliegende von 1 wieder 0 und so fort, so wird die eine Hälfte der Flächen mit 0, und die andere mit 1 beschrieben sein; läßt man die 0 verschwinden und die 1 wachsen, oder umgekehrt, so ergeben sich die hälftflächigen Körper. Würfel und Dodekaeder sind keiner Hemiedrie fähig, wie man aus dem Einschreiben von 0 und 1 leicht ersehen wird. Die hauptsächlichsten Formen sind:

1. Das Tetraeder (Fig. 18). Es entsteht aus dem Oktaeder, und zwar aus jedem Oktaeder zwei: eins den Flächen 1 1 1 1, das andere den Flächen 0 0 0 0 angehörig. Es läßt sich in den Würfel einschreiben, weil seine Kanten mit den Diagonalen der Würfelflächen zusammenfallen. Der Würfel stumpft daher die sechs Tetraederkanten ab, das Gegentetraeder stumpft die vier Ecken des Würfels ab. Es laufen die Achsen durch die Mitte der Kanten, und das Zeichen ist $\frac{1}{2}(a:a:a)$.

2. Das Pentagondodekaeder (Pyritoeder) (Fig. 19). Es ensteht aus dem Pyramidenwürfel. Läßt man die 0 verschwinden, so liegen jeder 1 fünf andere 1 an, die Flächen müssen daher symmetrische Fünfecke werden, und der Körper

ist somit begrenzt von 12 symmetrischen Pentagonen. Die Achsen gehen durch die Mitte der längsten Kanten.

Fig. 18.

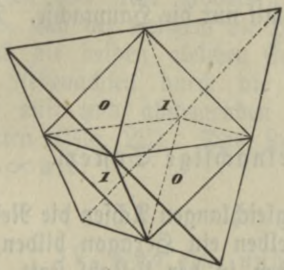
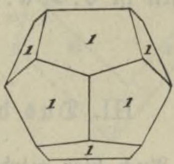


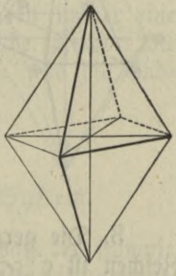
Fig. 19.



II. Das zwei- und einachsige System.

Die verschieden lange Achse c wird Hauptachse genannt und vertikal gestellt, die beiden anderen heißen Nebenachsen a. Durch die verschieden lange Hauptachse wird die vollkommene Symmetrie des regulären Systems gestört, und es sind die Flächen an den Endpunkten der Hauptachse anders angeordnet, als an denen der Nebenachsen. Geht man also aus von der Ebene der Nebenachsen, so laufen die Flächen von hier aus nach oben und nach unten, und zwar nach der Vierzahl, daher auch der Name viergliedriges System; und da die zu grunde liegende Figur der Nebenachsen ein Quadrat ist, so heißt dies System auch das quadratische System. Die vorkommenden Formen sind demnach die folgenden.

Fig. 20.



1. Das quadratische, oder viergliedrige Oktaeder (Fig. 20), begrenzt von acht gleichschenkligen Dreiecken; die Flächen bilden oberhalb und unterhalb der Ebene der Nebenachsen eine vierseitige Pyramide, und das Zeichen ist a : ma : ma.

2. Das Prisma oder die Säule, alle Flächen sind parallel der Hauptachse, das Zeichen ist a : a : ∞ c, der Querschnitt ist ein Quadrat.

3. Die gerade Endfläche. Alle Flächen liegen in der Fläche der Nebenachsen und schneiden somit nur die Hauptachse. Das Zeichen ist c : ∞ a : ∞ a.

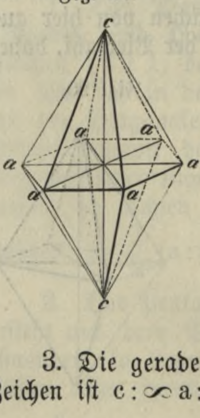
III. Das drei- und einachsige System.

Auch hier werden die drei gleichlangen Achsen die Nebenachsen a genannt, und da dieselben ein Hexagon bilden, so findet die Anordnung der Flächen in der 6-Zahl statt, und das System heißt das hexagonale oder sechsgliedrige System.

a) Holoedrische Formen.

1. Das Dihexaeder oder Hexagondodekaeder (Fig. 21). Begrenzt von 12 gleichschenkligen Dreiecken, deren Basen a : a in der Ebene der Achsen a liegen; sechs Endkanten gehen von a zu c, so daß die Hauptecke in der Achse c sechsflächig und sechskantig ist, die sechs Seitenecken sind 2 + 2 kantig. Es sind also die 12 Seitenflächen in der Form einer doppelten sechsseitigen Pyramide angeordnet. Das Zeichen ist a : a : ∞ a : c.

Fig. 21.

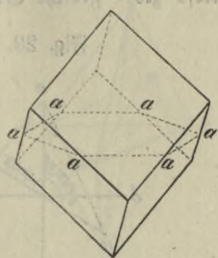


2. Das hexagonale Prisma oder die sechsseitige Säule, stumpft die Seitenkanten gerade ab. Das Zeichen ist a : a : ∞ a : ∞ c.

3. Die gerade Endfläche, wie bei vorigem System. Das Zeichen ist c : ∞ a : ∞ a : ∞ a.

b) Hemiedriſche Formen.

Fig. 22.



Durch Hemiedrie des Hexagondodekaeders entſteht das Rhomboeder, welches von ſechs Rhomben begrenzt wird, und bei welchem die Hauptachſe durch die beiden gleichen Ecken geht, die Nebenachſen durch die im Zickzack auf- und abſteigenden ſeitlichen Kanten (Fig. 22). Das Zeichen iſt a : a ∞ a : c.

IV. Das ein- und einachſige Syſtem.

Die längſte Achſe wird c genannt und vertikal geſtellt, die zweitlange Achſe b von rechts nach links, die kleinſte Achſe a von vorn nach hinten. Die Figur der beiden Nebenachſen iſt ein Rhombus, und deshalb wird das Syſtem das rhombiſche genannt. Damit hängt zuſammen, daß die Entwickelung der Flächen vorn und hinten eine andere iſt, als rechts und links, daher auch zweigliedriges Syſtem genannt.

1. Das Rhombenoktaeder. Begrenzt von acht ungleichſeitigen Dreiecken. Das Zeichen iſt a : b : c.

2. Das Prisma. Dasſelbe iſt ausgezeichnet durch einen rhombiſchen Querſchnitt.

3. Die Flächenräume. Dieſelben ſchneiden immer eine Achſe. Es gibt mithin dreierlei: die Querfläche ſchneidet die a-Achſe, die Längsfläche ſchneitet die b-Achſe und die Endfläche ſchneidet die c-Achſe.

V. Das zwei- und eingliedrige Syſtem.

Die a-Achſe iſt nach vorn geneigt, ſo daß der ſtumpfe Winkel a c vorn liegt (Fig. 23, ſ. S. 36). Infolgedeſſen iſt vorn und hinten verschieden, während rechts und links noch gleich bleibt. Also zwei gleiche Glieder rechts und links, je ein verschiedenes

Fig. 23.

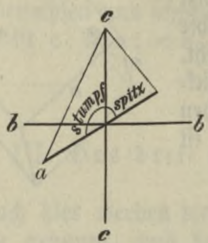
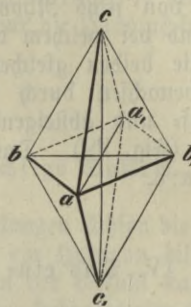


Fig. 24.



Glied vorn und hinten, daher der Name zwei- und eingliedriges System. Die Flächen sind paarweise angeordnet (Fig. 24). Immer zwei gleiche Flächen bilden ein augitisches Paar. Da die Ebenen der Seitenachsen geneigt sind, und der durch sie gelegte Querschnitt ein Rhombus bildet, so heißt das System auch klinorhombisch.

1. Die oktaedrische Form ist hier keine einfache Form mehr, sondern eine zweifache Kombination von den augitischen Paaren, nämlich einem vorderen und einem hinteren augitischen Paar.

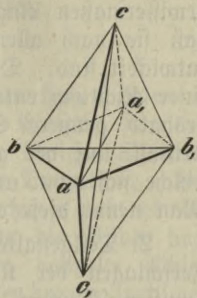
2. Wegen Neigung der a-Achse fehlt hier die gerade Endfläche. Die Endflächen fallen teils nach vorn, teils nach hinten schief ein, und werden danach vordere und hintere schiefe Endfläche genannt.

3. Die vertikalen Flächen sind dieselben, wie im vorigen System, Prismen, Längs- und Querflächen.

VI. Das ein- und eingliedrige System.

Hier ist auch die b-Achse geneigt, und infolgedessen auch rechts und links verschieden. Es gibt mithin gar keine Flächenpaare mehr, sondern nur noch selbständige Glieder. Daher der Name ein= und eingliedrig, und da die Figur der Nebenachsen ein geneigtes Rhomboid ist, so heißt das System auch klinorhomboidisches. Man kann die Flächen nach ihrer Lage mit rechts oben, rechts unten, links oben, links unten bezeichnen (Fig. 25).

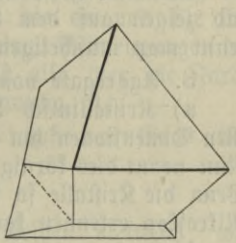
Fig. 25.



Zwillinge.

Unter Zwillingen versteht man die Verwechselung zwei gleicher Kristallindividuen, derzufolge dieselben gegen eine gemeinsame Ebene, die Zwillingsebene genannt, eine gesetzmäßige, aber entgegengesetzte Lage haben. Mechanisch erhält man den Zwilling, wenn man ein Individuum parallel der Zwillingsebene durchschneidet, und die beiden Hälften um 180⁰ gegeneinander dreht, wodurch vielfach einspringende Winkel entstehen. Fig. 26 stellt einen Zwilling vom Oktaeder dar.

Fig. 26.



Morphologie.

Die Mineralien sind entweder kristallinisch oder amorph.

A. Kristallinische Mineralien.

1. Kristalle. Hier gilt der Hauptsatz, daß die gleichnamigen Flächen auch immer eine gleiche physikalische Beschaffenheit zeigen müssen, aber eine sehr verschiedene Gestalt haben können. Die Kristalle sind teils eingewachsen, teils

aufgewachsen. Die ersten liegen in einer Gesteinsmasse gewissermaßen eingebettet, und sind dadurch ausgezeichnet, daß sie nach allen Dimensionen hin ziemlich gleichmäßig entwickelt sind. Die aufgewachsenen Kristalle sind nur nach einer Richtung entwickelt und bieten im Erkennen besonders deshalb größere Schwierigkeiten, weil fast immer mehrere Kristalle auf der gemeinsamen Unterlage aufgewachsen sind, welche sich dann auch vielfach in der Bildung gestört haben. Man nennt diese eine Kristalldruse.

2. Teilgestalten von Kristallen. Man erhält sie durch Zerschlagen der Kristalle, weil die Kristalle meist parallel gewissen Flächen plattflächig zerspringen. Diese Flächen heißen Spaltungsflächen, und die nur von Spaltungsflächen begrenzten Stücke nennt man Spaltungsstücke. Sie haben mitunter große Aehnlichkeit mit wirklichen Kristallen. Der vollkommenste Grad der Spaltigkeit wird Blättrigkeit genannt.

Mitunter zerspringen die Kristalle auch unregelmäßig und zeigen auf dem Bruche nur konzentrische Kreise; dies nennt man muscheligen Bruch.

3. Aggregate von Kristallen.

a) Kristallinisch körnig. Die Individuen zeigen nach allen Dimensionen hin eine ziemlich gleichmäßige Entwickelung. Man nennt dies körnig und unterscheidet grob- und feinkörnig. Wenn die Kristalle so klein sind, daß man sie nur durch das Mikroskop erkennen kann, so nennt man die Masse dicht.

b) Zeigen die Indiviuen nach einer Längsrichtung hin eine vorherrschende Entwickelung, so nennt man sie stengelig und wenn die Kristalle sehr dünn sind, faserig. Haben die faserigen Massen eine nierenförmige glänzende Oberfläche, so nennt man dies glaskopfartig.

B. Amorphe Mineralien.

Amorph nennt man alle diejenigen Mineralstoffe, bei denen man selbst durch das Mikroskop keine Spur von Kristallisation erkennen kann, wie beispielsweise Kohle und Kreide.

Physikalische Eigenschaften.

1. Optische Eigenschaften.

a) Strahlenbrechung. Die Mineralien haben entweder einfache oder doppelte Strahlenbrechung. Einfache sind die des regulären Systems, doppelte die der übrigen Systeme. Besonders schön zeigt sich der isländische Doppelspat. Bei den Mineralien mit doppelter Strahlenbrechung giebt es eine oder zwei Richtungen, nach denen gesehen die Bilder doch zusammenfallen; diese Richtungen werden doppelte Achsen genannt. Optisch einachsig sind die Mineralien des quadratischen und hexagonalen Systems, optisch zweiachsig die der übrigen Systeme.

b) Die Farbe. Man unterscheidet eine charakteristische und eine zufällige Farbe; die erstere ist eine direkte Folge der chemischen Konstitution und trägt mit zur Erkennung der Mineralien bei. Andererseits können die an und für sich farbenlosen Mineralien durch ganz geringe Beimengungen die verschiedensten Farben erhalten, so daß also hier die Farbe vollkommen nebensächlich für die Erkennung ist.

c) Endlich hat man zu achten auf den Grad des Glanzes und der Durchsichtigkeit.

2. Elektrische Eigenschaften.

Die Mineralien werden durch Reiben elektrisch, wie Schwefel und Bernstein, oder durch Erwärmen, wie Turmalin. Letzterer wird an dem einen Kristallende positiv, an dem anderen negativ elektrisch. Diese beiden Enden zeigen auch kristallographische Verschiedenheiten. Man nennt diese Eigenschaft Pyroelektrizität.

3. Magnetische Eigenschaften. Am meisteu magnetisch zeigt sich das Magneteisenerz.

4. Spezifisches Gewicht. Man versteht im allgemeinen darunter das Vielfache des Gewichts einer gewissen Menge eines Körpers von dem Gewicht einer gleichen Menge Wassers. Mit anderen Worten, wenn ein Kubikmeter Wasser 1 wiegt, so gibt die Zahl des spezifischen Gewichts an, wie viel mal

schwerer das Kubikmeter eines anderen Körpers ist. Das schwerste Mineral ist das Platin, sein spezifisches Gewicht ist 22, d. h. wenn ein Kubikmeter Wasser 1000 Kilogramm wiegt, so wiegt ein Kubikmeter Platin 22000 Kilogramm. Das leichteste Mineral ist die Kohle, und das mittlere Steingewicht beträgt 2,5. Alle diejenigen Mineralien, bei denen das spezifische Gewicht 4, oder mehr ist, fühlen sich schwer an und werden schwere Mineralien genannt.

5. Die Härte. Zur Bestimmung derselben dient die sogenannte Härteskala. Danach folgen die Mineralien: 1) Talk, 2) Steinsalz, 3) Kalkspat, 4) Flußspat, 5) Apatit, 6) Feldspat, 7) Quarz, 8) Topas, 9) Korund, 10) Diamant.

Diese Skala ist so beschaffen, daß jedes vorhergehende Mineral von dem folgenden geritzt wird.

Chemische Eigenschaften der Mineralien.

1. Nomenklatur.

Um die Zusammensetzung einer Verbindung, die Vertretung eines ihrer Elemente und überhaupt die Art und Weise, wie man sich die Elemente geordnet denkt, in einer außerordentlich einfachen Form auszudrücken, bedient man sich der chemischen Zeichen oder Formeln. Zur Bezeichnung der Elemente bedient man sich der Anfangsbuchstaben ihrer lateinischen Namen. Die hauptsächlichsten Elemente sind:

Metalloide.

Sauerstoff (Oxygenium) . .	O
Wasserstoff (Hydrogenium) .	H
Stickstoff (Nitrogenium) . .	N
Kohlenstoff (Carbonicum) . .	C
Schwefel (Sulphur)	S
Chlor	Cl
Brom	Br
Jod	J
Fluor	Fl

Phosphor	P
Bor (Boron)	B
Kiesel (Silicium)	Si

Metalle.

Kalium	K
Natrium	Na
Barium	Ba
Calcium	Ca
Magnesium	Mg
Aluminium	Al
Mangan	Mn
Eisen (Ferrum)	Fe
Nickel	Ni
Zink	Zn
Kupfer (Cuprum)	Cu
Blei (Plumbum)	Pb
Zinn (Stannum)	Sn
Quecksilber (Hydrargyrum) .	Hg
Silber (Argentum)	Ag
Gold (Aurum)	Au
Platin	Pt

Im ganzen gibt es 65 einfache Stoffe oder Elemente und zwar 15 Metalloide und 50 Metalle.

Man geht aus von den chemisch einfachen Stoffen, unter denen sich die elektropositiven mit den elektronegativen verbinden. Nach den elektronegativen unterscheidet man dreierlei Arten von Verbindungen.

A. Sauerstoffverbindungen.

Die Sauerstoffverbindungen selbst sind wieder positiv, oder negativ. Die positiven werden Basen, die negativen Säuren genannt, die Verbindungen beider Salze.

I. Basen.

a) Alkalien: Kali (KO), Natron (NaO).

b) Erden: Kalkerde (CaO), Baryterde (BaO).

c) Alkalische Erden: Magnesia, Talkerde oder Bittererde (MgO), Tonerde ($Al_2 O_3$).

Man nennt Monoxyde solche Verbindungen, in denen der Sauerstoff nur ein mal vorkommt, Sesquioxyde diejenigen mit 1½ Sauerstoff.

d) Metalloxyde. Die des Eisens sind zweierlei, das Monoxyd (Eisenoxydul FeO) und das Sesquioxyd (Eisenoxyd $Fe_2 O_3$).

II. Säuren.

a) Kieselsäure (SiO_3).
b) Kohlensäure (CO_2).
c) Schwefelsäure (SO_3).
d) Phosphorsäure (PO_5).

III. Salze.

a) Kieselsaures Kali ($KO\ SiO_3$).
b) Kieselsaure Tonerde ($Al_2 O_3\ SiO_3$).

Beide zusammen geben ein Doppelsalz, es ist die Verbindung von Säuren mit einem Monoxyd und mit einem Sesquioxyd.

B. Sulfurverbindungen.

Ganz ähnlich wie der Sauerstoff, geht auch der Schwefel mit anderen Stoffen Verbindungen ein. Auch hier gibt es Basen, Säuren und Salze. Einfache Sulfurbasen sind die Verbindungen des Schwefels mit den Metallen, wie Schwefelblei, Schwefelkupfer und andere.

C. Haloidverbindungen.

So heißen die Verbindungen des Chlor, Jod, Brom und Fluor. Diese Metalloide verbinden sich mit einem Element, so daß direkt Stoffe entstehen, welche die Eigenschaft eines Salzes haben. Hierher gehört das Chlornatrium oder Kochsalz (NaCl).

2. Chemische Analyse.

Sie ist eine doppelte, nämlich eine quantitative und eine qualitative. Zur Bestimmung der qualitativen Analyse bedient man sich des Lötrohrs. Man kann eine blaue nicht leuchtende Flamme blasen, dies ist die Oxydationsflamme, oder eine gelbe leuchtende Flamme, die reduzierende Flamme. Jede leuchtende Flamme enthält glühenden Kohlenstoff, der das Leuchten bewirkt. Durch die leuchtende Flamme kann man also immer Kohlenstoff zuführen, durch eine nicht leuchtende Sauerstoff.

3. Zusammenhang zwischen chemischer Zusammensetzung und Kristallform.

a) Dimorph nennt man solche Stoffe, welche bei vollkommen gleicher chemischer Zusammensetzung eine verschiedene Kristallform haben. Mit der Form ändert sich dann gewöhnlich auch das Ansehen des Körpers, z. B. der Kohlenstoff, der als Diamant regulär kristallisiert, als Graphit hexagonal.

b) Isomorph nennt man solche Mineralien, welche bei verschiedener, aber doch noch analoger chemischer Zusammensetzung dieselbe Kristallform zeigen, z. B. kohlensaurer Kalk, kohlensaure Magnesia, kohlensaures Eisenoxydul, die verschieden zusammengesetzt sind, und doch alle drei im Rhomboeder kristallisieren.

4. Mineralsysteme.

Die Mineralien sind in erster Linie nach der chemischen Zusammensetzung angeordnet, in zweiter Linie nach der Kristallform, so daß immer die isomorphen Mineralien zusammen kommen. Wir betrachten die Mineralien in nachstehender Reihenfolge:

I. Chemisch einfache Stoffe.
II. Sauerstoffverbindungen.
A. Einfache.
B. Sauerstoffsalze.

Sie werden eingeteilt in:

1. Silikate, Salze der Kieselsäure.
2. Carbonate, Salze der Kohlensäure.
3. Sulfate, Salze der Schwefelsäure.
4. Phosphate, Salze der Phosphorsäure.

III. Haloidverbindungen.
IV. Sulfurverbindungen.
V. Stoffe organischen Ursprungs.

I. Die chemisch einfachen Stoffe.

a) Metalloide oder Nichtmetalle.

1. Schwefel. Derselbe ist trimorph, d. h. er kommt in drei Gestalten vor.

Der natürliche Schwefel kristallisiert im rhombischen Oktaeder, der geschmolzene zwei- und eingliedrige prismatisch, und die Schwefelblume ist amorph.

2. Kohlenstoff.

a) Der Diamant, kristallisiert vielfach als Achtundvierzigflächner und ist deutlich spaltbar nach dem Oktaeder.

b) Der Graphit. Er krstallisiert hexagonal, kommt aber meistens in dichten Massen vor.

b) Metalle.

Dieselben kristallisieren regulär und rhomboedrisch. Regulär kristallisieren: Gold, Silber, Kupfer, Platin und Eisen, welche sich sämtlich auf der Erde finden, mit Ausnahme des Eisens, welches uns nur als Meteoreisen bekannt ist. Die rhomboedrischen Metalle sind Wismut, Arsen und Antimon.

II. Sauerstoffverbindungen.

Einfache Sauerstoffverbindungen.

1. Rotkupfererz (Kupferoxydul Cu_2O), kristallisiert im regulären Oktaeder.

2. Corund. Chemisch reine Tonerde (Al_2O_3), Härte Nr. 9, kristallisiert rhomboedrisch. Die edlen Varietäten,

wenn sie schön rot gefärbt sind, heißen Rubin, blau werden sie Saphir genannt, die dichten Massen heißen Schmirgel.

3. Eisenerze.

a) Eisenglanz, reines Eisenoxyd und isomorph mit Corund. Die dichten Abänderungen werden Roteisenstein genannt, die erdigen Rötel, und die glaskopfartigen roter Glaskopf. Dieses Eisenerz ist ausgezeichnet durch einen roten Strich.

b) Brauneisenerz (Eisenoxydhydrat), vom vorigen verschieden durch den braunen Strich. Es kommt vor als Brauneisenstein, als brauner Glaskopf und als Raseneisenerz. Letzteres ist porös und ausgezeichnet durch seinen Gehalt an Phosphorsäure; es ist eine noch heute vor sich gehende Bildung.

c) Magneteisenerz. Chemisch Eisenoxydul. Kristallisiert in regulären Oktaedern und kommt auch vielfach in körnigen Massen vor.

4. Zinnstein. Chemisch Zinnsäure SnO_2, kristallisiert quadratisch und kommt meistens in Zwillingen vor, welche einen schönen einspringenden Winkel zeigen.

5. Zirkon. Kommt in Verbindung mit Kieselerde vor $SiO_2 + ZrO_2$ und ist hyazinthrot gefärbt.

6. Quarz. Ein sehr verbreiteter Körper. Chemisch Kieselsäure SiO_3. Sie kommt kristallisiert und amorph vor.

a) Kristallisierter Quarz. Spezifisches Gewicht 2,7. Kristallform rhomboedrisch. Es treten gewöhnlich die beiden Rhomboeder, welche aus einem Dihexaeder entstehen, zusammen auf, so daß die Prismen sechsflächig zugespitzt sind. Die Prismenflächen selbst sind horizontal gestreift und sind besonders bei den aufgewachsenen Kristallen entwickelt, während sie bei den eingewachsenen so zurücktreten, daß einfache dihexaedrische Formen vorkommen. Der Bruch ist muschlig, also nicht spaltbar. Glanz Glasglanz.

Varietäten des Quarzes.

a) Kristalle. Die wasserhellen Kristalle heißen Bergkristall, die rauchgrauen Rauchtopas, die violblauen Amethyst.

b) Kristallinische Massen. Die körnigen heißen gemeiner Quarz und sind ausgezeichnet durch eigentümlichen Fettglanz; die dichten werden Hornstein genannt. Zum Hornstein gehören:

Der Feuerstein, ausgezeichnet durch den scharfkantigen Bruch. Zweitens der Chrysopras, von schön apfelgrüner Farbe. Die grüne Farbe rührt her von dem beigemengten Nickeloxydul (NiO). Drittens der Jaspis, der rot oder grün gefärbt vorkommt. Die grünen Exemplare mit roten Punkten heißen Heliotropen. Auch das verkieselte Holz gehört zum Hornstein.

c) Chalcedonen nennt man die trüben, durchscheinenden Quarzmassen, welche vielfach eine nierenförmige Oberfläche zeigen. Hierher gehört auch der Achat. Er kommt in Kugeln vor und besteht aus verschieden gefärbten Lagen. Im Innern sind diese Kugeln mitunter mit Amethystkristallen bekleidet. Ferner gehört hierher der Carneol, von roter Farbe.

d) Amorpher Quarz. Er wird Opal genannt, enthält neben der Kieselsäure noch Wasser und ist infolgedessen spezifisch leichter als die übrigen Varietäten. Der Edelopal ist ausgezeichnet durch sein schönes Farbenspiel und der Milchopal hat ein milchiges Aussehen. Die schönen Exemplare des Edelopal sind von hohem Wert. Schon Plinius, ein römischer Schriftsteller aus dem ersten Jahrhundert nach Christus, erzählt uns von dem im Altertum so hochgeschätzten Opal des Nonius, der zwar nur die Größe einer Haselnuß hatte, aber nach einer Lesart auf 800000 Taler geschätzt wurde. Im kaiserlichen Schatze zu Wien findet sich ein ganz reiner von der Größe einer Mannesfaust, der einen Wert von 2 Millionen Gulden haben soll.

Sauerstoffsalze.

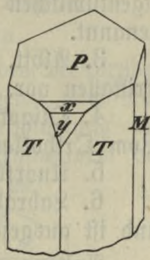
A. Silikate. Verbindungen der Kieselsäure.

Doppelsilikate. Das Monoxyd ist variabel, das Sesquioxyd ist meistens Tonerde.

I. Familie des Feldspats. Das Monoxyd ist Kali (KO), Natron (NaO) oder Kalk (CaO). Die Kalifeldspate (KO, $SiO_3 + Al_2O_3$, $3\,SiO_3$) kristallisieren zwei- und eingliedrig, die Natron- und Kalkfeldspate ein- und eingliedrig.

Kristallform der zwei- und eingliedrigen Feldspate. Nach Hauys (geb. 1743 in der Picardie) Primitivformen hat man die Flächen dieser Form mit drei Buchstaben P, M und T bezeichnet (Fig. 27), von denen P die schiefe Endfläche, T die Prismenfläche und M die Längsfläche heißen. Unter diesen Flächen stehen P und M, ihren Achsen entsprechend, senkrecht auf einander, während P und T geneigt sind. Dies ist deshalb wichtig, weil nach diesen Flächen der Feldspat spaltet, und zwar am deutlichsten parallel der P-Fläche. Oft ist die Neigung zwischen P und T so gering, daß man die Kristalle nur nach der Beschaffenheit ihrer Flächen erkennen kann. Bei den Kristallen tritt zu der vorderen schiefen Endfläche die fast gleich geneigte x auf, welche jedoch nicht spaltbar ist, und die sonst noch daran zu erkennen ist, daß unter ihr häufig noch eine steilere y liegt. Auch augitische Paare kommen vor. Außer den einfachen Kristallen kommen noch Zwillinge vor, die nach dem Fundorte Karlsbad, Karlsbader Zwillinge genannt werden. Die beiden Individuen haben M gemein und neben P des einen liegt die steile y des anderen.

Fig. 27.



Kristallform der ein- und eingliedrigen Feldspate:

Die Entwickelung der Form ist sehr ähnlich der zwei- und eingliedrigen, nur mit dem Unterschiede, daß P und M nicht mehr genau rechtwinklig auf einander stehen; der Winkel weicht jedoch nur wenig vom rechten Winkel ab und tritt besonders hervor bei der Zwillingsbildung, wo die P-Flächen nebeneinander liegen und einen einspringenden Winkel bilden. Hier treten nur Zwillinge auf. Die Zwillingsbildung wiederholt sich vielfach; die einzelnen Individuen werden ganz dünn, und die einspringenden Winkel erscheinen nur als feine Streifen auf der P-Fläche, weshalb man diese Feldspate auch gestreifte Feldspate nennt.

Arten des Feldspat:

1. Orthoklas. Der ältere Kalifeldspat. Die farblosen Abänderungen heißen Adular, die übrigen gemeiner Feldspat, meist fleischrot und weiß gefärbt.

2. Sanidin. Der jüngere Kalifeldspat. Wegen seines eigentümlichen glasigen Querbruchs auch glasiger Feldspat genannt.

3. Albit. Der reine Natronfeldspat, kommt nur in Kristallen vor.

4. Oligoklas. Enthält neben dem Natron noch Kalk. Vom Orthoklas nur durch die Streifen unterschieden.

5. Anorthit. Der reine Kalkfeldspat.

6. Labrador. Enthält neben dem Kalk noch Natron und ist ausgezeichnet durch das schöne Farbenspiel.

Anhang zu den Feldspaten:

1. Leucit. Chemisch gleich den Kalifeldspaten, unterscheidet sich aber dadurch, daß er im Leucitoeder kristallisiert, also dem regulären System angehört.

2. Hauyn, von schöner blauer Farbe.

3. Nephelin, kristallisiert hexagonal.

II. Familie. Glimmer. ($2KO, SiO_3 + 2Al_2O_3, 3SiO_3$). Die Mineralien sind nach einer Linie hin deutlich blätterig, und die Blättchen sind elastisch biegsam. Man unterscheidet

1. Kaliglimmer, von lichter Farbe und deshalb Marienglas genannt.

2. Magnesiaglimmer von flaschengrüner Farbe.

3. Chlorit. Enthält neben Magnesia noch Wasser und ist ausgezeichnet durch die eigentümlich bläulich grüne Farbe.

III. Familie. Familie der edlern Doppelsilikate.

1. Granat. Chemisch sehr verschieden und ausgezeichnet durch das hohe Gewicht 4,2, kristallisiert im Dodekaeder, welches daher auch Granatoeder genannt wird. Der edelste Granat ist der Almandin von dunkelroter Farbe, häufig mit einem Stich ins Blau. Chemisch kieselsaure Eisentonerde.

2. Beryll. Hier ist das Monoxyd Beryllerde, kristallisiert im hexagonalen Prisma mit Endflächen. Es gehört hierher der Smaragd von schön grüner Farbe, nach ihm Smaragdgrün genannt.

3. Turmalin. Enthält außer der Tonerde auch Borsäure, kristallisiert rhomboedrisch und ist ausgezeichnet durch seine Pyroelektrizität. Er gehört zu den Edelsteinen und findet sich, wie diese, in dem Flußsande der Tropen.

Silikate mit nur Monoxyden.

1. Hornblende und Augit enthalten von den Monoxyden Kalk und Magnesia (MgO), kristallisieren beide zwei- und eingliedrig, haben aber eine verschiedene Entwickelung der Kristallform. Fig. 28 und 29 stellen die Krystallform der

Fig. 28.

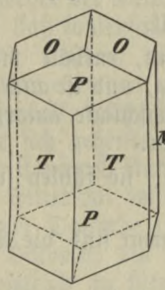
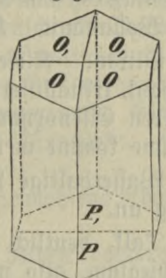


Fig. 29.



Hornblende in einfacher und Zwillingsform dar, Fig. 30 und 31 den Augit nebst seiner Zwillingsform. Außer durch die

Fig. 30.

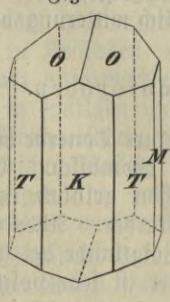
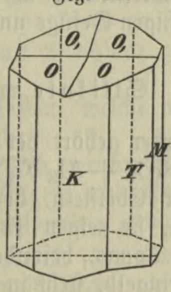


Fig. 31.



Kristallform sind die beiden Mineralien unterschieden durch den Bruch. Die Hornblende ist deutlich spaltbar nach dem Prisma und hat infolgedessen ein faseriges Aussehen, der Augit dagegen hat muschligen Bruch. Zur Hornblende gehört:

a) Der Stahlstein. Langstrahlige Säulen, welche meist im Alpinischen Talkschiefer liegen und spröden Querbruch zeigen.

b) Der Asbest, welcher faserig ist, und der Amiant mit biegsamer verfilzter Faser. Der Asbest ist derjenige Stoff, welcher zu den früheren Stipfeuerzeugen verwendet wurde.

Zum Augit gehört der Dialeag, welcher blätterig ist und metallischen Glanz zeigt.

2. Wollastonit. Kieselsaurer Kalk.

3. Olivin. Kieselsaure Magnesia, enthält meist noch Eisenoxydul, kristallisiert einundeinachsig, und ist auch mit dem kieselsauren Eisenoxydul der Eisenfrischschlacke amorph. Der olivengrüne kommt meist in Basalt vor.

4. Wasserhaltige Magnesiasilikate; sie fühlen sich sämtlich fettig an.

a) Talk, deutlich blättrig, und zwar sind die Blättchen gemein biegsam, also nicht elastisch.

b) Speckstein, kristallinisch körnig und ausgezeichnet durch seine Feuerfestigkeit.

c) Serpentin, amorph, dunkelgrün gefärbt, von sehr gleichmäßigen Gefüge und außerordentlich witterungsbeständig.

Silikate mit nur Sesquioxyden.

Hierher gehört der Topas, kieselsaure Tonerde mit Fluor ($Al_2\,O_3\,SiO_3 + Al_3\,Fl_2$), kristallisiert rhombisch. Ein sehr geschätzter Edelstein, besonders die schön gelblich roten aus Brasilien, sie zeigen Prismen mit Oktaeder. Aber auch der sächsische Topas, besonders aus dem Voigtlande bei Auerbach, blaß, weingelb, steht in hohem Wert, er ist sehr politurfähig.

B. Carbonate.

Sind zu betrachten als zweite Abteilung der Sauerstoffsalze; sie brausen mit jeder Säure.

Der kohlensaure Kalk (CaO, CO_2). Er ist trimorph. Im Rhomboeder kristallisiert heißt er Kalkspat, rhombisch Aragonit und amorph Kreide. Unter Spat verstanden die alten Bergleute die Spaltbarkeit der Steine.

1. Kalkspat. Die Kristallform ist äußerst mannigfaltig, und er ist immer erkennbar an der deutlichen Spaltbarkeit nach dem Rhomboeder. Die wasserhellen Spaltungsstücke heißen Doppelspate. Die körnigen Massen werden Marmor genannt, z. B. Carrarischer Marmor, die dichten heißen Kalkstein, z. B. lithographischer Kalkstein in Baiern. Ferner gehört hierher der Kalktuff, welcher sich noch heutzutage bildet, dadurch, daß kohlensaurer Kalk in kohlensäurehaltigem Wasser löslich ist, welchem dann durch die pflanzlichen Stoffe die Kohlensäure entzogen wird, so daß der Kalk niederfällt, z. B. der Wiesenkalk, ferner der römische Travertinus. Eine andere noch vor sich gehende Bildung ist der Tropfstein. Mit dem Kalkspat isomorph sind folgende:

2. Bitterspat im Talkschiefer eingewachsene Rhomboeder, kohlensaure Talkerde ($MgO\,CO_2$).

3. Dolomit, ein Gemenge der beiden vorhergehenden, kommt vielfach in körnigen und dichten Massen vor und ist dann äußerlich nur schwer von Marmor und Kalkstein zu unterscheiden. Hierzu gehört der pentelische Marmor.

4. Eisenspat, Spateisenstein, Sphärosiderit, kohlensaures Eisenoxydul, kommt vor:

a) in Kristallen, welche meist mit Bleiglanz zusammen auf Quarz aufgewachsen sind;

b) in spätigen und körnigen Massen, welche nach oben hin in Brauneisenerz umgeändert sind;

c) dichte Massen, vielfach durch Ton verunreinigt, Toneisenstein genannt, und weil er in Kugeln und Knollen im Kohlengebirge vorkommt, auch Kohleneisenstein genannt.

5. Zinkspat, kohlensaures Zinkoxydul, der letzte dieser isomorphen Reihe. Kristalle selten, meist dichte, durch Ton

verunreinigte Massen, welche Galmei genannt werden (ZnO, CO_2). Vorkommen in Oberschlesien, Tarnowitz, Altenberg bei Aachen, Iserlohn.

6. Aragonit. Während sich Kalkspat aus kalten Wasser bildet, setzt sich Aragonit aus warmen Wasser ab. Es gehören hierher:

a) Die Absätze des Karlsbader Sprudels, verschieden gefärbte Lagen, im Innern faserig;

b) Erbsenstein. Auch der Ansatz in Kesseln gehört hierher.

7. Kreide. Aus kalkigen Panzern von Infusionstierchen bestehend.

8. Wasserhaltige Kupfersalze (Kupferkarbonat); hierher gehören:

Kupferlasur, von schön blauer Farbe, welcher dann durch Aufnahme von Wasser in Malachit übergeht, schön grün gefärbt und von Glaskopfstruktur. Er kommt häufig in Erzgängen vor. Unübertroffen sind die glaskopfartigen Malachitmassen vom Ural, die auf geschliffenen Flächen im reflektierten Licht eine eigentümliche Farbenwandlung zeigen.

C. Sulfate.

Eine Verbindnng von schwefelsauern und Sauerstoffsalzen.

1. Schwerspat, schwefelsaures Baryt (BaO, SO_3), ausgezeichnet durch sein hohes Gewicht $4\,^1/_2$, kristallisiert rhombisch und ist deutlich spaltbar nach dem vertikalen Prisma und der geraden Endfläche. Reines schwefelsaueres Baryt ist als weiße Farbe bekannt unter den Namen Permanentweiß.

2. Anhydrit. Reiner schwefelsaurer Kalk (CaO, SO_3), geht durch Aufnahme von 2 Wasser über in

3. Gyps ($CaO, SO_3 + 2HO$). Kristallisiert zweiundeingliedrig und ist deutlich blättrig nach der Längsfläche. Außerdem spaltbar nach zwei anderen Richtungen, so daß die Blättchen immer eine rhombische Gestalt haben. Die wasserhellen, blättrigen Massen heißen Fraueneis, die dichten werden

Alabaster genannt. Beim Brennen verliert der Gyps Wasser, das er später wieder aufnimmt.

D. Phosphate.

Salze der Phosphorsäure. Nur ein Mineral Apatit, phosphorsaurer Kalk. Eine Varietät ist der Spargelstein. Kristallisiert hexagonal, von gelblich grüner Farbe und im Talkschiefer eingewachsen. Die dichten Massen werden Phosphorit genannt. Der phosphorsauere Kalk bildet einen wesentlichen Bestandteil der Knochen, Knochenkalk genannt.

III. **Haloidverbindungen.**

1. Steinsalz. Klornatrium (Na Cl). Kristallisiert in Würfeln und ist auch deutlich spaltbar nach demselben.

2. Flußspat. Fluorkalcium (Ca F). Kristallisiert auch in Würfeln, ist aber deutlich spaltbar nach dem Oktaeder. Farbe sehr verschieden, häufig violett.

IV. **Sulfurverbindungen.**
(Geschwefelte Erze.)

1. Eisenkies (Fe S). Farbe speisgelb (nach der Glockenspeise so genannt), Kristallform regulär als Würfel und Pentagondodekaeder. Zur Eisenfabrikation unbrauchbar, nur zur Schwefelsäurefabrikation verwendbar und deshalb auch Schwefelkies genannt.

2. Kupferkies. Schwefelkupfer und Schwefeleisen, kristallisiert quadratisch, Farbe messinggelb, das heißt metallisch gelb mit einem Strich ins grüne.

3. Bleiglanz. Schwefelblei, Farbe bleigrau, kristallisiert regulär und ist deutlich spaltbar nach dem Würfel. Bleierz.

4. Blende. Schwefelzink (Zn S), ausgezeichnet durch starken metallischen Glanz. Reguläres Kristallsystem.

5. Fahlerz. Chemisch sehr mannigfaltig zusammengesetzt, viel Kupfer, häufig Silber enthaltend, kristallisiert im regnlären Tertaeder.

V. Stoffe organischen Ursprungs.

1. Bitumen. Kohlenwasserstoffverbindungen, welche sich bei Verwesuug organischer Stoffe bilden. Im flüssigen Zustande Petroleum, im festen Asphalt.

2. Kohle. Bilden sich durch trockene Destillation von pflanzlichen Stoffen und sind chemisch mehr oder minder reiner Kohlenstoff, amorph und vielfach mit Bitumen getränkt. Sie dienen zur Herstellung der Anilinfarben. Man unterscheidet Steinkohle mit schwarzem Strich und Braunkohle mit braunem Strich; die reinste Steinkohle heißt Anthrazit. Die Braunkohlen, bei denen man die Holzstruktur noch erkennen kann, heißen bituminöses Holz.

3. Bernstein. Das fossile Harz des fossilen Bernstaunbaumes. Fossilien sind versteinerte organische Ueberreste aus der Urwelt.

C. Geognosie.

Gesteinslehre.

Unter einem Gestein versteht man die einfachen Mineralien oder Mineraliengemenge, welche einen größeren Anteil an der Zusammensetzung der Erdkruste nehmen. Man unterscheidet massige und geschichtete Gesteine. Die ersteren sind im wesentlichen von homogenem Gefüge, die letzteren dagegen lassen eine Parallelstruktur erkennen.

Massige Gesteine.

Es sind Gemenge verschiedener Mineralien, welche Gemengteile genannt werden, und je nach der Entwickelung derselben kann man verschiedene Strukturverhältnisse unterscheiden.

1. Kristallinisch körnig. Die einzelnen Gemengteile sind deutlich zu unterscheiden.

2. Dicht. Anscheinend eine einfache Mineralsubstanz, welche sich erst unter dem Mikroskop, oder bei der Analyse als Gemenge zeigt.

3. Porphyrartig. In einer gleichmäßigen, meist dichten Masse sind einzelne größere Kristalle ausgeschieden: man kann dann von den ausgeschiedenen Kristallen auf die Masse selbst schließen. Die Masse wird, im Gegensatz zu den ausgeschiedenen Kristallen, Grundmasse genannt.

4. Mandelsteinartig. In der Gesteinsmasse liegen kugelige und mandelförmige Ausscheidungen als Ausfüllungsmasse früherer Hohlräume.

5. Glasig. Dies sind amorphe Massen.

Die Gemengteile sind entweder wesentliche, oder unwesentliche.

Wesentliche Gemengteile sind solche, welche für ein bestimmtes Gestein charakteristisch sind, unwesentliche, oder accessorische solche, welche mitunter auftreten, aber auch fehlen können. Die wesentlichen Gemengteile kann man ihrer Wichtigkeit nach in drei Klassen unterbringen.

Gemengteile erster Klasse sind die Mineralien der Familie des Feldspats.

Gemengteile zweiter Klasse sind Glimmer, Hornblende und Augit.

Gemengteile dritter Klasse sind Quarz und Magneteisen.

Man teilt die Gesteine in folgende vier Gruppen ein, bei denen die Gemengteile unter I, II, III angegeben sind.

Gruppe	I.	II.	III.
Granitgruppe	Orthoklas (Oligoklas)	Glimmer oder Hornblende	Quarz
Grünsteingruppe	Gestreifter Feldspat	Hornblende oder Augit	Quarz, Magneteisenerz
Trachytgruppe	Sanidin	Glimmer oder Hornblende	wenig Quarz
Basaltgruppe	Labrador, Nephelin, Leucit	Augit	Magneteisenerz

Die Feldspate lassen sich immer erkennen an der vollkommenen Spaltbarkeit mit Perlmutterglanz. Es kommt dann zunächst darauf an, ob sie glatt oder gestreift sind. Ist der Feldspat glatt, so kann von zweiter Klasse nur Glimmer, oder Hornblende vorhanden sein, nie Augit. Das Auftreten von Glimmer läßt auf das Vorhandensein von Quarz schließen, und umgekehrt. Der schwarze Glimmer sieht oft ähnlich aus wie Hornblende, unterscheidet sich aber von derselben durch den deutlichen Bruch und die Blättrigkeit mit starkem Glanz, während die Hornblende ein faseriges Aussehen hat und matter ist. Ist der Feldspat gestreift, so kann der zweite Gemengteil Hornblende oder Augit sein, welche sich von einander durch den Bruch unterscheiden, Hornblende mit faserigem, Augit mit muscheligem Bruch. Magneteisenerz gibt dem Gestein ein dunkles Aussehen und ein hohes Gewicht.

I. Granitgruppe.

1. Granit. Bestehend aus Orthoklas, Glimmer und Quarz. Der Orthoklas ist verschieden gefärbt, teils weiß, teils rot und gibt danach auch dem Gestein ein verschiedenes Aussehen; weiß ist der schlesische Granit und der Granit von der Roßtrappe im Harz, rot der Geschiebegranit. Neben dem Orthoklas kann auch Oligoklas auftreten, der dann immer verschieden gefärbt ist, rötlich, grünlich gelblich. Der Glimmer ist teils Magnesia-, teils Kaliglimmer, und der Quarz ist in sehr verschiedenen Mengen vorhanden, wovon die Festigkeit des Granit abhängt. Die Struktur des Granit ist meist körnig, von sehr verschiedener Größe des Korns, mitunter auch porphyrartig mit einzelnen größeren Feldspatkristallen.

2. Syenit. Orthoklas und Hornblende geht durch Aufnahme von Glimmer und Quarz allmählich in Granit über, mit dem er auch meist zusammen vorkommt. Der feinkörnige Syenit, der vielfach verwendet wird, kommt im Plauenschen Grunde bei Dresden vor.

3. Quarzporphyr. Derselbe besteht zunächst aus einer Grundmasse, welche ein inniges Gemenge von Orthoklas und Quarz ist, sehr hart und vollkommen glanzlos. In derselben liegen dann einzelne Kristalle von Orthoklas und Quarz von verschiedener Größe und verschieden dicht angeordnet. Das Gestein ist ausgezeichnet durch große Härte und wird vielfach zum Straßenbau angewendet. Nicht zu empfehlen für den letzteren Zweck ist der Porphyr mit großen Orthoklaskristallen, die auswittern und so zur Zerstörung des Gesteins beitragen.

4. Quarzfreier Porphyr, auch Porphyrit genannt. Dazu gehört der rote antike Porphyr (Porfido rosso antico), welcher in einer dunkelroten Grundmasse lichtgrüne Feldspatkristalle (Labrador) hat.

5. Pechstein. Die glasigen Abänderungen dieser Gruppe, verschieden, grünlich, gelblich, meist rot gefärbt, findet sich bei Meißen, auch in Böhmen.

6. Kaolin oder Porzellanerde. Ist das Verwitterungsprodukt der Steine der Granitgruppe, besonders schön bei Meißen. Es ist ein weißes, sich fettig anfühlendes Pulver mit prägnantem Tongeruch, und entstanden dadurch, daß aus dem Feldspat ($K\,O\,Si\,O_3 + Al_2\,O_3;\ 3\,Si\,O_3$) das kieselsaure Monoxyd, also hier das kieselsaure Kali, durch den Verwitterungsprozeß fortgeführt ist, und Wasser dafür eintritt, es bleibt also wasserhaltig kieselsaure Tonerde ($Al_2\,O_3,\ 3\,Si\,O_3 + 2\,H\,O$), sehr feuerfest. Es ist jedoch allein nicht schmelzbar, deshalb setzt man bei der Porzellanfabrikation Feldspat oder Gips hinzu.

II. Grünsteingruppe.

Die hierher gehörigen Steine haben sämtlich ein dunkles Ansehen, weil die Gemengteile zweiter Klasse vorherrschen, und nach denselben unterscheidet man: Hornblende- und Augitgrünstein.

1. Diorit. Gestreifter Feldspat mit Hornblende, wozu auch Glimmer und Quarz treten können. Die Steine haben ein mittleres Korn. Wenn sie dichter werden, so gehen sie

unmerklich in Aphanite über, bei denen man die Teile nicht mehr unterscheiden kann, sogenannte aphanitische Grünsteine.

2. Melaphyr. Oligoklas und Augit, ein dichtes, dunkles Gemenge, schwer zu unterscheiden vom Basalt, doch ausgezeichnet durch seine mandelsteinartige Struktur. Hier kommen die Achatkugeln mit den eingelegten Amethystkristallen vor.

3. Augitporphyr. In der schwarzen Grundmasse, wie beim Melaphyr, sind deutliche Augitkristalle ausgeschieden.

4. Diabas. Labrador und Augit, wozu immer etwas Chlorit tritt, welcher dem Gestein eine grüne Farbe gibt. Hierhör gehört der Verde antico aus Lacedämonien, in einer dunkelgrünen Grundmasse liegen grüne Feldspatkristalle. Am Harz findet sich der Diabas vorzüglich an der Grenze, wo sich die Granite vom Tonschiefer absetzen, an der Roßtrappe und im Mühltal bei Elbingerode.

5. Gabbro. Grobkörniges Gemenge von Labrador und Diallag, der Diallag häufig prachtvoll grün, ausgezeichnet durch große Festigkeit, er kommt in der Natur meist mit Serpentin vor.

III. Trachytgruppe.

Charakterisiert durch den Sanidin, zu dem jedoch auch Oligoklas tritt.

1. Trachyt. In Deutschland tritt er besonders im Siebengebirge auf, der Trachyt des Drachenfels am rechten Rheinufer ist ausgezeichnet durch große porhyrartig ausgeschiedene Sanidinkristalle, der von der Wolkenburg ist körnig, Oligoklas und Hornblende enthaltend, er wird hauptsächlich verwendet. Freier Quarz ist nicht vorhanden, außer in kleinen Klüften.

2. Phonolith (Klingstein). Besteht aus einer dunklen Grundmasse, in welcher einige Sanidinkristalle ausgeschieden sind, und ist ausgezeichnet durch seine Neigung zum Plattigen. Die Homogenität dieser Platten beweist ihr Klang, worauf der Name Klingstein hindeutet. Quarz findet sich nicht mehr frei darin. Er kommt vor im böhmischen Mittelgebirge,

besonders am Donnersberge bei Milleschau, dem höchsten Berge dieses Gebirges, in der Nähe von Teplitz.

3. Glasige Gesteine. Hierher gehört der Obsidian. Er bildet das vollkommenste unter den natürlichen Gläsern, er zeigt den vollkommensten muscheligen Bruch, und ist so spröde, daß man mit dem kleinsten Hammer die größten Blöcke zerschlagen kann. Diese auffallende Sprödigkeit rührt von dem schnellen Erkalten her: die Teilchen sind gezwungen, an der Oberfläche schnell eine Lage einzunehmen, welche sie vermöge ihrer Kristallisation nicht nehmen würden, den inneren Schichten bleibt dagegen mehr Zeit zur Kristallisation. Das erzeugt eine Spannung der äußeren gegen die inneren Teile, die man beim künstlichen Glase durch möglichst langsame Abkühlung sorgfältig zu vermeiden sucht. Glastropfen in kaltes Wasser getröpfelt (Glastränen) bilden daher das allerspröbeste Glas. Sammetschwarze Farbe herrscht vor, doch geht dieselbe ins Grüne und Farblose. Daher die Anfertigung von Trauerschmuck. Die Griechen machten Pfeilspitzen daraus (Marathonsteine), die Römer Spiegel und die alten Mexikaner sogar Rasiermesser. Der echte glasartige Obsidian lagert immer mit Bimstein zusammen, der nichts anderes ist, als ein schaumig aufgeblähter Obsidian. Beide gehen häufig in einander über.

IV. Basaltgruppe.

Entspricht den Augitgrünsteinen und umfaßt die Steine, bei denen äußerlich die Gemengteile fast nie zu unterscheiden sind.

1. Basalt. Die außerordentliche Häufigkeit, wenn auch nur in isolierten Bergkegeln, macht ihn zumal bei seiner Lavenähnlichkeit zu einem der wichtigsten Gesteine. Er bildet eine schwarze, harte, schwere Grundmasse, in welcher sich häufig klarer, gelber Olivin kristallinisch ausgeschieden hat. Ein Gemenge aus Labrador, Augit und Magneteisen, ausgezeichnet durch große Schwere 3,1 und Härte. Am vorherrschendsten ist homogener Basalt, der sich an zahllosen Punkten findet: in Deutschland sind das böhmische Mittel-

gebirge, die Landskrone bei Görlitz, die Rhön, der Meißner in Hessen, das Vogelsgebirge, der Westerwald, das Siebengebirge, die Eifel bekannt. Findet sich vielfach in Säulen, ausgezeichnet sind die regelmäßigen Basaltsäulen der Burg bei Stolpen in Sachsen, mit 20 bis 60 cm starken und 10 bis 15 m hohen Säulen.

2. Nephelindolerit. Hier ist an Stelle des Labradors Nephelin vorhanden. Es gehört hierher das Gestein von Niedermendig (bei Koblenz), welches porös ist und sich durch große Festigkeit auszeichnet; als accessorischer Gemengteil kommt darin Hauyn vor. Findet sich am Katzenbuckel im Odenwald und an dem Löbauer Berge in der Lausitz.

3. Leucitophyr. Besteht aus Leucit, Augit und Magneteisen. Meist in porphyrartiger Entwickelung. Die Lava des Vesuvs und des Albanergebirges hat danach den Namen Leucitlava erhalten, weil in ihr die Leucitoeder in großen Mengen zerstreut liegen.

Geschichtete Steine.

Dieselben zerfallen in 2 Abteilungen in:

1. kristallnisch geschichtete und
2. nicht kristallnisch geschichtete.

I. Kristallnisch geschichtete. Verschiedene Kristalle, wie bei den vorhergehenden, aber dadurch von massiven Gesteinen unterschieden, daß die Kristalle in parallelen Lagen angeordnet sind. Wenn die Absonderung nach diesen Lagen eine sehr vollkommene ist, so nennt man sie schieferig.

1. Gneis oder Gneus. Feldspat, Glimmer und Quarz, wie Granit, und von demselben nur durch die Anordnung der Gemengteile unterschieden, der dunkelfarbige Glimmer hat zugenommen und sich schichtenweise gelagert. Tritt die schieferige Struktur zurück, so wird die Unterscheidung von Granit erschwert. Durch das Verschwinden des Feldspats geht er anmählich über in:

2. Glimmerschiefer, welcher nur aus Quarz und Glimmer besteht, und der auch mitunter mehr, mitunter weniger

schieferig ist. Ein häufiger accessorischer Gemengteil ist Granat. Zum Glimmerschiefer gehört auch der Itacolumit, ein feinkörniger, weißer Quarz, zwischen welchem äußerst sparsam dünne Chloritblättchen liegen, auch Gelenkquarz genannt wegen seiner Biegsamkeit. Große Platten schwanken bei aufrechter Stellung mit Geräusch wie dickes Sohlleder hin und her, er bildet die Lagerstätte der brasilianischen Diamanten.

3. Chloritschiefer. Quarz und Chlorit, von dunkelgrüner Farbe. In den Chloritschiefer Tirols (Zillertal) sind die Oktaeder des Magneteisenerz eingewachsen.

4. Talkschiefer, von lichtgrüner bis weißer Farbe. Im wesentlichen Talk.

5. Hornblendschiefer. Hierher gehören alle schieferigen Gesteine, welche Hornblenden enthalten. Es sind also die den Hornblendegrünsteinen entsprechenden schieferigen Grünsteine.

II. Nicht kristallnisch geschichtete Gesteine.

1. Die Familie des Tons ($Al_2 O_3$). Durch Verunreinigung des Kaolins entstehen die verschiedenen Tone. Wenn die Porzellanerde durch das Wasser von ihrer ursprünglichen Lagerstätte fortgeführt ist, so wird sie um so reiner sein, je näher sie der früheren Lagerstätte liegt. Es sind dies die fetten und feuerfesten Tone. Durch weitere Fortführung entstehen die mageren Tone, welche nicht mehr feuerfest sind. Man unterscheidet darnach Porzellanton, Pfeifenton, Töpferton und Ziegelton. Zum mageren Ton gehört der Lehm, welcher durch Eisenoxydhydrat braun gefärbt ist. Im Ton kommen häufig accessorische Gestaltmassen vor, von kugeliger oder knolliger Form. Dieselben bestehen aus Toneisenstein, sind in ihrem Innern häufig zerklüftet und werden deshalb Septarien genannt z. B. die Septarien von Hermsdorf in Schlesien. Ferner kommen im Ton accessorische Mineralien vor, so Gips und Eisenkies, letzterer verwittert zu Schwefelsäure und diese wieder verbindet sich mit Kali und Tonerde zu Alaun (gewöhnlich schwefelsaures Kali mit schwefelsaurer Tonerde ($KO, SO_3 + Al_2 O_3 3 SO_3$), deshalb werden diese Tone Alauntone genannt, hierher gehören die von Freien=

walde. Der Alaun kristallisiert im Würfel oder Oktaeder. Durch Druck werden die Tone schieferig, so entstehen die Schiefertone, welche noch stark nach Ton riechen nnd Pflanzenreste enthalten, und die Tonschiefer, welche härter sind (Dachschiefer und Alaunschiefer).

2. Die Kalke. Hierher gehören die verschiedenen Kalksteine, unter denen der Oolith ausgezeichnet ist durch seine erbsensteinartige Struktur mit kleinen Körnchen. Kommt in großen Massen vor am Wartenberge, südöstlich von Basel, und am Fuße des Harzes. Durch Verunreinigung mit Ton gehen die Kalksteine über in Mergel, ein Gemenge von Ton und Kalk. Manche Mergel sind so gemischt, daß sie direkt einen guten Wasserkalk geben, so die Portlandmergel. Es bildet sich beim Wassermörtel ein Kalktonerdesilikat. Zum Mergel gehört auch der Rogenstein von Bernburg.

3. Trümmergesteine. Aus den verschiedensten Gesteinen zusammengetragen, die abgerundeten Bruchstücke heißen:

a) Gerölle, und diese untereinander verkittet heißen Konglomerate.

b) Kies. Entsteht durch größere Zerkleinerung der Gesteine, und aus diesen wieder

c) Sand, welcher aus dem der Verwitterung widerstehenden Quarz besteht, dieser wieder miteinander verkittet, liefert den Sandstein.

D. Allgemeine Geologie.

Die Erde war früher eine feuerflüssige Kugel, welche allmählich von außen nach innen erstarrt ist. Beweis dafür:

1. Gestalt der Erde, ein Sphäroid d. h. ein kugelförmiger, an den Polen abgeplatteter Körper, hauptsächlich festgestellt durch die Gradmessungen von Bessel. Die Abplattung beträgt $\frac{1}{289}$ des Erddurchmessers. Der Erddurchmesser hat eine Länge von 1718 geographischen Meilen oder

12754794 m, und der Umfang der Erde am Aequator beträgt 5400 geographische Meilen oder 40070368 m.

2. Das spezifische Gewicht der Erde. Es ist 5,6, während das durchschnittliche spezifische Gewicht der Erdkruste, deren ganze Stärke auf etwa 70 km geschätzt werden kann, 2,7 ist, mithin müssen im Innern der Erde Stoffe vorhanden sein, welche ein größeres Gewicht als 5,6 haben.

3. Die Temperaturzunahme nach dem Innern der Erde. Zunächst kommt man an einen Punkt, wo die Temperatur konstant ist (90 bis 100 m); geht man tiefer, so nimmt bei je 33 m ca. die Temperatur um 1° zu, also nach 3300 m müßte das Wasser siedend sein, und nach 9 Meilen schon müßten alle uns bekannten Gesteine sich in einem feuerflüssigem Zustande befinden. Nachdem sich eine Erdkruste gebildet hatte, kamen noch vielfach feuerflüssige Massen zum Durchbruch und das sind heutzutage die Vulkane. Ein Vulkan ist dadurch charakterisiert, daß er einen Kanal hat, dessen Mund der Krater genannt wird. Bei einem tätigen Vulkan ist dieser Krater mit flüssiger Lavamasse erfüllt, welche dann beim Ausbruch über den Rand des Kraters hinwegfließt, oder seitlich herausquillt. Außer der flüssigen Lavamasse werden auch feste Teile aus dem Innern herausgeworfen durch Gaskondensation, oder Kondensation der Wasserdämpfe. Dies sind die vulkanischen Auswürflinge, die größeren werden Bomben genannt, die kleineren Lapilli, die noch kleineren vulkanischer Sand und die kleinsten vulkanische Asche (Puzzolanerde). Diese Auswurfmassen wurden später durch das Wasser verkittet, und so entstanden die vulkanischen Tuffe. Traß des Brohltals bei Andernach und der römische Peperino. Bei einigen Vulkanen fehlen die Lavaströme ganz, und es werden nur Auswurfmassen ausgespien. Dies sind die sog. Explosionskrater (die erloschenen Vulkane der Eifel). Andererseits treten die Auswürflinge zurück und die feuerflüssigen Gesteinsmassen spielen die Hauptrolle. Dies nennt man eruptive oder plutonische Gesteine, welche sich in die ältesten Perioden fortsetzen. Sie bilden teils kuppen- und kegelförmige Berge, teils sind sie deckenförmig. Vielfach kamen auch die eruptiven Massen nicht zum Durchbruch,

sondern sie hoben nur die Erdkruste, und wenn dies plötzlich geschah, so entstanden Erdbeben, bei allmählicher Reaktion die sogenannten säkularen Hebungen und Senkungen, die zu der Theorie des Säkularismus führten. Dieselben Kräfte, welche noch heutzutage wirken, haben auch früher gewirkt, und die Großartigkeit ihrer Resultate ist hauptsächlich eine Folge der langen Dauer ihrer Wirksamkeit. Diese Anschauung, hauptsächlich vertreten durch den englischen Geologen Lyell (gest. 1875), stand in direktem Widerspruch mit den älteren Geologen, welche immer für die früheren Zeiten größere Kräfte in Anspruch nahmen.

Nachdem sich die Erdkruste abgekühlt hatte, schlugen sich die Gewässer aus der Atmosphäre nieder und bedeckten die Erdoberfläche. Dieselben gingen dann an die Zerstörung des neugebildeten Materials und setzten es in veränderter Form als Schlamm wieder ab. So entstanden die Sedimente oder Neptunischen Gesteine, die nicht kristallinisch geschichteten. Das Successive ihrer Bildung tut sich kund in noch erkennbaren Absätzen, welche Schichten genannt werden. So wie die Bildung der Erdkruste teils auf feuerflüssigem, teils auf wässerigem Wege stattgefunden hat, so fanden auch alle späteren Veränderungen auf diese doppelte Weise statt. Hebungen und Senkungen konnten auch durch den Einfluß des Wassers stattfinden, indem dasselbe gewisse Schichten auslaugte, wobei auch lokale Erdbeben stattfinden konnten. Bei diesen Verrückungen bildeten sich dann im Innern Hohlräume und Spalten, welche dann wieder, teils von feuerflüssigem Material, teils durch die Absätze aus dem Wasser ausgefüllt wurden; und diese Ausfüllungsmassen sind ausgezeichnet dadurch, daß sie vielfach nutzbare Mineralstoffe bergen. Wenn dieselben eine größere horizontale Ausdehnung haben, so werden sie Lager genannt, wenn sie mehr aderförmig durch das Gestein hindurchsetzen, Gänge.

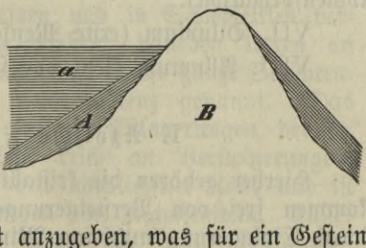
Alle Gesteine sind der Veränderung unterworfen, die kristallinischen der Verwitterung, die nichtkristallinischen werden kristallinisch, entweder durch Druck der aufliegenden Massen, oder durch feuerflüssige Einwirkungen. Man nennt diesen

Vorgang, die Masse sind metamorphosiert, und so entstehen die kristallinisch geschichteten Steine.

Alterbestimmung der Steine. Auf die Verschiedenheit des Alters einer Formation wird man zunächst geführt durch die Lagerungsschichten. In der Erdkruste, denn nur so kann man den uns bekannten Teil des Erdkörpers mit Rücksicht auf die Winzigkeit seiner Ausdehnung gegenüber dem Erddurchmesser nennen, werden zwei Hauptarten der Gesteine unterschieden. Erstens die vulkanischen und plutonischen Gesteine, und zweitens die geschichteten, sedimentären oder neptunischen, in parallele Lagen zerfallenden und meist Versteinerungen enthaltenden Formationen. Die Sedimentärformationen geben in erster Linie das Mittel ab, auch das Alter der eruptiven Formationen zu bestimmen. Wenn letztere ihren gegenwärtigen Platz bereits eingenommen hatten, bevor eine bestimmte Sedimentärformation sich ablagerte, so sind sie unbedingt älter als diese; hat dagegen eine bestimmte Sedimentärformation durch eine Eruptivformation Veränderungen erlitten, ist sie namentlich von derselben durchbrochen, so ist die Sedimentärformation die ältere. Im letzteren Falle heißt die Auflagerung konkordant, in dem zuerst aufgeführten Falle diskordant. Bei der konkordanten Auflagerung kann das Alter der Schichten leicht durch Umkippen verdunkelt werden, und man ist versucht, die oberen, in Wirklichkeit jüngeren Lagen, für die älteren zu halten.

In Fig. 32 sind A und B konkordant, a und B diskordant und A älter als B, dagegen B älter als a, denn als B gehoben wurde, war A schon vorhanden, aber nicht a. Die Gesteinsbeschaffenheit der einzelnen Schichten bleibt sich in ihrer Aufeinanderfolge für gewisse Gegenden insoweit gleich, als man es mit dem Absatz desselben Meeres zu tun hat, so daß man

Fig. 32.



in vielen Fällen imstande ist anzugeben, was für ein Gestein man unter, oder über einem anderen zu erwarten hat. Dies hat jedoch nur lokales Interesse, da in einer anderen Gegend zu derselben Zeit ein ganz verschiedener Absatz stattfinden konnte. Die Lagerung und die Gesteinsbeschaffenheiten lassen nur schwer auf eine gewisse Aufeinanderfolge schließen.

Dadurch wurde man dahin geführt, zu untersuchen, inwieweit sich die Organismen in den einzelnen Schichten unterscheiden; und so entstand die Wissenschaft der Paläontologie, das ist die Lehre von den Versteinerungen und Petrefakten, durch die wir erfahren, daß in verschiedenen Schichten auch immer verschiedene Organismen auftreten. Und da, wo man größere Unterschiede der ganzen Entwickelung der Flora wahrnahm, gründete man Abschnitte, welche Formationen genannt wurden, und die für diese Formationen charakteristischen organischen Formen heißen Leitformen oder Leitfossilien.

Die Reihenfolge der Formationen ist folgende:

I. Azoische Formation oder Urgebirge (kristallinische Schiefer, Graniteruptiv).

II. Paläozoische Formation oder Grauwackegebirge (Tonschiefer, Kohle Marmor).

III. Triasformation oder Salzgebirge (bunter Sandstein (Nebraer), Muschelkalk (Rüdersdorfer)).

IV. Juraformation (Oolith, Lias oder schwarzer Jura bei Gotha, brauner Sandstein der Porta Westfalica).

V. Kreideformation (Rügen, Quadersandstein in Sachsen).

VI. Tertiärformation (Molasse, erste Säugetiere, Braunkohlenformation).

VII. Diluvium (erste Menschen, norddeutsche Ebene).

VIII. Alluvium (jetzt vor sich gehende Bildungen).

I. Azoische Formation.

Hierher gehören die kristallinischen Schiefer, welche vollkommen frei von Versteinerungen sind, aber ausgezeichnet durch Einlagerung nutzbarer Mineralstoffe; so Magneteisenerz im Gneis von Schweden, Marmor im Glimmerschiefer von Carrara; reiche Erzgänge im Gneis des sächsischen Erzgebirges. Als Eruptivgestein gehört hierher der Granit. Die geographische Verbreitung ist: In Deutschland der große Gebirgszug, welcher mit den Sudeten beginnt, sich durch Sachsen im Erzgebirge, Fichtelgebirge, Bayerischen Wald, Böhmischen Wald fortsetzt und mit dem Mährischen Zentralplateau abschließt. Im Westen der Odenwald, Schwarzwald und Vogesen. Die Formation endigt mit Tonschiefer und da in diesem die ersten organischen Stoffe auftreten, so beginnt hier die

II. Paläozoische Formation.

Sie zerfällt in 5 Systeme. 1. und 2. Das erste und älteste der versteinerungsführenden Sedimentärgebilde ist das Kambrische System, es tritt mit dem zweiten System, dem Silurischen, immer zusammen auf. Als Versteinerungen sind zu nennen die ältesten Krebse, die Trilobiten und gekammerte Einschaler, die Orthokeratiten, von Gesteinen sind es Tonschiefer, Kalke, Dolomite und Mergel, im Harz eine feste quarzige Grauwacke; auch eruptives Material ist vielfach mit silurischen Gesteinen verknüft, so namentlich Diabase in Böhmen und im Harz, anderwärts kommen auch Diorite, Granit, Syenit und Porphyre vor. 3. Das dritte System ist das devonische. Es ist besonders am Rhein entwickelt. Man unterscheidet 3 Abteilungen, den Unter-, Mittel- und Oberdevon. Der Unterdevon begleitet den Rhein von Bingen bis nach Bonn hin, und besteht aus Tonschiefer, welche teilweise gute Dachschiefer liefern und in Schwefelkies verwandelte Versteinerungen einschließen; daneben liegen an Steinkernen reiche braune Sandsteine. Diese ganze Schichtenfolge wird auch Grauwacke von Koblenz genannt. Das Mitteldevon besteht teils aus kalkigen Ablagerungen, der sogenannte Kalk der Eifel, sehr reich an Versteinerungen. Das Oberdevon bildet dann den nördlichsten Rand und ist ausgezeichnet durch Einlagerungen von Roteisenstein. Außer zahlreichen Eisensteingängen finden sich viele Bleiglanz-, Kupferkies- und Nickelerzgänge. Eine bedeutende Verhüttung findet zu Iserlohn im Sauerland statt.

4. Das Kohlengebirge. Dasselbe beginnt mit dem sogenannten Kohlenkalk und dem Kulm, feste und dichte dunkle Kalksteine, die vielfach verwendet werden (belgischer schwarzer Marmor), darüber Sandsteine, die auch gut brauchbar sind, sie enthalten keine Schichten brauchbarer Mineralien und werden deshalb flötzleer genannt, die oberste Lage bildet das sogenannte produktive Steinkohlengebirge, reich an Pflanzenresten, Kalamiten und Lepidodendron, die besonders beigetragen haben zur Bildung der Kohlenflötze. Abdrücke dieser Pflanzen sind besonders schön enthalten in dem die Flötze begleitenden Schieferton, in welchem auch in Westfalen und Oberschlesien Toneisenstein, sogenannter Kohleneisenstein, eingelegt ist, der vielfach verhüttet wird. Die Kohlenflötze sind unter sich getrennt durch starke Sandsteinschichten (Kohlensandstein). Von den Eruptivgesteinen treten auf Porphyre und Melaphyr in den Steinen von Saarbrücken, Halle, Sachsen und Niederschlesien.

5. Zechstein. Zerfällt in Rotliegendes und wirklichen Zechstein.

a) Rotliegendes. Rote eisenschüssige Schiefer und Konglomerate enthaltend, welche nach oben in bituminöse, reichlich mit Kupferkies imprägnierte Mergelschiefer übergehen und zahlreiche Fischreste enthalten, besonders den Palaeoniscus Freieslebeni. In Deutschland ist das Rotliegende vorzüglich am Südrande des Harzes und in der Umgebung des Thüringer Waldes und Fichtelgebirges, ferner im Königreich Sachsen entwickelt; im westlichen Deutschland wird die Steinkohlenformation bei Saarbrücken von Schiefern und Sandsteinen, die dem Rotliegenden zuzurechnen sind, überlagert. In diesen Gebieten spielen die Porphyre und Melaphyre wieder eine große Rolle, und zwar sind die Eruptivgesteine bald als Zwischendecken, bald als gangförmige Massen vorhanden. Im Rotliegenden liegen auch die Kupferschiefer des Mansfeldschen.

b) Wirklicher Zechstein. Er besteht aus kalkigen und dolomitischen Ablagerungen mit dem Productus horridus, einer Muschel mit langen Röhrenstacheln. Nicht selten bilden Lager von Gips und Steinsalz mit den begleitenden Tonen die obersten Glieder der Formation. Auch das bekannte Steinsalzlager von Staßfurt ist dem oberen Teile des Zechstein zuzurechnen. Kommt besonders vor am Ostrande des Harzes und am Südrande des Thüringer Waldes, auch bekannt bei Richelsdorf in Kurhessen und bei Stadtberge in Westfalen. Rotliegendes und wirklicher Zechstein werden auch unter dem Namen Dyasformation zusammengefaßt.

III. Triasformation.

Zerfällt in die drei Abteilungen: Bunter Sandstein, Muschelkalk und Keuper.

1. Bunter Sandstein. Bildet das unterste Glied der Triasformation und hat von seiner wechselnden roten, weißen, bräulichen und grünlichen Färbung seine Bezeichnung erhalten. Ist arm an Versteinerungen; an einigen Orten hat man handförmige Fußtapfen eines sonst nicht bekannten Tieres, eines Froschsaurier, Chirotherium, gefunden. Ist verbreitet im zentralen Deutschland, Thüringen (Nebra), Hessen und nördlichen Bayern und schließt sich auf dem linken Rheinufer durch Elsaß-Lothringen wieder an. Der Vogesensandstein, sehr kristallinisch, ist jedenfalls das älteste und gewissermaßen ein selbständiges Glied der bunten Sandsteinformation. Auch der Rogenstein bei Bernburg liegt in dieser Formation.

2. Muschelkalk, unterer, mittlerer und oberer.

a) Unterer Muschelkalk. Besonders entwickelt zu Rüdersdorf. Zu unterst der sogenannte Wellenkalk, ein blauer toniger Kalkstein, welcher leicht an der Luft zerfällt, darüber der etwas poröse Schaumkalk, welcher oft Muscheln enthaltende Steinkerne einschließt, geschätzt als ausgezeichnetes Baumaterial, arm an Versteinerungen.

b) Mittlerer Muschelkalk, auch Anhydrit genannt, in Schwaben und Thüringen mächtige Ablagerungen von Steinsalz enthaltend, welche die genannten Länder zu den salzreichsten Deutschlands gemacht haben. Friedrichshall in Württemberg, Stotternheim und Buffleben in Thüringen.

Nach Süden und Südwesten Deutschlands reichen die Salzablagerungen bis nach Tirol und dem Kanton Basel.

c) Oberer Muschelkalk. Reich an Versteinerungen, so Encrinus liliiformis, Meerespolypen, die an einen langen Stiel auf dem Meeresgrunde befestigt waren; dann terebratula vulgaris, Zweischaler, deren größere Klappe durchbohrt ist, und Keratiten, schön geformte Muscheln, in einer Ebene spiral aufgerollt und mit wellenförmigen Kammerwänden. Geographische Verbreitung: Thüringen, Hessen, südliche Hannover, Süddeutschland bis zur rauhen Alp, Elsaß-Lothringen.

3. Der Keuper. Eine häufig kalkhaltige, an Sandsteinbildungen ziemlich reiche, sonst meist tonige und tonig-mergelige Bildung, hin und wieder reich an Schwefelkies, mit Lagen von Gips. Nur selten ein gutes Baumaterial. Die Steinsalzlager des Salzkammergutes liegen im Alpinen Keuper.

IV. Juraformation.

Hier herrschen die großen Saurier. Zunächst der Ichthyosaurus, fossile Reptilien mit vier flossenartigen Füßen, in der Lebensweise den Walfischen ähnlich, aber niedriger organisiert, 2 bis 9 m lang; damit verwandt die langhalsigen Plesiosaurier auch mit Flossenfüßen versehen, und der fliegende Saurier, Pterodaktylos, eine Flugeidechse; ferner die Ammoniten, ausgestorbene Familie von Weichtieren mit gekammerten Schalen, ähnlich den Keratiten; endlich die Belemniten (Donnerkeile), sie bestehen aus 3 Teilen, nämlich aus einer papierdünnen, tütenförmigen Hornschulpe, die den Schulpen oder Rückenplatten lebender Sepien (Dintenfisch) entspricht, aber nur selten erhalten ist, aus einem gekammerten Kegel, der sogenannten Alveole, die mit ihrem hinteren Ende in einer dickeren kalkigen Scheide steckt, letztere meist wohl erhalten. Es werden drei Unterabteilungen der Juraformation unterschieden.

1. Lias (spr. Leias) oder schwarzer Jura, wohin die Sandberge des Seeberges bei Gotha gehören.

2. Brauner Jura, die braunen Sandsteine der Porta westfalika.

3. Weißer Jura, lithographische Kalksteine von Solnhofen in Mittelfranken (Solnhofener Schiefer) und Oolith. Geographische Verbreitung: Teutoburger Wald und in Süddeutschland die rauhe Alp, setzt sich fort in den französischen Jura. An den Jura schließt sich an:

4. Wealdenbildung (spr. uihld), Wälderformation. Ist in Deutschland auf den nordwestlichen Teil beschränkt. Wichtig wegen der Kohlenführung und wegen des ausgezeichneten Sandsteins, so hauptsächlich am Deister, Süntel und Osterwald, Teile des Wesergebirges, südlich von der Stadt Hannover, und bei Oberkirchen, Stadt an den Abhängen des Bückeberges, Regierungsbezirk Kassel. Auch Gips- und Steinsalzeinlagerungen kommen vor.

V. Kreideformation.

Hier verschwinden die Saurier immer mehr, während die Ammoniten und Belemniten bleiben und sich vielfach ausbilden. Besonders zahlreich entwickelt sind die Seeigel, im Volksmunde auch Rötensteine genannt. Die Gesteine der Kreideformation sind außer der eigentlichen, oft mit Feuersteinen vermengten Kreide, wie auf Rügen, mannigfache Kalke und Kalkmergel, dann sandige Mergel und feste Sandsteine, die Quadersandsteine in Sachsen, Böhmen, Schlesien von großer Härte, die ähnlichen Sandsteine am Nordrande des Harzes und in Westfalen sind hauptsächlich Grünsandsteine, durch Glaukonit (Grünerde) grünlich oder doch grau gefärbt.

VI. Tertiärformation.

Die Gesteine sind weniger feste Kalke, Sandsteine und Tone, denen sich Sand, Kies und Gerölle zugesellen. Die Tertiärformation führt Braunkohle, Gips, Steinsalz und Eisenerze, und ihre Versteinerungen nähern sich sehr den gegenwärtigen Gebilden. Hier erscheinen die ersten Säugetiere. Dinotherium, ein kolossales Säugetier, mit dicken, nach abwärts gerichteten Stoßzähnen, und wahrscheinlich mit großem Rüssel. Der größte Schädel 1,1 m lang, 0,65 m breit, ausgegraben zu Eppelsheim am Rhein (Mainzer Becken) ist in Darmstadt aufgestellt. Auch im Wiener Becken, Steiermark und Schwaben sind Zähne von ihm gefunden. Die Formation zerfällt in folgende Unterabteilungen:

1. Eocän. Hierher gehört der Grobkalk von Paris. Bildet den nördlichen Rand der Alpen von Genf bis nach Wien.

2. Oligocän. Mit der älteren Molasse der Schweiz und Oberschwabens, ein feinerer lockerer Sandstein, und in Deutschland als Braunkohlengebirge ausgebildet. Die Lagerung des Braunkohlengebirges ist im allgemeinen ziemlich ungestört in flachen Mulden, von einer Mächtigkeit bis zu 30 m. Sie kommen immer vor mit Septarien führenden Tonen, dem sogenannten Septarienton. Unter Septarien versteht man kugelige oder linsenförmige mergelige oder kalkige Massen, die gespalten sind und Kristalle von Kalkspat oder Eisenspat einschließen. Auch Petrefakten führende Tone nennt man Septarienton. Die Braunkohlenformation ist auf der Erde weit verbreitet. Von Eruptivgesteinen kommen vor Basalt und Trachit.

3. Miocän. Hierher gehört die Nagelfluh der Schweiz, mergelige Konglomerate. Breiter Landstrich zwischen Genfer- und Bodensee.

4. Pliocän. Die oberste Bildung der Tertiärformation, enthält viele noch gegenwärtig lebende Organismen.

VII. Diluvium.

Das alte Schwemmland, welches in erster Linie den fruchtbaren Boden der Tiefebene und vieler Talböden bildet, in den Mündungsländern der Flüsse den Marschboden. Die Annahme, daß diese Anschwemmungen das Produkt der in der Bibel und in den Sagen vieler Völker erwähnten großen Ueberschwemmung seien, verdankt die Bildung ihren Namen Diluvium (große Ueberschwemmung, Sintflut). Jedenfalls reicht die Diluvialzeit weit über unsere sogenannte historische Zeit zurück. Die Ablagerungen bestehen in Geröllen, Kies, Sand, Lehmmergel und Lehm, in dennen sich die ersten

Spuren von Menschen finden und von Tieren, die den jetzt lebenden sehr ähnlich sind, vielfach aber von bedeutenderer Größe, so der irische Riesenhirsch und das Mammut, ein Tier ganz ähnlich dem Elephanten, aber mit dichtem Wollhaar bekleidet, also für ein kälteres Klima bestimmt. Durch das erratische oder nordische Diluvium, welches sich über den ganzen Norden der Erde verbreitete, wurden die Gebilde der einzelnen Gegenden auf großen Eisbergen vielfach herumgetragen, und daraus erklären sich die vielfachen Geschiebe der norddeutschen Tiefebene. Sie bestehen aus kristallinischen Gesteinen, silurischen Kalken und Sandsteinen.

VIII. Alluvium.

Man versteht darunter die noch gegenwärtig in der Bildung begriffenen Ablagerungen an der Erdoberfläche, und zwar nicht nur die Anschwemmungen der Meere und Flüsse, wie aus der Bezeichnung Alluvium (angeschwemmtes Land) vermutet werden könnte, sondern auch die Bildung der Kalktuffe, des Raseneisenerzes, des Torfes und die Eruptionsmassen der noch tätigen Vulkane.

E. Die Baumpflanzungen.

Bedingt sind die Baumpflanzungen an Wegen wohl in erster Linie durch die Notwendigkeit, den Straßenzügen auch in der Dunkelheit eine deutlich erkennbare Begrenzung zu geben, durch die einem seitlichen Herunterfahren, mit dem die größten Gefahren verbunden sein können, vorgebeugt werden soll. Für einen verständigen Straßenbau und eine gute Straßenunterhaltung genügt es aber nicht, diesen Zweck allein im Auge zu behalten, sondern es ist notwendig, dahin zu streben, daß die Baumpflanzungen so angelegt und unterhalten werden, daß sie dem, welcher auf der Chaussee verkehrt, eine Annehmlichkeit werden, und der ganzen Gegend zur Zierde und zur Belebung gereichen. Eine weitere Absicht, die noch mit den Baumpflanzungen verbunden werden kann, die aber hinter die beiden zuerst genannten zurücktreten muß, ist die, aus den Baumpflanzungen Nutzen zu erzielen.

Eine der ersten Bedingungen ist, um zu einem befriedigenden Resultat zu gelangen, von vornherein fest über die einzelnen Chausseestrecken zu disponieren und den Bodenverhältnissen, der Gegend, dem Verkehre entsprechend jeder Strecke seine Baumart zuzuerteilen. Diese Anordnung läßt sich leicht treffen für Neubauten, schwerer, wenn es gilt, unschöne und veraltete, bestehende Pflanzungen durch neue zu ersetzen. Da nicht alle Bäume gleichzeitig ausgehen, selbst bei gleichem Alter nicht, sondern die einen früher, die anderen später, so liegt die Versuchung nahe, je nach dem Absterben der einzelnen Bäume Ersatz zu schaffen. Ist aber eine Baumpflanzung in Folge seines Alters dem Aussterben nahe, so entschließe man sich lieber, auf ein oder zwei Jahre die am meisten abgestorbenen Bäume noch stehen zu lassen, dann aber, ohne Rücksicht darauf, daß einige Bäume vielleicht auch noch zwei oder drei Jahre ein leidliches Aussehen haben könnten, ganze Strecken zu beseitigen und mit gleichwertigen Bäumen anzupflanzen. Noch länger läßt sich dies Uebergangsstadium hinziehen, und ohne Nachteil für die ganze Pflanzung lassen sich einige besonders frühzeitig abgestorbene Bäume eher durch andere ersetzen, wenn Aufmerksamkeit darauf verwendet wird, daß die in mehreren Jahren auf einander und nach und nach gepflanzten jungen Bäume von demselben Standorte kommen, und dasselbe Alter haben, was zu erreichen sein wird bei Entnahme der Bäume aus eigenen Baumschulen, oder von ein und demselben Lieferanten, der zuverlässig und in die Disposition der Pflanzung eingeweiht sein muß.

Als Anhalt für die Schätzung, ob es Zeit sei, eine Pflanzung durch eine ander zu ergänzen, möge hier das Alter der auf den Chausseen hauptsächlich zur Verwendung kommenden Baumarten aufgeführt werden.

Ueber 150 Jahre werden alt: die Eiche, die Linde, der deutsche Ahorn, die Stein- oder Weißbuche.

100 bis 150 Jahre: die Roßkastanie, die weiße Maulbeere, die Gleditschie, die Rotbuche, die Esche, die Scharlach-Eiche, der Eschenahorn, die Ulme, die Platane, die Birke, die Wallnuß.

70 bis 100 Jahre: die Canadische, Italienische oder Pyrmiden-Pappel, die Schwarzpappel.

60 bis 90 Jahre: der Apfelbaum, der Birnbaum.

50 bis 80 Jahre: die Weiß- und Schwarz-Erle, die Akazie, die Goldweide, die Eberesche, der Weißdorn, die Weide.

30 bis 40 Jahre: die Kirsche, die Pflaume.

Wenn nun auch nach dem vorstehenden Altersverzeichnis die Obstbäume zu denjenigen gehören, die verhältnismäßig nur ein niedriges Alter erreichen, wodurch eine öftere Neupflanzung bedingt ist, und wenn auch ihre Pflege und Unterhaltung im Schnitt eine viel mühsamere ist und bedeutend mehr Sorgfalt und Sachkenntnis erfordert, als bei den Waldbäumen, so sollte man doch nicht müde werden, immer wieder Obstpflanzungen anzulegen, denn abgesehen von dem oft bedeutenden Nutzen, den sie der Verwaltung bringen, sind ihre Früchte ein Nahrungsmittel des Menschen und bilden einen Handelsartikel, der vielen einen lohnenden Erwerb sichert.

Der Sauerkirschbaum (Cerasus acida) und der Pflaumenbaum (Prunus domestica) bringen es niemals zu einem stattlichen Wuchs und können aus diesem Grunde niemals für große Chausseen empfohlen werden. Um so mehr aber eignen sie sich für Wege untergeordneter Bedeutung, denn der Sauerkirschbaum begnügt sich schon mit ganz dürftigem und sandigem Boden, während der Pflaumenbaum einen feuchten und nassen Boden erfordert, ja er verträgt sogar unter Umständen das Grundwasser. Beide Bodenarten kommen aber gerade sehr häufig bei nicht ausgebauten Wegen vor. Besser eignet sich schon für Chausseen in bezug auf den Wuchs und das Aussehen:

Der Süßkirschbaum. Er verlangt trockenen Boden und kann keine Nässe vertragen. Von den verschiedenen Sorten, die es giebt, gebe man den Frühkirschen, den sogenannten Maikirschen, weil sie wegen ihres hohen Preises gern gepachtet werden, und den härteren Sorten, wegen des besseren Transportes, den Vorzug.

Als ein ganz vorzüglicher Chausseebaum ist der Apfel- und Birnbaum zu erachten, wenn sie gut gepflegt und gezogen werden.

Der Apfelbaum (Pirus malus) begnügt sich mit wenig gutem Boden, seine Wurzeln gehen in die Breite, und er kann deshalb da angewendet werden, wo bald unter der Humusschicht eine Kies- oder Steinschicht liegt. Ein gerader Wuchs des Stammes wird erzielt durch sorgfältiges Anbinden an die Baumpfähle, und das Einwachsen der Zweige in das freie Straßenprofil, wozu der Apfelbaum Neigung hat, wird vermieden durch ein sachgemäßes Verschneiden der Zweige.

Der Birnbaum (Pirus communis) macht etwas größere Ansprüche an den Boden und ist nicht verwendbar da, wo unter dem Humus Kies liegt, weil er Pfahlwurzeln hat, die gerade und tief heruntergehen. Der Boden muß somit auch in den tieferen Schichten locker sein und das Einbringen der Pfahlwurzeln leicht gestatten. Sehr gut kommen die Birnen in einem kalkigen Boden fort. Am besten eignen sich für Chausseen die Wirtschaftssorten, weil sie dauerhafter sind, ihre Früchte nicht so leicht unter Beschädigungen und starkem Winde leiden, und weil ihre Kronen pyramidal und hoch wachsen.

Unter den Waldbäumen giebt es eine große Zahl, die sich mit Vorteil an Chausseen verwenden lassen; aus ihr heraus aber hat sich wieder eine engere Auswahl solcher Bäume herausgebildet, die man überall wieder findet, und die am häufigsten gepflanzt werden. Hierher, in alphabetischer Ordnung aufgeführt, gehören folgende:

Ahorn, und zwar der Spitzahorn (Acer platanoides). Ist in Europa weit verbreitet, schöner schlanker Baum mit einem Stamm bis zu 1 m Durchmesser, fünf- und siebenteiligen hellgrünen Blättern, deren Abschnitte wieder gelappt, und deren Lappen in einer Spitze enden. Das Holz ist ein gutes Nutzholz für den Stellmacher und Tischler; aus den Masern werden die Ulmer Pfeifenköpfe angefertigt. Der Spitzahorn wächst fast in jedem Boden, wenn er nicht zu gering ist. Im Herbst färben sich die Blätter schön gelb. Verträgt gut den Hieb. In bezug auf die Heizkraft nimmt das Ahornholz die erste Stelle ein.

Akazie auch Robinie genannt (Robinia Pseudacacia). Unpaarig gefiederte Blätter und mit roten oder weißen Blüten in Trauben. Sie ist äußerst genügsam und hat ein oft rötlich geadertes, feines, ziemlich hartes, zähes, dauerhaftes Holz, aus dem vielfach Holznägel für den Tischler und Wagenbauer gefertigt werden. Die Wurzel hat einen ähnlichen Geruch und Geschmack wie Süßholz, ist aber giftig. Belaubt sich spät, hat aber den Vorteil, auch lange grün zu bleiben, so daß sie im Herbst sich angenehm vor den übrigen bereits entlaubten, oder doch gelbgefärbten Bäumen auszeichnet durch ihr immer noch frisches Grün. Ein sehr empfehlenswerter Chausseebaum, der auch in dem sandigsten Boden fortkommt. Eine Abart ist die Kugelakazie, blüht sehr selten. Die Akazie läßt sich ohne Nachteil kappen und schneiden.

Birke (Betula alba). Die Rinde der etwas älteren Bäume weiß und rissig, das Holz weiß, zähe und vielfach vom Tischler und Stellmacher verwendet. Die Form der Krone wenig regelmäßig und dünn belaubt, deshalb für die Landschaft ohne großen Reiz und als Chausseebaum nicht recht geeignet. Macht aber wenig Ansprüche an den Boden, und kann an Chausseen, die durch Nadelholz führen, von recht guter Wirkung werden.

Die Buche. Gemeine oder Rotbuche (fagus sylvatica). Ein schöner schlanker Baum, mit umfangreicher Krone, dunkelgrünen, glänzenden Blättern, gedeiht auch in leichterem Boden, ist aber als Chausseebaum, ebenso wie die Weißbuche (carpinus Betulus), auch Hornbaum genannt, wegen ihres langsamen Wuchses nicht zu empfehlen. Das Holz ist ein sehr gutes Brennholz, auch als Nutzholz sehr gesucht.

Eberesche (Sorbus aucuparia). Ein mittelhoher Baum, mit gefiederten, unten behaarten Blättern, weißen Blüten und in Doldentrauben stehenden schön roten Früchten, die sehr gern von den Drosseln und auch anderen Vögeln gefressen werden. Das Holz ist dauerhaft und hart und wird für Büchsenschäfte und von dem Stellmacher gebraucht. Ist genügsam in bezug auf den Boden und kann Kälte gut vertragen. In gutem, sehr fettem Boden schießt er sehr schnell im Stamm hoch, die Krone wird zu schwer, und der Baum ist sehr schwer gerade zu halten. Deshalb nicht überall als Chausseebaum zu empfehlen. Das Köpfen können die Ebereschen nicht vertragen.

Eiche (quercus). Die deutsche Eiche umfaßt zwei Arten, die Sommer- oder Stiel-Eiche (quercus pedunculata) und die Winter- oder Stein-Eiche (quercus sessiliflora). In der äußeren Erscheinung beide wenig unterschieden. Die jungen Pflanzen wachsen in den ersten 4 bis 6 Jahren sehr gern ungerade und knickig und müssen gut gezogen werden, in dem 15. bis 20. Jahre fängt der Stamm an sich zu recken. Die Eiche wird außerordentlich alt; man schätzt das Alter der Eiche bei Saintes in Frankreich, Departement Charente inférieure, die 19 m hoch ist und einen Durchmesser von 8,7 m hat, auf 2000 Jahre. Ihr Holz ist sehr dauerhaft und wird vielfach als Bauholz, besonders auch zum Schiffsbau, benutzt, ihre Rinde für die Lohgerberei. Sie wächst auf fruchtbarem, lockerem Boden der Ebene, kommt aber auch in lehmigem Sandboden gut fort, wenn die bis zu 2,5 m lange Pfahlwurzel Gelegenheit findet, sich frei nach unten hin auszudehnen. Die Eiche ist ein vorzüglicher Chausseebaum und kann für Gegenden, in denen sie gedeiht, nicht genug empfohlen werden; eine Allee gut gezogener Eichen übertrifft fast alle anderen an Schönheit. Schnitt und Hieb verträgt die Eiche sehr gut. Als Brennholz steht sie der Buche etwas nach.

Eine für Chausseen sehr empfehlenswerte Abart der Eiche ist die rote Eiche (quercus rubra), auch amerikanische Eiche genannt. Das Holz ist zwar nicht von so guter Qualität, ihr Wuchs aber und ihr Kronenbau ist vorzüglich, und die dunkelrote Herbstfärbung ihrer Blätter ist prachtvoll.

Erle (Alnus glutinosa). Gemeine Schwarzerle oder Else. Mit länglichen, rundlichen oder herzförmigen, gezähnten oder gesägten Blättern, und Blüten in Kätzchen, macht mit ihrer tiefdunkeln Belaubung einen düsteren Eindruck. Sie liebt nassen, humusreichen Boden und wächst deshalb gern an Bächen und Flüssen, wo sie sehr schnellwüchsig ist, leidet gern durch Windbruch und den Erlenrüsselkäfer, dessen Larve im Holz lebt. Das Laub kommt spät, fällt aber auch erst sehr spät und zwar in grünem Zustande ab. Eine Abart, die nordische oder weiße Erle (Alnus incana), wächst auf trockenem und sandigem Boden, empfiehlt sich aber nicht als Chausseebaum, weil die Wurzelausläufer sich weit hin erstrecken.

Esche (Fraxinus excelsior). Einer unserer schätzenswertesten Bäume, sowohl in bezug auf seinen schlanken, geraden Wuchs mit schöner, runder voller Krone, als auch wegen seines wertvollen Holzes, leider immer noch nicht häufig genug angepflanzt. Blätter unpaarig gefiedert, mit elliptischen gesägten Blättchen. Leidet wenig an Krankheiten, und begnügt sich mit einem etwas lehmhaltigen, feuchten Boden, nur in trockenen Lagen kommt sie nicht gut fort. Die Wurzeln gehen nicht tief hinab, und breiten sich vielmehr nach der Seite aus, jedoch nicht so weit, daß sie dem angrenzenden Lande schadeten. Sie verträgt den Hieb ohne Nachteil.

Gleditschie (Gleditschia triacanthos). Ein schöner Baum mit einfach oder doppelt gefiederten Blättern, aus Amerika eingeführt, mit braunroten, verästelten Dornen, von denen man annimmt, daß aus ihnen die Dornkrone Christi bestanden habe, daher auch Christusakazie genannt, hauptsächlich in Südeuropa angepflanzt, kommt aber auch bei uns gut fort in einem guten, aber nicht zu schweren Boden. Das Holz ist sehr wertvoll für den Drechsler, den Schnitt verträgt sie gut, und wächst ziemlich schnell.

Kastanie (Aesculus hippocastanum). Mit großen, gesägten, elliptischen Blättern, wächst sehr schön und bildet eine prächtige dunkelgrüne Belaubung, die im Frühjahr durch zahlreiche weiße und große Blütenrispen belebt wird. Er kommt früh, verliert aber auch im Herbst sein Laub sehr frühzeitig. Das Holz hat wenig Wert. Die Kastanie ist für Chausseen in der Nähe von Städten sehr zu empfehlen, sie fordert einen guten Boden in feuchter Lage und wächst dann ziemlich schnell. Beim Beschneiden darf die Spitze nicht genommen werden.

Linde (Tilia). Tritt in sehr verschiedenen Arten auf; die üblichsten bei uns sind die großblättrige oder Sommerlinde (tilia platyphyllos) und die kleinblättrige oder Winter- oder Steinlinde (tilia ulmifolia). Baum mit kleinen, doppelt gesägten blaugrünen Blattern und mehrblütigen Doldentrauben, die einen höchst angenehmen Geruch verbreiten. Das Holz ist weich und wird nur zu Schnitzarbeiten verwendet, dahingegen wird das unter der äußeren Rinde liegende Bast vorteilhaft verwertet zur Anfertigung von Decken, Körben und den Bastmatten, in welchen viele Waren versandt werden. Die Linde wächst in fast jedem Boden, wenn er nicht zu trocken ist, in gutem Boden wächst sie schneller, sie verträgt sehr gut den Schnitt und Hieb, und muß als guter Chausseebaum empfohlen werden. Von Ungeziefer wird sie fast gar nicht heimgesucht.

Maulbeerbaum (Morbus alba). Hat große, glänzend hellgrüne Blätter, aber keinen sehr reizvollen Wuchs, daher nicht besonders zum Chausseebaum geeignet und meistens auch nur im Interesse der Seidenzucht angepflanzt, da das Laub der Seidenraupe zur Nahrung dient. Verlangt auch wärmeres Klima und einen sandigen Lehmboden mit Kalk und Mergel gemischt. Verschneiden läßt er sich ohne Nachteil.

Pappel. Die bekanntesten Arten sind die Pyramiden-, auch Italienische Pappel genannt (populus fastigiata), von langgestreckter spitzer Form, und die Schwarzpappel (populus nigra), gleichfalls hoch aufstrebend, aber mit breiter Krone. Beide wachsen schnell, schaden aber durch ihre weitgehenden Wurzeln den anliegenden Ländereien, bergen viel Ungeziefer und sind deshalb nicht mehr beliebt. Es genügt fast jede Bodenart und sie können geköpft werden bis zur Verunstaltung, was leider häufig geschieht, um der Umgebung Luft und Licht zu schaffen. Das Holz ist ohne großen Wert und wird hauptsächlich in der Pantoffelmacherei verwendet, in bezug auf die Heizkraft nimmt es die letzte Stelle ein.

Platane (Platanus). Ein großer und schöner Baum, mit in großen Stücken sich loslösender Rinde, einer schön geformten Krone, dreilappigen oder handförmig fünflappigen Blättern, deren Lappen lanzettförmig, oft wieder gelappt und gezähnt sind. Verlangt etwas wärmeres Klima, begnügt sich aber mit leichtem Boden, wenn er nicht zu trocken ist. Von Ungeziefer ist sie ganz frei, und das Köpfen verträgt sie sehr gut. Das Holz ist sehr hart und glatt und hat im Wagen- und Maschinenbau einen hohen Wert. Alle diese guten Eigenschaften stellen die Platane in die Reihe der besten Chausseebäume.

Ulme (Ulmus campestris), auch Rüster genannt. Ein hoher Baum mit aufgerissener und gefurchter, dunkel gefärbter Rinde, eiförmigen, spitz ausgezogenen, am Grunde schief herzförmigen, doppelt sägezähnigen, an der Oberfläche rauhen Blättern. Das Holz ist blaß fleischrot, hart und sehr brauchbar für Stellmacher, Drechsler, Maschinen- und Mühlenbauer, auch sehr wertvoll als Brennholz. Ihr malerischer Wuchs und ihre schöne Belaubung ließe ihn wohl geeignet als Chausseebaum erscheinen, wenn nicht seine Wurzeln ziemlich weitgehende Ausläufer trieben, die dem Acker schaden. Deshalb mehr zu empfehlen für angebaute Chausseen und in der Nähe von Städten. Verlangt aber andererseits einen frischen Standort und guten Boden und macht in dieser Beziehung größere Ansprüche als die Eiche. Den Hieb verträgt die Ulme gut.

Walnußbaum (Juglans regia). Ein prächtiger Baum von hohem Wuchs und schöner Krone, eignet sich aber nur in wärmeren Gegenden zum Chausseebaum, da er sehr empfindlich ist gegen die Kälte und leicht erfriert, besonders wenn sein Standort etwas feucht. Verlangt guten Boden und wächst schnell in warmer Lage, ist aber nicht angenehm für anliegende Aecker, da er weitgehende Wurzeln hat und sein dichter Schatten den Ländereien zu viel Sonne entzieht. Er ist in Süddeutschland, besonders im badischen Oberland, sehr verbreitet. Sein Holz ist so gesucht, daß das Bedürfnis aus den europäischen Beständen nicht gedeckt werden kann, und viel von außerhalb, besonders aus den persischen Wäldern bezogen werden muß. Das Schneiden verträgt er nicht, besonders schon in höherem Alter.

Weide (Salix). In seinen vielfachen Abarten ein schöner Baum, schnellwachsend und mit voller Krone, meistens jedoch durch das Köpfen, was sie sehr gut verträgt, verunstaltet. Wächst fast in jedem Boden, doch darf er nicht zu trocken sein. Die Zweige werden vielfach verwertet zu Korbmacherarbeiten und Faschinen, als Brennholz steht es auf einer sehr niedrigen Stufe.

Das Pflanzen und die Baumpflege.

Die Richtung, Lage, Breite und die unmittelbare Nachbarschaft und Umgebung der Chausseen bedingen die Art der Anpflanzung der Bäume, mit der eine große Mannigfaltigkeit verbunden werden kann, besonders wenn es darauf ankommt, in der Nähe von Ortschaften oder Vergnügungsorten die Chausseen zu Zieranlagen auszubilden. Derartige Anpflanzungen gehören jedoch mehr in das Gebiet der Kunstgärtnerei, und es findet deshalb hier nur die Alleepflanzung, wie sie an Chausseen die üblichste ist, und wobei die Chaussee an ihren äußeren beiden Rändern von je einer Baumreihe eingefaßt wird, Berücksichtigung. Es lassen sich nun die beiden Baumreihen entweder so pflanzen, daß immer die Bäume der einen Reihe in den Zwischenräumen der anderen stehen, oder so, daß die Bäume der beiden Reihen stets unter einem rechten Winkel gegenüber stehen. Die letztere Art ist wegen ihrer größeren Regelmäßigkeit und Uebersichtlichkeit vorzuziehen, denn bei Nachpflanzungen kann die erstere Art leicht zu Unordnung und Verwirrung führen.

Die Größe der Baumlöcher für Neupflanzungen, die einen Durchmesser von 1 m haben sollen, läßt es wünschenswert erscheinen, daß die Mitte der Baumreihen 0,40 m von der Chausseekante entfernt bleibt, damit nicht beim Ausheben der Baumlöcher jedesmal die Chausseeböschung zu sehr braucht beschädigt zu werden. Die Tiefe der Baumlöcher mache man nicht unter 0,80 m, und weitere 0,20 m sollen mit der Picke aufgehauen und mit dem Spaten umgeworfen werden. Es ist vorteilhaft, die so hergestellten Baumlöcher möglichst lange offen stehen zu lassen, denn die Berührung mit Luft, wobei besonders auch Stickstoff aufgenommen wird, führt dem Erdboden neue Nahrungsstoffe der Pflanze zu, und es wird aus diesem Grunde vielfach empfohlen, die Baumlöcher im Herbst auszuheben, und die Neupflanzungen im Frühjahr vorzunehmen. Hiergegen sprechen aber praktische Gründe, abgesehen davon, daß die meisten Bäume, mit Ausnahme nur weniger, wie beispielsweise die Eiche, die Herbstpflanzung ebenso gut vertragen, als die Frühjahrspflanzung. Einmal hat es bei frequenten Straßen sein Bedenken, den ganzen Winter über so bedeutende Gruben, die sich leicht mit Schnee anfüllen, offen zu lassen, ferner gewähren die aufgeworfenen Erdhügel ein schlechtes Ansehen und geben Veranlassung zu Schneeverwehungen. Aber noch ein weiterer Uebelstand tritt bei den Frühjahrspflanzungen häufig ein. Es kommt nicht selten vor, daß unmittelbar auf die Zeit, in der es überhaupt erst gestattet ist zu pflanzen, eine sehr trockene Zeit folgt, die sich bis zum August und September hinzieht. In solchem Falle fehlt dann den jungen Pflanzen das nötige Wasser und ihr Fortkommen ist sehr in Frage gestellt. Das wohl auch empfohlene Begießen aber von Chausseebäumen, wozu das Wasser oft 3 und 4 km weit angefahren werden muß, ist wegen zu bedeutender Unkosten undurchführbar. Einen so wichtigen Gegenstand der Chauseeunterhaltung auch die Baumpflanzungen ausmachen, so ist doch immer zu bedenken, daß die Verhältnisse hier andere sind, als in Baumschulen und Gärtnereien, und daß andere Arbeiten darüber nicht vernachlässigt werden dürfen. Aus diesen Gründen erscheint es vorteilhaft, sich für die Herbstpflanzung zu entschließen, und zwar führe man den Turnus so ein, daß die alten Bäume in einem Herbst ausgerodet und die neuen dann erst im nächsten Herbst gepflanzt werden. Für die Anfertigung der Baumlöcher ist der Monat

September eine angenehme Zeit, weil die übrige Chausseeunterhaltung hier die wenigste Arbeit erfordert. Wird dann Ende des Monats Oktober oder Anfang November nachgepflanzt, so haben die Löcher 4 bis 6 Wochen offen gelegen, was auch schon von großem Nutzen ist.

Wird zum Einpflanzen geschritten, so setze man zunächst den Baumpfahl, der mit seiner Spitze im festen Boden stehen muß, so, daß der Baum nach der Außenkante der Chaussee hin zu stehen kommt. Dann halte ein Arbeiter den in seiner Krone und Wurzel sorgfältig und sachgemäß beschnittenen Baum fest an den Pfahl, wobei er in Bezug auf die Höhenlage streng und sorgfältig darauf achten muß, daß der Wurzelhals, das ist derjenige Teil des Baumes, an welchem die rötliche Wurzelrinde in die grüne Stammrinde übergeht, genau in der Höhe des Erdbodens, vielleicht eher etwas höher, liegt, wodurch verhütet werden soll, daß der Wurzelhals zu tief, und jedenfalls nicht mehr als 3 cm in den Boden versenkt wird. Ein anderer Arbeiter nun wirft das Baumloch zu und verteilt die Erde so, daß die beste und humusreichste die Wurzeln bedeckt; durch ein behutsames Schütteln wird erreicht, daß die hohlen Räume zwischen den Wurzeln gut ausgefüllt werden. Steht der Baum in der Erde, so wird der Boden vorsichtig etwas fest getreten und der Baum wird so lose mit einer Weide an den Pfahl angebunden, daß er frei an dem Pfahle herunter gleiten und sich mit den Erdreich setzen kann. Erst wenn das Setzen als beendet angesehen werden kann, wird der Baum mit drei Bändern, eins unten, eins in der Mitte, eins oben, an dem Pfahle befestigt, wobei sorgfältig darauf zu achten ist, daß der Baum und der Pfahl sich an keiner Stelle berühren. Bindeweide, Hopfenranken, Kokosfaser, mit kleinen Stiften an den Pfahl angenagelte Lederriemen können als Bindematerial empfohlen werden; wo keines der vorstehenden Materialien zu haben oder nur sehr teuer, kann auch gegen geglühten Draht, sorgfältig mit Stroh umwickelt, so daß er nicht an den Baum kommt, als ein billiges und dauerhaftes Material nichts eingewendet werden, und es möchte die Behauptung, daß das Stroh Ungeziefer berge, bei der Kleinheit der Masse, und da sich die Stellen leicht beobachten lassen, doch nur vereinzelt als begründet nachgewiesen werden können. Jeder Baum erhält nun noch einen sogenannten Wasserfang, Baumkranz oder Baumscheibe, das sind kleine 10 cm hohe Erdwulste, nach dem Graben zu geschlossen, nach der Straßenseite zu offen, welche die Bestimmung haben, das von der Straße herabfließende Wasser aufzunehmen und dem Baume zu zuführen. Sie bedürfen mindestens einmal jährlich der Erneuerung, und wo sie fehlen, oder schlecht unterhalten und mit Unkraut verunreinigt sind, muß auf eine nicht sorgfältige Unterhaltung geschlossen werden.

Unter allen Umständen müssen sie Ende Oktober oder Anfang November nach der Außenseite der Chaussee hin durchstochen und geöffnet werden, damit sich kein Wasser ansammeln kann. Dasselbe würde im Winter gefrieren, und das Eis würde dann empfindliche Beschädigungen an der Rinde des Baumes verursachen. Besser ist es, die Baumscheiben im Winter ganz zu entfernen und sie dann im Frühjahr wieder neu zu machen.

Im Winter wenn die Felder hoch mit Schnee und einer Eiskruste bedeckt sind und die Einförmigkeit der weiten weißen Fläche durch nichts unterbrochen wird, dann wendet sich der das Grünfutter so sehr liebende Hase nach den Wegen und benagt Sträucher und Bäume, und zwar in erster Linie junge Obstbäume, von unten bis oben, soweit er sich eben zu recken vermag. Ein solcher gründlich benagter Baum ist dann rettungslos verloren. Man muß deshalb suchen, den Baum gegen diese Gefahr zu schützen und dies geschieht durch Umstellen mit Drahtgeflecht oder durch Einbinden mit Dornen, am besten Schlehdorn, auf etwa 1,50 m Höhe. Der Dorn muß so dicht umstellt sein, daß der Hase nirgends an den Stamm heran kommen kann, und wird drei oder vier mal mit geglühtem Draht gebunden. Es muß sorgfältig vermieden werden, daß die Spitzen der Dornen die Baumrinde verletzen, da hierdurch Krankheiten entstehen, die leicht das Absterben des Baumes zur Folge haben können. Besser wäre ja in dieser Beziehung ein weicheres Material, es sind aber Stroh und Schilf nicht zu empfehlen oder vielmehr unter allen Umständen zu vermeiden, weil sich das Ungeziefer darunter setzt und der Baum dadurch verweichlicht wird. Die Baumrinde fängt unter dem Stroh vollständig an zu verfaulen, und wenn das Stroh nicht wenigstens im Sommer vollständig entfernt wird, so gehen die damit umstellten Bäume unter. Ein Anstrich der Stämme mit Kalkwasser, dem Kot oder Rinderblut beigemengt ist, schützt auch im frischen Zustande, und solange die Hasen nicht allzu hungrig sind, gegen Hasenfraß. Dies Mittel kann aber wegen seiner Vergänglichkeit nicht als zuverlässig bezeichnet werden.

Ueber die Baumpfähle sei noch bemerkt, daß sie nicht unter 3,40 m lang und im Mittel nicht unter 7 cm stark sein sollen. Wünschenswert ist es, daß die Baumpfähle nur bis an die Baumkrone heran reichen; es läßt sich dies aber aus Sparsamkeitsrücksichten nicht überall durchführen, da es sich empfiehlt, die Pfähle lieber etwas länger anliefern zu lassen, um sie zwei- auch dreimal umsetzen zu können, wenn sie unten abgefault und abgebrochen sind. Die Pfähle sollen geschält, vollkommen glatt, an dem oberen Ende in der Kante abgefast, unten mit einer Spitze versehen und von untenher auf 1,30 m Länge angebrannt sein. Sie ganz unten mit einer kleinen Querlatte zu versehen, in der Absicht, das Herausziehen und Stehlen zu verhindern, kann nicht empfohlen werden, einmal, weil der Zweck nicht erreicht wird, denn erfahrungsgemäß werden die Pfähle häufig nicht herausgezogen, sondern abgebrochen oder abgesägt, dann aber geht beim Stehlen nicht nur der Pfahl, sondern infolge der Beschädigungen durch die Querlatte auch der Baum verloren, und endlich läßt sich dieses Hülfsmittel nur bei Neupflanzungen anwenden; soll aber ein Pfahl nachgesetzt oder ergänzt werden, so würde der Verlust durch die Beschädigung der Wurzeln beim Aufgraben größer sein, als der erstrebte Vorteil, die Pfähle zu erhalten.

Die so gepflanzten jungen Bäume bedürfen nun in den ersten Jahren der sorgfältigsten Pflege, die wirksam nur aus der Praxis unter Anleitung eines tüchtigen Gärtners erlernt werden kann. Ein Hauptgegenstand der Baumpflege ist das Schneiden der Bäume, wobei bei Chausseebäumen stets die anstrebende Form der Krone im Auge zu behalten ist. Kirsch- und Pflaumenbäume schneidet man nur im ersten Jahre der Pflanzung, Birn- und Aepfelbäume in den ersten drei Jahren. Bei älteren Bäumen, besonders wenn sie durch Windbruch oder Krankheiten beschädigt sind, tritt das Verjüngen ein, wobei die Wassergeschosse ausgetrieben und vertrocknete Zweige ganz abgeschnitten werden. Hierbei ist darauf zu achten, daß keine Stumpfe stehen bleiben, sondern der Schnitt mit der Baumsäge unmittelbar am Stammzweig erfolgt. Diese größeren Schnittflächen müssen dann unbedinngt mit Steinkohlenteer, die kleineren mit Baumwachs bestrichen werden, da sonst die Rotfäule eintritt, Baumschwämme sich bilden und Holzwürmer eindringen. Endlich ist ein besonderes Augenmerk auf das Raupen der Bäume, besonders der Obstbäume, zu richten. Es genügt hierfür nicht, die Bäume einmal im Jahre regelmäßig abzuraupen, sondern das Raupen muß zu wiederholten malen im Laufe des Frühjahrs geschehen, weil die verschiedenen Arten der Raupen zu verschiedenen Zeiten auftreten. Nur große Aufmerksamkeit und häufige Beobachtung der Bäume kann die vollständige Vernichtung des Laubes und der Früchte verhindern. Es empfiehlt sich hier das schon oben erwähnte Bestreichen mit Weißkalk, wodurch eine Menge Larven und Eier beseitigt werden. Bei älteren Bäumen, deren Rinde schon rauh geworden, muß dem Bestreichen, das Abkratzen mit stumpfen Bankettkacken vorausgehen. Die Raupennester in den Zweigen der größeren Bäume werden mit der an einer langen Stange befestigten Raupenscheere entfernt. In der Zeit der Maikäfer müssen die Bäume täglich, und zwar frühmorgens, ehe die Käfer munter werden, tüchtig geschüttelt werden. Die herabgefallenen Käfer werden dann unter den Bäumen zertreten, auf Haufen gefegt und in die Erde eingescharrt.

Viel zur Kräftigung des Stammes und zur gedeihlichen Entwickelung des Baumes trägt auch das schon erwähnte Abkratzen der Baumrinde bei. Man entfernt hierdurch die losen, unnützen Teile der obersten Kruste, unter denen das Ungeziefer eine Zuflucht findet, und zwar sitzen gewöhnlich die Raupennester in den Höhlungen, wo ein Zweig von dem

Stamme oder einem anderen Zweige sich abzweigt, und es müssen diese Stellen deshalb besonders beobachtet werden. Nur hüte man sich, dabei die grüne Rinde des Baumes bloßzulegen, und die lebenden Teile des Stammes irgendwie zu verletzen. Das Bestreichen mit Kalk und das Abkratzen sind Arbeiten, die im Winter vorgenommen werden können. Die Anwendung des Brumataleims gegen Ungeziefer hat sich nicht bewährt. Wenn auch unter den Ringen eine Menge Obstmaden aufgefunden wurden, so war trotzdem das Obst reichlich wurmig. An den Stellen aber selbst, wo die Ringe gesessen, hatte sich der Borkenkäfer eingebohrt, die Bäume bekamen hier brandige Stellen und fingen an zu kranken.

Auch Stahlbürsten können zur Reinigung der Baumstämme sehr empfohlen werden.

Zur Bekämpfung der meistens winzig kleinen, aber in fast unendlicher Zahl auftretenden Schädlinge, welche das Wachstum und damit die Gesundheit der Blätter, dieser wichtigen Ernährungsorgane, vernichten, empfiehlt sich das Bespritzen des Baumes. Als Spritzen werden sogenannte Rebenspritzen verwendet, aus denen die Flüssigkeit in fein verstäubten Zustande austritt, und als Flüssigkeit hat sich eine Mischung von einer einprozentigen Kupfervitriollösung mit einer einprozentigen Kalkmilch gut bewährt. Das Bespritzen geschieht zum erstenmal vor der Blüte, beim Beginn des Triebes, und dann noch ein- oder zweimal nach vollendeter Blüte.

Zweiter Abschnitt.

Die Mathematik.

Die Mathematik zerfällt in die Arithmetik und in die Geometrie. Die Arithmetik beschäftigt sich mit den Zahlengrößen, die Geometrie mit den Raumgrößen. Eine Größe besteht aus gleichartigen Teilen und kann vermehrt oder vermindert werden.

A. Die Arithmetik.

§ 1.

Die Zahlengrößen sind zusammengesetzt aus Einheiten; ist die Zahleneinheit bestimmt bezeichnet, so heißt die Zahl eine benannte Zahl; ist die Art und Beschaffenheit der Einheit nicht besonders angegeben, so heißt die Zahl eine unbenannte. Da die Lehren der Arithmetik ganz allgemeine Gültigkeit haben und somit für alle Größen gelten sollen, so können bei ihr die Zahlen unseres Zahlensystems keine Verwendung finden; die Einheiten müssen vielmehr so bezeichnet sein, daß man sich darunter jede Größe denken kann. Die Bezeichnung der Einheiten ist also vollständig gleichgültig für die Arithmetik, sie kann ganz beliebig gewählt werden, in Form eines Punktes, eines Strichs, eines Kreuzes, einer Figur, eines Buchstabens oder sonstwie. Hat man aber sich für eine bestimmte Bezeichnung einer bestimmten Größe entschieden, so bedeutet diese Bezeichnnng in der ganzen Rechenoperation stets dasselbe und kann nicht mehr vertauscht werden. Man pflegt nun in der Rechnung Größen mit Buchstaben zu bezeichnen, weil sie eine große Auswahl zulassen und eine bequeme Form haben, und man hat sich auch weiter noch dahin geeinigt, daß man die lateinischen, die deutschen, die griechischen, die kleinen und die großen Buchstaben je nach der Art der Größen anwendet, worauf hier jedoch nicht weiter eingegangen werden kann. In der Arithmetik werden wir es fast ausschließlich nur mit den kleinen lateinischen Buchstaben zu thun haben.

Es bezeichnen also a, b, c u. s. w. verschiedene Größen, und wenn wir sagen a ist gleich a, wofür das Zeichen $a = a$, so drücken wir damit den mathematischen Grundsatz aus:

Jede Größe ist sich selbst gleich.

Weiter bedeutet $a = b$: die zwei Größen a und b, deren Beziehuugen unter sich wir bisher nicht kannten, sind einander gleich. Ist ferner $a = b$ und $c = b$, so ist auch $a = c$, d. h. wenn zwei Größen a und c beide einer dritten b gleich sind, so sind sie auch unter sich gleich.

Aus der Zusammenstellung und dem Vergleich von Größen unter sich entstehen nun zunächst die vier Grundrechnungsarten, oder die vier Spezies: Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division.

Addition.

§ 2.

Addieren heißt zwei oder mehrere Zahlen zu einer Zahl verbinden, die den gegebenen zusammengenommen gleich ist.

$$a + b = A.$$

Um anzudeuten, daß die Addition ausgeführt ist, schließt man die zusammengehörigen Zahlen in eine Klammer, wie $(a + b) = A$, also überall, wo der Ausdruck $(a + b)$ vorkommt, kann unbeschadet der Richtigkeit die eine Größe A gesetzt werden. Die Form $(a + b) = A$ wird Gleichung genannt, und die einzelnen zu einer Summe zu vereinigenden Glieder werden Summanden oder Addenden genannt, das Verbindungszeichen ist ein stehendes Kreuz (+), lies plus.

Es ist gleichgültig, in welcher Reihenfolge die Summanden aufgeführt werden, also $(a+b)$ ist auch gleich $(b+a)$ und bei mehreren Summanden, z. B. drei

$$\begin{aligned} a+b+c &= a+c+b \\ &= b+a+c = b+c+a \\ &= c+a+b = c+b+a. \end{aligned}$$

§ 3.

Lehrsatz. Die Summe zweier Zahlen hat nur einen Wert $(a+b)=(a+b)$.

Beweis. Es war $(a+b)=A$, und es läßt sich somit auch schreiben $A=A$, da aber jede Größe sich selbst gleich ist, so ist auch $(a+b)=(a+b)$.

§ 4.

Lehrsatz. Gleiches zu Gleichem addiert giebt Gleiches.

$$a=c \text{ und } b=d,$$

behauptet wird, daß $(a+b)=(c+d)$ ist.

Beweis. Es war nach § 3

$$(a+b)=(a+b),$$

da nun auf der rechten Seite für a auch das gleiche c und für b das gleiche d gesetzt werden kann, so ist auch $(a+b)=(c+d)$.

§ 5.

Lehrsatz. Zu einer Summe wird eine Zahl addiert, wenn man sie zu einem der Summanden addiert.

$$(a+b)+c=a+(b+c)=(a+c)+b.$$

§ 6.

Ist eine Zahl größer als eine andere, so besteht eine Ungleichheit zwischen beiden Zahlen, die durch das Zeichen $>$ ausgedrückt wird, und zwar steht die offene Seite immer nach der größeren Zahl, die Spitze nach der kleineren.

$$a > b$$

heißt a ist größer als b, und für solche Größen gilt

Lehrsatz. Gleiches zu Größerem addiert giebt Größeres. Also

$$a > b, \text{ so ist auch}$$
$$a + c > c + b.$$

§ 7.

Kommt in einer Addition dieselbe Größe öfter vor, so lassen sich die gleichen Größen zusammenzählen. Man schreibt dann dieselbe Größe nur einmal hin und die gefundene Zahl davor.

$$a + b + c + 2a + b + d$$
$$= 3a + 2b + c + d.$$

Uebungsbeispiele:

1. $5a + 6a$. 2. $3a + 2b + a + c$.
3. $2a + a + 5b + c + 6a + 2c$.
4. $7b + 9g + 5b + h + 2m + b + g$.
5. $12c + 2d + 4g + 2h + 5c + 30d + h$.

Subtraktion.

§ 8.

Während bei der Addition die einzelnen Summanden gegeben waren, deren Summe gesucht wurde, ist bei der Subtraktion die Summe gegeben und einzelne Summanden, zu denen die noch fehlenden gesucht werden, um die Summe voll zu machen. Das Zeichen der Subtraktion ist ein horizontaler Strich (—), minus.

$$(a - b) = c$$

lies: a minns b gleich c

heißt: wenn von der Summe a der eine Summand b abgezogen wird, so ergibt sich der noch fehlende Summand c, der mit b zusammen die Summe a gibt. Die Zahl a heißt Minuendus, b Subtrahendus $(a - b) = c$ Differenz.

§ 9.

Lehrsatz. Gleiches von einander subtrahiert giebt 0

$$a - a = 0.$$

§ 10.

Lehrsatz. Gleiches von Gleichem subtrahiert gibt Gleiches.

$$a = c$$
$$b = d$$

somit $(a - b) = (c - d)$.

§ 11.

Lehrsatz. Von einer Summe wird eine Zahl subtrahiert, wenn man sie von nur einem der Summanden subtrahiert.

$$(a + b) - c = (a - c) + b = (b - c) + a.$$

Die Umkehrung hiervon lautet: Eine Differenz wird zu einer Zahl addiert, wenn man den Minuendus addiert und den Subtrahendus subtrahiert.

$$a + (b - c) = (a + b) - c.$$

§ 12.

Lehrsatz. Eine Summe wird von einer Zahl subtrahiert, wenn man erst den einen Summanden subtrahiert und von der gefundenen Differenz dann auch den anderen Summanden.

$$a - (b + c) = (a - b) - c = (a - c) - b.$$

Die Reihenfolge ist gleichgültig.

§ 13.

Lehrsatz. Eine Differenz wird von einer Zahl subtrahiert, wenn man den Minuendus subtrahiert und zur Differenz den Subtrahendus addiert.

$$a - (b - c) = (a - b) + c.$$

§ 14.

Lehrsatz. Sollen zwei Differenzen addiert werden, so bildet man die Summe der Minuenden und zieht davon die Summe der Subtrahenden ab.

$$(a - b) + (c - d) = (a + c) - (b + d).$$

§ 15.

Die Zahlenreihe ist unendlich und liegt zwischen den äußersten Grenzen Minus und Plus unendlich, die Grenze zwischeu Minus und Plus bildet die 0. Ohne ein Uebergreifen von den Pluszahlen, die positive Zahlen heißen, in die Minuszahlen, die negative Zahlen heißen, ist eine Rechnung gar nicht denkbar, und auch im gewöhnlichen Leben rechnen wir ebenso oft mit negativen Zahlen, als mit positiven, nur daß wir sie anders zu bezeichnen pflegen, wie mit Verlust, Schulden, Manko.

Eine negative Zahl ergibt sich immer, wenn größeres von kleinerem abgezogen wird, und sie wird charakterisiert durch ein vorgesetztes Minuszeichen ($-m$), während eine positive Zahl das Pluszeichen erhält ($+m$).

Ist $b > a$, so ist $a - b = -m$.

Solche mit einem Minus- oder Pluszeichen versehene Zahlen heißen algebraische Zahlen, die Zahlen ohne Vorzeichen heißen absolute Zahlen.

§ 16.

Addition algebraischer Zahlen.

Lehrsatz. Haben alle Zahlen dasselbe Vorzeichen, so addiert man ihre absoluten Werte und gibt der Summe das gemeinsame Vorzeichen.

$$(+a) + (+b) = +(a + b).$$

Lehrsatz. Haben zwei Summanden entgegengesetzte Vorzeichen, so zieht man die kleinere Zahl von der größeren ab und gibt der Differenz das Vorzeichen der größeren.

Es sei $a > b$, so ist

$$(+a) + (-b) = +(a-b)$$

oder $b > a$, so ist

$$(+a) + (-b) = -(b-a).$$

In Zahlen $(+8) + (-6) = +(8-6) = +2$ oder im zweiten Fall $(+6) + (-8) = -(8-6) = -2$.

§ 17.

Subtraktion algebraischer Zahlen.

Soll eine algebraische Zahl von einer anderen subtrahiert werden, so giebt man dem Subtrahendus das entgegengesetzte Vorzeichen und addiert ihn zum Minuendus.

$$(+a) - (+b) = (+a) + (-b)$$
$$(+a) - (-b) = (+a) + (+b)$$
$$(-a) - (+b) = (-a) + (-b)$$
$$(-a) - (-b) = (-a) + (+b)$$

in Zahlen

$$(+9) - (+6) = (+9) + (-6) = +3$$
$$(+9) - (-6) = (+9) + (+6) = +15$$
$$(-9) - (+6) = (-9) + (-6) = -15$$
$$(-9) - (-6) = (-9) + (+6) = -3.$$

§ 18.

Soll ein Klammerausdruck mit positiven und negativen Gliedern in beliebiger Reihenfolge (Aggregat) mit anderen Größen in Verbindung gebracht werden, so muß man den Ausdruck zunächst von seinen Klammern befreien, d. h. man muß die Klammern auflösen. Hierfür gelten folgende Regeln:

Steht vor der Klammer ein Pluszeichen, so kann man dieselbe ohne weiteres fortlassen, steht vor der Klammer ein Minuszeichen, so erhält beim Auflösen der Klammer jedes Glied das entgegengesetzte Vorzeichen.

Beispiel: $+(a+b-c-d+f-g)$ ist gleich
$a+b-c-d+f-g$,
$-(a+b-c-d+f-g)$ ist gleich
$-a-b+c+d-f+g$.

Uebungsbeispiele.

1. $3a-a$. 2. $(5a+3a)-4a$. 3. $(16b+2d+b)-6b$.
4. $(10a+5a)-a$. 5. $(12a+3b)-a-2b$.
6. $(22b+3c+2d)+(5a+3b+c)$.
7. $(15a+16b+33d)-(a+2b)$.
8. $(26d+5e+17f)+(3d+2f)+(3a-2b)-12d$.
9. $(9a+8b-10a)+3a$.
10. $(24m+3n)-(6m+2n)$.
11. $(48m-3n+16m-12n)-(64m+15n)$.
12. $(65a+215b)-(25a-25b)$.

Multiplikation.

§ 19.

Die Multiplikation ist derjenige Fall der Addition, bei dem die einzelnen Summanden alle gleich sind. Eine Zahl mit einer anderen multiplizieren heißt deshalb eine Zahl so oft addieren, als die andere Zahl Einheiten hat. Die Zahl, welche addiert werden soll, heißt Multiplikandus und diejenige Zahl, welche angiebt, wie oft die andere addiert werden soll, heißt Multiplikator. Der Multiplikator erhält die erste Stelle, der Multiplikandus die zweite, zwischen beiden steht das Multiplikationszeichen, entweder ein liegendes Kreuz ($\times$), oder ein Punkt; wo Irrtümer nicht vorkommen können, setzt man auch wohl die beiden Zahlen nebeneinander. Man schreibt also $a \times b$ oder $a \cdot b$ oder ab und sagt a mal b. Die gefundene Summe heißt Produkt.

§ 20.

Lehrsatz. Gleiches mit Gleichem multipliziert gibt Gleiches.

$$a = c$$
$$b = d$$

so ist $a \cdot b = c \cdot d$.

§ 21.

Multiplikator und Multiplikandus können mit einander vertauscht werden,

$$a \cdot b = b \cdot a$$

und werden deshalb auch mit dem gemeinschaftlichen Namen Faktoren bezeichnet. Sind die beiden Faktoren eines Produktes gleich, so heißt das Produkt das Quadrat des einen Faktors, $a \cdot a = a^2$; lies: a Quadrat.

§ 22.

Lehrsatz. Eine Summe wird mit einer Zahl multipliziert, indem man jeden Summanden mit der Zahl multipliziert und die gefundenen Produkte addiert $a(b + c) = ab + ac$.

Beweis. Nach § 19 bedeutet $a(b + c)$ die Summe $(b + c)$ a mal zusammenzählen, also

$$a(b + c) = (b + c) + (b + c) + (b + c) \ldots\ldots\ldots$$

und so weiter a mal. Da man nun die Klammern fortlassen und die Summanden beliebig stellen kann, so heißt der Ausdruck rechts $b + b + b \ldots + c + c + c \ldots$, worin sowohl b als c, jedes für sich, a mal vorkommt, also gleich $ab + ac$.

Die Umkehrung lautet: Die Summe zweier Faktoren, die einen gleichen Faktor besitzen, ist gleich der Summe der ungleichen Faktoren, multipliziert mit dem gemeinsamen Faktor.

In $ab + ac$ sind die beiden ungleichen Faktoren b und c, die beide denselben Faktor a bei sich haben. Letzterer wird herausgenommen, vor die Klammer genommen und b und c werden zu einer Summe zusammengefaßt, also $a\,b + a\,c = a\,(b + c)$. Hat der gleiche Faktor nichts neben sich, so ist hier der fehlende Faktor 1 zu ergänzen.

$$a + a\,b + a\,c = a\,(1 + b + c).$$

Man nennt dieses Verfahren auch: den gemeinsamen Faktor herausnehmen. Für die Multiplikation einer Differenz mit einer Zahl gilt dasselbe Verfahren, nur daß das Produkt aus dem gleichen Faktor und dem Subtrahendus von dem ersten Produkt abgezogen wird.

$$a\,(b - c) = a\,b - a\,c$$

und umgekehrt $a\,b - a\,c = a\,(b - c)$ oder wenn der gleiche Faktor auch noch allein vorkommt $a + a\,b - a\,c = a\,(1 + b - c)$, ferner $a - a\,b - a\,c = a\,(1 - b - c)$.

§ 23.

Lehrsatz. Mit einer Zahl wird ein Produkt multipliziert, wenn man nur einen Faktor des Produkts mit der Zahl multipliziert,

$$a\,(b\,c) = (a\,b)\,c = (a\,c)\,b,$$

oder unter Weglassen der Klammer

$$a\,b\,c = a\,c\,b.$$

Hieraus folgt, daß die Stellung der Faktoren gleichgültig ist, also $a\,b\,c = b\,a\,c = b\,c\,a$.

Uebungsbeispiele.

1. $a\,(b + d)$. 2. $a\,(b + 1)$. 3. $a\,(a + b)$.
4. $10\,(b + c + d)$. 5. $15\,(b + c + d)$. 6. $25\,(m + 3n + p)$.
7. $5a + 6b + 3a$. 8. $4\,(c - d)$. 9. $a\,(c - d + f)$.
10. $55a + 16b - 50a + 7b - 9c + 3f$.

§ 24.

Folgerung. Zwei Summen werden miteinander multipliziert, indem man jeden Summanden der einen

Summe mit jedem Summanden der anderen multipliziert.

$$(a + b) \cdot (d + e) = a d + a e + b d + b e.$$

Folgerung. Eine Summe und eine Differenz werden miteinander multipliziert, indem man die Produkte aus den Gliedern der Summe mit dem Minuendus addiert und die Produkte aus den Gliedern der Summe und dem Subtrahenden davon subtrahiert

$$(a + b)(c - d) = a c + b c - a d - b d.$$

Folgerung. Zwei Differenzen werden miteinander multipliziert, indem man die Produkte aus den Minuenden und die Produkte aus den Subtrahenden addiert und davon die Produkte aus je einem Minuend und Subtrahend davon subtrahiert

$$(a - b)(c - d) = a c + b d - a d - b c.$$

§ 25.

Lehrsatz. Das Produkt zwei algebraischer Zahlen (also Zahlen mit $+$ oder $-$) wird gebildet, indem man die absoluten Zahlen miteinander multipliziert und dem Produkt das positive Vorzeichen gibt, wenn beide Zahlen dasselbe Vorzeichen hatten, und das negative, wenn beide Zahlen entgegengesetzte Vorzeichen hatten.

$$(+a)(+b) = +ab$$
$$(-a)(-b) = +ab$$
$$(+a)(-b) = -ab$$
$$(-a)(+b) = -ab$$

Mit anderen Worten: gleiche Vorzeichen miteinander multipliziert geben $(+)$, ungleiche Vorzeichen miteinander multipliziert geben $(-)$.

Uebungsbeispiele.

1. $(a + 4)(b + 6)$
2. $(a - 5)(b - 3)$
3. $(a - 6)(a - 11)$

4. $(a + b - c)(d - b + c)$
5. $(9a - 3b + 2c)(12a + 3b - 15c)$
6. $(m - n)(p + q) - (2m - 3n)(p - q)$
7. $5ab(3a + 2b)$
8. $13ab(cd - fg)$
9. $25a^2b + 56ab - 5b + 3c^2 - c + d.$

Bemerkung. Die Reihenfolge der einzelnen Glieder oder Faktoren ordnet man möglichst nach dem Alphabet.

Division.

§ 26.

Mit Division bezeichnet man diejenige Rechenoperation, durch welche, wenn ein Produkt aus zwei Faktoren und der eine Faktor gegeben sind, der andere unbekannte Faktor gefunden wird. Das gegebene Produkt heißt Dividendus, der gegebene Faktor Divisor und der gesuchte Faktor der Quotient. Die Division wird angedeutet durch (:), welches Zeichen zwischen den zuerst stehenden Dividendus und den darauf folgenden Divisor gesetzt wird.

$a : b$ (lies: a dividiert durch b) $= c$, worin a Dividendus, b Divisor und c Quotient ist. Man schreibt auch $a : b$ in der Weise, daß beide durch einen horizontalen Strich getrennt werden, wo dann der Dividendus über dem Striche, der Divisor darunter steht. Eine solche Form nennt man einen Bruch $\frac{a}{b} = c$, hierin heißt a der Zähler und b der Nenner.

§ 27.

Lehrsatz. Gleiches durch Gleiches dividiert gibt Gleiches.

$$a = c$$
$$b = d$$

somit $(a : b) = (c : d)$ oder $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$.

§ 28.

Lehrsatz. Eine Summe wird durch eine Zahl dividiert, wenn man jeden Summanden durch die Zahl dividiert, und die gefundenen Quotienten addiert.

$$(a+b):c=(a:c)+(b:c)$$

$$\text{oder } \frac{a}{c}+\frac{b}{c}=\frac{a+b}{c},$$

d. h. man addiert zwei Brüche mit gleichem Nenner, indem man die Zähler addiert und die Summe durch den gemeinsamen Nenner dividiert.

§ 29.

Lehrsatz. Eine Differenz wird durch eine Zahl dividiert, indem man den Minuendus und den Subtrahendus durch die Zahl dividiert und den letzteren Quotienten von dem ersteren subtrahiert.

$$(a-b):c=(a:c)-(b:c)$$

$$=\frac{a}{c}-\frac{b}{c}=\frac{a-b}{c}$$

Hieraus folgt: Zwei Brüche mit gleichem Nenner werden voneinander subtrahiert, indem man die Zähler voneinander subtrahiert und die Differenz durch den gemeinsamen Nenner dividiert.

§ 30.

Lehrsatz. Man dividiert mit einer Zahl in ein Produkt, indem man nur in den einen Faktor dividiert

$$(a\,b):c=(a:c)\,b=(b:c)\,a$$

$$\text{oder } \frac{a\,b}{c}=\frac{a}{c}\cdot b=\frac{b}{c}\cdot a$$

Hieraus folgt: Ein Bruch wird mit einer Zahl multipliziert, indem man den Zähler mit der Zahl multipliziert.

§ 31.

Lehrsatz. Ein Bruch wird durch eine Zahl dividiert, indem man den Nenner des Bruchs mit der Zahl multipliziert

$$\frac{a}{b} : c = \frac{a}{b\,c}.$$

§ 32.

Die vorstehenden Regeln der Division gelten auch für algebraische Zahlen, nur ist dabei zu beachten, daß der Quotient das positive Vorzeichen (+) erhält, wenn Zähler und Nenner dasselbe Vorzeichen haben, und das negative Vorzeichen (—), wenn Zähler und Nenner verschiedene Vorzeichen haben

$$(+a):(+b) = +\frac{a}{b}$$

$$(+a):(-b) = -\frac{a}{b}$$

$$(-a):(+b) = -\frac{a}{b}$$

$$(-a):(-b) = +\frac{a}{b}.$$

Sind Dividendus und Divisor gleich, so ist der Quotient gleich 1, sind die Vorzeichen verschieden, so gilt das soeben Gesagte.

$$(+a):(+a) = +\frac{a}{a} = +1$$

$$(+a):(-a) = -\frac{a}{a} = -1$$

$$(-a):(-a) = +\frac{a}{a} = +1.$$

§ 33.

Lehrsatz. Brüche werden miteinander multipliziert, indem man Zähler mit Zähler und Nenner mit Nenner multipliziert.

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a\,c}{b\,d}.$$

Zusatz. Sind Zähler und Nenner in beiden Brüchen vertauscht, so ist das Produkt der Multiplikation gleich 1.

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{b}{a} = \frac{a\,b}{b\,a} = 1.$$

§ 34.

Lehrsatz. Wenn man in einem Bruche Zähler und Nenner mit derselben Zahl multipliziert oder durch dieselbe Zahl dividiert, so bleibt der Wert des Bruches unverändert.

$$\frac{a}{b} = \frac{m\,a}{m\,b}, \text{ denn } \frac{m}{m} = 1.$$

$$\frac{a}{b} = \frac{(a:m)}{(b:m)} = \frac{\frac{a}{m}}{\frac{b}{m}} = \frac{\frac{1}{m}a}{\frac{1}{m}b} = \frac{a}{b}.$$

§ 35.

Lehrsatz. Eine Zahl wird durch einen Bruch dividiert, indem man sie durch den Zähler dividiert und mit dem Nenner multipliziert. Mit anderen Worten: indem man den Bruch umdreht und multipliziert.

$$a : \frac{b}{c} = \frac{a\,c}{b}.$$

Hierin kann der Dividendus gleichfalls ein Bruch sein.

$$\frac{a}{b} : \frac{c}{d} = \frac{a}{b} \cdot \frac{d}{c}.$$

§ 36.

Aufgabe. Ein Aggregat, das ist ein Ausdruck, dessen Glieder durch Addition und Subtraktion miteinander verbunden sind, durch ein anderes zu dividieren.

Auflösung. Dividendus und Divisor werden zunächst nach demselben Gesetz geordnet. Dann dividiert man das erste Glied des Dividendus durch das erste Glied des Divisors, multipliziert den Divisor mit dem Quotienten und subtrahiert das erhaltene Produkt von dem Dividendus. Sodann dividiert man das erste Glied des Restes durch das erste Glied des Divisors, multipliziert den Divisor mit dem Quotienten und subtrahiert das gefundene Produkt von dem Reste und so fort, bis der Rest 0 bleibt. Die Summe der gefundenen Quotienten ist der Quotient der beiden Aggregate. Geht die Division nicht auf, so kann man dieselbe beliebig weit fortsetzen, und man erhält den vollständigen Quotienten, wenn man an beliebiger Stelle aufhört und zu den gefundenen Stellen einen Bruch addiert, dessen Zähler der letzte Rest und dessen Nenner der Divisor ist.

Beispiel für einen aufgehenden Bruch zweier Aggregate:

$$
\begin{array}{lll}
(12a^2 + 48ab - 27b^2) & : (6a - 3b) & \\
\underline{12a^2 - 6ab} & 2a + 9b & \text{Quotient.} \\
 + 54ab - 27b^2 & & \\
 \underline{+ 54ab - 27b^2.} & &
\end{array}
$$

Beispiel für eine nicht aufgehende Division zweier Aggregate:

$$
\begin{array}{ll}
30a^2 - 18ab + 21ac - 12bc + 5c^2 : \overline{6a + 3c} & \\
\underline{30a^2 + 15ac} \qquad\qquad 5a - 3b + c & \text{Quotient.} \\
 - 18ab + 6ac - 12bc & \\
 \underline{- 18ab - 9bc} & \\
 6ac - 3bc + 5c^2 & \\
 \underline{6ac + 3c^2} & \\
 - 3bc + 2c^2 & \text{Rest.}
\end{array}
$$

§ 37.

Man bringt Brüche mit verschiedenen Nennern auf gleiche Benennung, indem man zunächst den Generalnenner sucht, d. h. ein Vielfaches der sämtlichen Nenner, und dann jeden Zähler mit dem Quotienten multipliziert, den man erhält, wenn man den Generalnenner durch den Nenner des Bruchs dividiert.

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d}.$$

Der Generalnenner ist $b\,d$, es wird nun $\frac{a}{b}$ mit demjenigen Quotienten multipliziert, dessen Zähler der Generalnenner und dessen Nenner der Nenner des Bruchs ist, also mit $\frac{b\,d}{b} = d$, giebt für den ersten Bruch $\frac{a\,d}{b\,d}$ und in derselben Weise für den zweiten $\frac{c\,b}{b\,d}$ und durch Zusammenfassen beider Brüche.

$$\frac{a\,d + c\,b}{b\,d}$$

$$\frac{a}{b} + \frac{c}{d} + \frac{e}{f} = \frac{a\,d\,f + c\,b\,f + e\,b\,d}{b\,d\,f}.$$

Uebungsbeispiele.

1. $(3\,a - 2\,b) : d.$
2. $(15\,a + 12\,b - 3\,c) : (a + b).$
3. $\frac{9c}{16} + \frac{7e}{16}.$
4. $\frac{25\,m}{20} + \frac{13\,n}{20} + \frac{7\,p}{20}.$

5. $\frac{9a}{12} + \frac{12a}{12} - \frac{5a}{12}$.

6. $\frac{15a - 25b}{a + b}$.

7. $\frac{13a + 17b + 19c}{a - b + c}$.

8. $\frac{25m + 6n}{m + n} - \frac{2m + 9n}{m + n}$.

9. $a\left(\frac{c}{d} + \frac{e}{f}\right)$.

10. $\frac{x}{y}(myz + 5my - 3x)$.

§ 38.

Bemerkungen zu den bisherigen Rechnungen:

1. Ist in einem Produkt ein Faktor 0, so ist das ganze Produkt gleich Null.

2. Ist ein Faktor 1, so ist das Produkt gleich dem anderen Faktor.

3. Eine Zahl behält ihren Wert, wenn man sie mit derselben Zahl multipliziert und dividiert.

4. Ein Bruch wird größer, wenn sein Zähler größer wird, und kleiner, wenn sein Nenner größer wird.

Die Dezimalbrüche.

§ 39.

Ist in einem Bruche der Zähler größer als der Nenner, so heißt er ein unechter Bruch, ist der Nenner größer als der Zähler, so heißt er ein echter Bruch.

Echte Brüche, deren Nenner aus einer 1 und darauf folgenden Nullen besteht, heißen Dezimalbrüche, z. B.:

$$\frac{7}{10}, \frac{7}{100}, \frac{13}{1000}, \frac{211}{10000}.$$

Man bedient sich nun für diese Brüche einer anderen Schreibweise, indem man den Nenner wegläßt und ihn nur durch die Stellung des Zählers hinter einem Komma andeutet. Und zwar steht die letzte Zahl des Zählers um so viel Stellen rechts vom Komma, als der frühere Nenner Nullen hatte. Bei $\frac{7}{10}$ würde die 7 also in der ersten Stelle vom Komma stehen 0,7, bei $\frac{7}{100}$ in der zweiten Stelle 0,07, bei $\frac{13}{1000}$ die 3 in der dritten Stelle 0,013, bei $\frac{211}{10000}$ die letzte 1 in der vierten Stelle 0,0211. Gibt man nun den ganzen Zahlen die Plätze links vom Komma, so läßt sich jede ganze Zahl mit einem Dezimalbruch in dieser Form ausdrücken:

$$3\,\frac{9}{10} = 3{,}9;\ 250\,\frac{683}{100000} = 250{,}00683.$$

Man verwandelt nun einen gewöhnlichen Bruch in einen Dezimalbruch, indem man die Division einfach ausführt und die Division auf soviel Stellen fortsetzt, als man haben will, z. B.:

$$\frac{1}{2} = 0{,}5;\ \frac{3}{4} = 0{,}75;\ \frac{3}{8} = 0{,}375.$$

Die Addition von Dezimalbrüchen erfolgt nun in der Weise, daß man die Summanden immer mit Komma unter Komma unter einander schreibt, wie sonst addiert und das Komma wieder dahin stellt, wo es bei sämtlichen Summanden gestanden hat:

0,350
2,411
8,750
0,927
12,000
0,513
122,012
―――――
146,963.

Die Subtraktion geschieht in derselben Weise:

19·,2·5·4
−6 ,2 7 8
―――――
12 ,9 7 6.

Die Multiplikation erfolgt, indem man die Faktoren in gewöhnlicher Weise mit einander multipliziert und in dem Produkt von rechts nach links soviel Dezimalen durch das Komma abstreicht, als die sämtlichen Faktoren zusammen Dezimalstellen hatten.

$$3{,}68 \times 7{,}34 = 27{,}0112.$$

Die Division erfolgt, indem man im Divisor das Komma nach rechts hin bis an das Ende setzt, im Dividendus das Komma um ebenso viele Stellen nach rechts rückt, als dies im Divisor geschehen, und dann wie gewöhnlich dividiert.

$\frac{5{,}8236}{3{,}45}$ wird geschrieben $582{,}36 : 345$.

Im Quotient wird dann das Komma gesetzt, sobald die erste Dezimale herunter genommen wird.

345 | 58·2,360 = 1,688
23 7 3
20 7 0
―――――
3·0 36
2 7 60
―――――
2 760
2 760

Geht der Divisor in dem Dividendus nicht auf, so kann durch fortwährendes Anhängen von Nullen an den Dividendus die Division beliebig weit fortgesetzt werden.

$$\frac{0{,}1}{0{,}3} = 1:3.$$

$$\begin{array}{l} 3 \mid 1 = 0{,}3333 \ldots\ldots \\ \quad\; 0 \\ \quad\; \overline{10} \\ \quad\;\; 9 \\ \quad\;\; \overline{10} \\ \quad\;\;\; 9 \\ \quad\;\;\; \overline{10} \\ \quad\;\;\;\; 9 \\ \quad\;\;\;\; \overline{10}. \end{array}$$

Der genaue Quotient läßt sich also nicht angeben, er ist hier 0,3333 . . . mit unendlich vielen Dreien, und er wird um so richtiger, je mehr Dezimalstellen ausgerechnet werden.

Von den Proportionen.

§ 40.

Der Ausdruck a : b drückt ein Verhältnis zwischen den Zahlen a und b aus und zeigt an, daß b in a enthalten ist und zwar $\frac{a}{b}$ mal, denn $b \cdot \frac{a}{b} = a$. Es ist also $\frac{a}{b}$ die Verhältniszahl für diesen Ausdruck. Sind nun die Verhältniszahlen, auch Exponenten genannt, zweier Verhältnisse gleich, so sind auch die Verhältnisse selbst gleich.

Die Verbindung zweier gleicher Verhältnisse durch ein Gleichheitszeichen zu einem Ausdruck nennt man eine Proportion.

$$a : b = c : d$$

heißt: es verhält sich a zu b, wie sich c zu d verhält.

Bedingung war, daß die Exponenten gleich waren, also $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$.

In der Proportion $a : b = c : d$ werden a und d die beiden äußeren, b und c die beiden inneren Glieder genannt, und das letzte Glied d bildet die zu den drei ersten Gliedern gehörige vierte Proportionale.

Sind die beiden inneren Glieder gleich, so heißt die Proporation eine stetige.

$$a : b = b : c$$

und das mittlere Glied heißt die mittlere Proportionale.

§ 41.

Lehrsatz. In jeder Proportion ist das Produkt der inneren Glieder gleich dem Produkt der äußeren Glieder.

$$a : b = c : d$$
$$a\,d = b\,c.$$

Umgekehrt kann man aus zwei gleichen Produkten eine Proportion bilden, indem man die Faktoren des einen Produktes zu äußeren, die des anderen zu inneren Gliedern macht. Da nun sowohl die einen Faktoren innere, als auch äußere Glieder sein können, so lassen sich aus zwei gleichen Produkten überhaupt folgende 8 Proportionen bilden:

$$a : b = c : d$$
$$a : c = b : d$$
$$b : d = a : c$$
$$b : a = d : c$$
$$c : a = d : b$$
$$c : d = a : b$$
$$d : b = c : a$$
$$d : c = b : a$$

Sie sind sämtlich entstanden aus den beiden gleichen Produkten $a\,d = b\,c$.

Aus dieser Umstellung läßt sich schließen: In jeder Proportion lassen sich

1. die inneren Glieder vertauschen,
2. die äußeren Glieder vertauschen,
3. die inneren Glieder zu äußeren, die äußeren zu inneren Gliedern machen.

Aus der Bedingung, daß in einer Proportion das Produkt der inneren Glieder gleich dem Produkt der äußeren ist, folgt, daß sich die vierte unbekannte Proportionale stets aus den drei anderen bestimmen läßt.

In $a : b = c : x$ soll sein

$$a\,x = b\,c$$

und da Gleiches durch Gleiches dividiert Gleiches gibt, so kann ich rechts und links mit $a = a$ dividieren und erhalte $x = \frac{b\,c}{a}$.

§ 42.

Lehrsatz. In jeder Proportion verhält sich die Summe der Vorderglieder zur Summe der Hinterglieder wie ein Vorderglied zu seinem Hinterglied.

$$a : b = c : d$$

$$(a + c) : (b + d) = a : b = c : d.$$

Ebenso verhält sich die Differenz der Vorderglieder zur Differenz der Hinterglieder wie ein Vorderglied zu seinem Hinterglied.

$$(a - c) : (b - d) = a : b = c : d.$$

§ 43.

Lehrsatz. In jeder Proportion verhält sich die Summe der Glieder des ersten Verhältnisses zur Summe der Glieder des zweiten Verhältnisses wie das erste zum dritten und wie das zweite zum vierten Gliede.

$$(a + b) : (c + d) = a : c = b : d.$$

In gleicher Weise verhält sich die Differenz der Glieder des ersten Verhältnisses zur Differenz der Glieder des zweiten Verhältnisses wie das erste zum dritten und das zweite zum vierten Gliede.

$$(a - b) : (c - d) = a : c = b : d.$$

Durch Vereinigung der beiden gefundenen Resultate ergibt sich

$$(a + b : (c + d) = (a - b) : (c - d)$$

und durch Umstellung

$$(a + b) : (a - b) = (c + d) : (c - d).$$

Die Summe der Glieder des ersten Verhältnisses verhält sich zur Differenz der Glieder desselben Verhältnisses, wie die Summe der Glieder des zweiten Verhältnisses zur Differenz der Glieder des zweiten Verhältnisses.

§ 44.

Lehrsatz. Wenn man die Glieder des ersten Verhältnisses einer Proportion mit einer Zahl multipliziert und die Glieder des zweiten Verhältnisses mit einer anderen Zahl multipliziert, so erhält man wiederum eine richtige Proportion.

$$a : b = c : d$$
$$m a : m b = n c : n d.$$

Uebungsbeispiele.

Es soll zu drei gegebenen Größen die vierte Proportionale x gefunden werden.

1. $a : 26 = 3 : x.$
2. $a + 2b : 2a - b = a : x.$
3. $15 : 33 = 27 : x.$
4. $52 : 16 = 44 : x.$
5. $105 : x = 215 : 50.$
6. $2b + c : c = 2b - c : x.$

7. $\frac{a}{b} : \frac{c}{2d} = x : \frac{2d}{c}$.

8. $\frac{5}{9} a : x = \frac{6}{35} : \frac{45}{25}$.

9. $\frac{3}{7} a + 2 : 25 = x = 55$.

10. $\frac{2a^2}{3} : b = \frac{1}{b} = x$.

11. $\frac{1}{2} : \frac{4}{7} = \frac{35}{42} : x$.

12. $\frac{3}{11} : 25x = \frac{20}{27} : \frac{33}{15}$.

13. $\frac{a-b}{a+b} : \frac{a+b}{a-b} = x : 1$.

14. $2a^2 : 5bc = 6bc : x$.

Von den Potenzen.

§ 45.

Wenn ein Produkt nur aus gleichen Faktoren besteht, so nennt man ein solches Produkt eine Potenz. Man schreibt die Potenz in der Weise, daß man den gleichen Faktor nur einmal schreibt und durch eine oben rechts geschriebene Zahl angibt, wie oft derselbe Faktor multipliziert werden soll. Es bedeutet a^4 soviel als a a a a. Die Zahl 4 nennt man den Exponenten, die Zahl a die Grundzahl oder Basis der Potenz. Ist der Exponent 2, so heißt die Potenz ein Quadrat (a^2), ist er 3, so heißt die Potenz ein Kubus (a^3).

§ 46.

Lehrsatz. Zwei Potenzen mit gleichen Grundzahlen werden multipliziert, indem man die Exponenten addiert und mit der Summe die Grundzahl potenziert.

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n}.$$

Umgekehrt kann man auch eine Potenz, deren Exponent eine Summe ist, auflösen in ein Produkt von zwei Potenzen, deren Basis gleich ist und deren Exponenten die Summanden des ursprünglichen Exponenten sind.

$$a^{m+n} = a^m \cdot a^n.$$

Uebungsbeispiele.

1. $a^2 \cdot a$.
2. $a^3 \cdot a^2$.
3. $b^{10} \cdot b^5$.
4. $(m+1)^x \cdot (m+1)^2$.
5. $(a+y)^{m+1} \cdot (a+y) \cdot 1$.
6. $(x+y)^5 \cdot (x+y)^{-1}$.
7. $(a^6 - b^3)\ (a^5 + b^2)$.

§ 47.

Lehrsatz. Eine Potenz wird durch eine andere mit gleicher Basis dividiert, indem man die gemeinsame Basis mit der Differenz aus den Exponenten des Dividendus und des Divisors potenziert.

$$\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n}.$$

Umgekehrt kann man eine Zahl, die mit einer Differenz potenziert ist, ersetzen dadurch, daß man sie mit dem Minuendus und dem Subtrahendus einzeln potenziert und die erste Potenz durch die zweite dividiert.

$$a^{m-n} = \frac{a^m}{a^n}.$$

Wird n gleich m, so ist der Ausdruck der linken Seite $a^{m-m} = a^0$ und der Ausdruck der rechten Seite $\frac{a^m}{a^m} = 1$, somit $a^0 = 1$.

Und da für a jede Zahl genommen werden kann, so gilt allgemein, daß der Wert einer Potenz gleich 1 ist, wenn der Exponent 0 ist.

Weitere Folgerung. Es sei n größer als m ($n > m$), etwa $n = m + p$, so ist $\frac{a^m}{a^n} = \frac{a^m}{a^{m+p}} = \frac{a^m}{a^m \cdot a^p} = \frac{1}{a^p}$.

Ferner $a^{m-n} = a^{m-(m+p)} = a^{-p}$.

Es war aber auch $\frac{a^m}{a^n} = a^{m-n} = \frac{1}{a^p}$.

Da nun a^{m-n} einmal gleich ist a^{-p}, zum anderenmal gleich $\frac{1}{a^p}$ so ist auch

$$a^{-p} = \frac{1}{a^p}$$

und durch Multiplikation auf beiden Seiten mit a^p und Division auf beiden Seiten durch a^{-p}, ergibt sich

$$\frac{a^{-p} \cdot a^p}{a^{-p}} = \frac{a^p \cdot 1}{a^p \cdot a^{-p}}$$

$$\text{und da } \frac{a^{-p}}{a^{-p}} = 1 \text{ und } \frac{a^p}{a^p} = 1,$$

so bleibt

$$a^p = \frac{1}{a^{-p}}.$$

In Worten: Steht eine Zahl mit positiven Exponenten im Zähler, so kann man sie mit negativen Exponenten in den Nenner stellen, und steht eine Zahl mit negativen Exponenten im Zähler, so kann man sie mit positiven Exponenten in den Nenner setzen.

Uebungsbeispiele.

1. $a^3 : a^2$.
2. $a \cdot b^{12} : b^6$.
3. $24\,a^5 : 6\,a^2$.
4. $45\,a^{16}\,b^{15}\,c^{12} : 9\,a^6\,b^5\,c^2$.
5. $\frac{35\,x^6\,y^5\,z^9}{33\,a^2\,b^{10}\,c^{18}} \cdot \frac{11\,a\,b^{15}\,c^{28}}{5\,x^3\,y^2\,z^8}$.

§ 48.

Lehrsatz. Ein Produkt wird potenziert, indem man jeden Faktor potenziert und die gefundenen Potenzen mit einander multipliziert

$$(a\,b)^m = a^m\,b^m$$

und umgekehrt: zwei Potenzen mit gleichen Exponenten werden mit einander multipliziert, indem man die Grundzahlen mit einander multipliziert und das Produkt mit dem gemeinschaftlichen Exponenten potenziert.

$$a^m\,b^m = (a\,b)^m.$$

Uebungsbeispiele.

1. $(3\,a)^2$. 2. $(4\,b\,c)^3$. 3. $(3\,a\,b)^2 \cdot (5\,a)$. 4. $12^3 \cdot 15^3$.

5. $(16\,a)^2 \cdot (3\,b)^5$. 6. $25^2 \cdot 19^3 \cdot 10^2$.

7. $\left(\frac{a+b}{m-n}\right)^2 \cdot \left(\frac{m-n}{a-b}\right)^2$.

§ 49.

Lehrsatz. Man potenziert einen Bruch mit einer Zahl, indem man Zähler und Nenner mit der Zahl potenziert

$$\left(\frac{a}{b}\right)^m = \frac{a^m}{b^m}$$

und umgekehrt werden zwei Potenzen mit denselben Exponenten in einander dividiert, indem man deu Quotienten der Grundzahlen mit dem gemeinschaftlichen Exponenten potenziert.

$$\frac{a^m}{b^m} = \left(\frac{a}{b}\right)^m.$$

Uebungsbeispiele.

1. $\left(\frac{3}{4}\right)^2$. 2. $\left(\frac{5\,b}{3\,c}\right)^3$. 3. $\left(\frac{3\,x\,y}{m\,n}\right)^4 \left(\frac{3\,m\,n}{15\,x\,y}\right)^2$.

4. $\left(\frac{2\,n\,m}{5\,p\,q}\right)^3 \left(\frac{6\,p}{n}\right)^2 \left(\frac{5\,q}{4m}\right)^x$. 5. $\left(\frac{a}{2\,b}\right)^{-3} \left(\frac{2\,a}{5\,b}\right)^{-1}$.

§ 50.

Lehrsatz. Man potenziert eine Potenz mit einer Zahl, indem man den Exponenten mit der Zahl multipliziert

$$(a^m)^n = a^{m\,n}$$

und umgekehrt wird eine Zahl mit einem Produkte potenziert, indem man sie mit einem Faktor potenziert und die gefundene Potenz mit dem anderen Faktor potenziert, wobei es gleichgültig ist, in welcher Reihenfolge man die Faktoren wählt

$$a^{m\,n} = (a^m)^n = (a^n)^m.$$

Uebungsbeispiele.

1. $(a^2)^3$. 2. $a\,b\,(b^4)^5$. 3. $(d^f)^g$. 4. $(x^3 \cdot y^4)^2$. 5. $[(x^5)^6]^3$.

6. $x^{5 \cdot 4}$. 7. $\left(\frac{a^2 \cdot b^7}{c^3\,d^8}\right)^4 \cdot \left(\frac{c^4\,d^8}{a\,b^5}\right)^5$. 8. $\left(\frac{x^3\,y^7}{a^4\,b^{10}}\right)^3 \left(\frac{a^{12}\,b^9}{x\,y^2}\right)^5$.

9. $(a^{-5})^{-6}$. 10. $\left(\frac{1}{a^2} \cdot b^3\right)^4$. 11. $(a+b)^3$.

Von den Wurzeln.

§ 51.

Die Umkehrung der Potenzierung ist das Wurzelausziehen. Während beim Potenzieren die Basis und der Exponent gegeben waren, woraus die Potenz bestimmt werden sollte, ist beim Wurzelausziehen die Potenz und der Exponent gegeben, und die Grundzahl oder Basis soll gefunden werden. Man nennt die Potenz den Radikandus (von radix, die Wurzel) und den Exponenten den Wurzelexponenten. Als Zeichen bedient man sich des Anfangsbuchstabens des Wortes radis r, unter demselben steht die Basis, über demselben der Wurzelexponent, der, wenn er 2 ist, gewöhnlich fortgelassen wird. Die zweite Wurzel heißt Quadratwurzel, die dritte Wurzel wird Kubikwurzel genannt.

Es ist $\sqrt[m]{a}$ diejenige Zahl, welche mit m potenziert a gibt.

$$\left(\sqrt[m]{a}\right)^m = a.$$

Das Ausziehen der Quadratwurzel.

§ 52.

Wenn aus einer mehrziffrigen Zahl die Quadratwurzel gezogen werden soll, so verfährt man dabei auf folgende Weise:

Zunächst teilt man die Zahl von dem Komma aus nach links und rechts in zweistellige Klassen, wobei die am meisten links liegende Klasse auch nur eine Stelle behalten kann. Dann sucht man diejenige Zahl, deren Quadrat gleich ist der Zahl der ersten Klasse, oder am nächsten darunter liegt, und hat damit die erste Stelle der Wurzel gefunden. Das Quadrat dieser Zahl wird abgezogen von der ersten Klasse, die erste Ziffer der zweiten Klasse wird herunter genommen, und es wird nun in die so entstandene Zahl mit dem doppelten Wert der ersten Stelle der Wurzel hinein dividiert. Der gefundene Quotient ist die zweite Stelle der Wurzel. Hat man das Produkt aus dem doppelten Wert der ersten Stelle und aus der zweiten Stelle abgezogen, so hängt man an den Rest die zweite Stelle der zweiten Klasse und subtrahiert hiervon das Quadrat der zweiten Wurzelstelle. An den Rest hängt man die erste Stelle der dritten Klasse und dividiert in diese Zahl mit dem doppelten Produkt der bis jetzt gefundenen Wurzelstellen, der Quotient ist die dritte Stelle der Wurzel. Hat man das Produkt aus dem Divisor und der dritten Stelle abgezogen, so hängt man die zweite Stelle der dritten Klasse an den Rest und dividiert in die so entstandene Zahl mit dem Quadrat der dritten Wurzelstelle. In dieser Weise fährt man fort, wie aus dem nachstehenden Beispiele zu ersehen ist.

$$
\begin{array}{rl}
 & \sqrt{12 \mid 44 \mid 67 \mid 84} = 3528 \\
3^2 = & 9 \\
\hline
2 \cdot 3 = 6 & \mid 34 \\
5 \cdot 6 = & 30 \\
\hline
 & 44 \\
5^2 = & 25 \\
\hline
2 \cdot 35 = 70 & \mid 196 \\
 & 140 \\
\hline
 & 567 \\
2^2 = & 4 \\
\hline
2 \cdot 352 = 704 & \mid 5638 \\
 & 5632 \\
\hline
 & 64 \\
8^2 = & 64 \\
\hline
\end{array}
$$

Die Schreibweise läßt sich insofern etwas vereinfachen, als man immer gleich zwei Stellen herunter nimmt und dann gleich das Quadrat des jedesmal gefundenen Divisors mitabzieht.

$$
\begin{array}{r|l}
 & \sqrt{12 \mid 44 \mid 67 \mid 84} = 3528 \\
 & 9 \\
\hline
6 & 344 \\
 & 325 \\
\hline
70 & 1967 \\
 & 1404 \\
\hline
704 & 56384 \\
 & 56384 \\
\hline
\end{array}
$$

Sind rechts vom Komma noch Dezimalstellen, so macht dies für das Verfahren keinen Unterschied. Auch hier teilt man die Zahlenreihe in zweistellige Klassen, ist die Anzahl der Dezimalstellen eine ungerade, so hängt man zur Vervollständigung noch eine Null an.

$$
\begin{array}{r|l}
 & \sqrt{1 \mid 58 \mid 10{,}54 \mid 76} = 125{,}74 \\
 & 1 \\
\hline
2 & 58 \\
 & 44 \\
\hline
24 & 1410 \\
 & 1225 \\
\hline
250 & 18554 \\
 & 17549 \\
\hline
2514 & 100576 \\
 & 100576 \\
\hline
\end{array}
$$

Ist der gegebene Radikand kein vollständiges Quadrat, so kann die Quadratwurzel nur näherungsweise, allerdings bis auf beliebig viele Dezimalstellen, bestimmt werden. Man hängt dann doppelt so viele Nullen an, als man Dezimalstellen haben will.

Es sei der Radikand 968 gegeben, und es soll die Wurzel bis auf drei Dezimalstellen bestimmt werden, so stellt man hinter die 8 das Komma und hängt 6 Nullen an.

$$
\begin{array}{rl}
\sqrt{9\,|\,68{,}00\,|\,00\,|\,00} & = 31{,}112 \\
9 & \\
\hline
6\,|\,68 & \\
61 & \\
\hline
62\,|\,700 & \\
621 & \\
\hline
622\,|\,7900 & \\
6221 & \\
\hline
6222\,|\,167900 & \\
124444 & \\
\hline
\end{array}
$$

Eine solche Wurzel heißt dann eine irrationale Zahl, das ist eine Zahl, die sich in bezug auf die Einheit weder als eine ganze, noch als eine gebrochene Zahl vollständig darstellen läßt, sondern nur annähernd berechnet werden kann.

Uebungsbeispiele.

1. $\sqrt{1}$ 2. $\sqrt{2}$ 3. $\sqrt{3}$ 4. $\sqrt{5}$ 5. $\sqrt{16}$
6. $\sqrt{128}$ 7. $\sqrt{785}$ 8. $\sqrt{144}$ 9. $\sqrt{18225}$
10. $\sqrt{25921}$ 11. $\sqrt{268{,}96}$ 12. $\sqrt{3{,}0276}$
13. $\sqrt{0{,}27556}$ 14. $\sqrt{0{,}6350}$.

§ 53.

Lehrsatz. Aus einem Produkt wird die Wurzel gezogen, indem man aus jedem Faktor die Wurzel zieht und die gefundenen Wurzeln miteinander multipliziert

$$\sqrt{ab} = \sqrt{a} \cdot \sqrt{b}$$

Und umgekehrt werden zwei Wurzeln mit gleichem Wurzelexponenten miteinander multipliziert, indem man die

Radikanden miteinder multipliziert, und aus diesem Produkt die Wurzel zieht

$$\sqrt{a} \cdot \sqrt{b} = \sqrt{a \cdot b}$$

§ 54.

Lehrsatz. Aus einem Bruch wird die Wurzel gezogen, indem man die Wurzel aus Zähler und Nenner einzeln zieht, und dann mit der Wurzel des Nenners in die des Zählers dividiert

$$\sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$$

Und umgekehrt werden zwei Wurzeln mit gleichen Wurzelexponenten ineinander dividiert, indem man die Radikanden dividiert und aus dem Quotienten die Wurzel zieht

$$\frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}} = \sqrt{\frac{a}{b}}$$

Uebungsbeispiele.

1. $\sqrt{3} \cdot \sqrt{4}$ 2. $\sqrt{8}\ \sqrt{12}$ 3. $\sqrt{3a}$ 4. $\sqrt{3 \cdot 9}$

5. $\sqrt{\frac{5}{6}}$ 6. $\sqrt{\frac{25}{36}}$ 7. $\sqrt{\frac{112}{205}}$ 8. $\frac{\sqrt{26}}{\sqrt{8}}$

9. $\frac{\sqrt{144}}{\sqrt{12}}$ 10. $\frac{\sqrt{17161}}{\sqrt{68644}}$

Von den Gleichungen ersten Grades.

§ 55.

Die bis jetzt kennen gelernten durch ein Gleichheitszeichen miteinander verbundenen Ausdrücke waren sogenannte identische, oder analytische Gleichungen, das sind solche Gleichungen, bei denen die beiden Seiten immer gleich sind, welche Werte man den allgemeinen Größen auch beilegen mag.

$$a = a; \quad \frac{ma}{mb} = \frac{a}{b}; \quad \sqrt{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}}$$

Die zweite Art der Gleichungen heißen Bedingungsgleichungen, das sind solche Gleichungen, bei denen die beiden Seiten nur bedingungsweise gleich sind, nämlich dann, wenn den allgemeinen Größen in denselben ganz bestimmte Werte zuerteilt werden.

Jede Bedingungsgleichung enthält wenigstens eine unbestimmte Größe, die die Unbekannte genannt wird. Man bezeichnet sie gewöhnlich durch einen der letzten Buchstaben des lateinischen Alphabets u, v, x, y, z. Die übrigen Größen heißen gegebene oder bekannte.

Gleichungen, in denen die Unbekannten nur als Grundzahlen oder Radikanden vorkommen, werden algebraische genannt, Gleichungen, in denen die Unbekannten in anderen Verbindungen z. B. als Exponent vorkommen, werden transcendente Gleichungen genannt.

Der Grad der algebraischen Gleichung bestimmt sich nach der Größe der Exponenten der Unbekannten. Ist der Exponent 1, so heißt die Gleichung von erstem Grade, ist er 2, so ist die Gleichung eine quadratische, ist er 3, so heißt die Gleichuug eine kubische Gleichung.

§ 56.

Zur Auflösung einer Gleichung ersten Grades mit einer Unbekannten, von denen hier allein die Rede sein soll, schlägt man folgenden Weg ein:

Man entfernt alle Klammern, Brüche und Wurzeln, in denen die Unbekannte vorkommt, schafft letztere auf eine Seite und vereinigt hier alle Glieder, welche die Unbekannte enthalten.

Unter Anwendung der bekannten Sätze:

Gleiches zu Gleichem addiert gibt Gleiches,
Gleiches von Gleichem subtrahiert gibt Gleiches,
Gleiches mit Gleichem multipliziert gibt Gleiches,
Gleiches durch Gleiches dividiert gibt Gleiches,

wird man es endlich dahin bringen, daß die Unbekannte auf der einen, gewöhnlich linken Seite steht, und der bekannte Zahlenwert, dem die Unbekannte gleich ist, auf der anderen Seite.

Unter Gleiches sind hier die beiden durch das Gleichheitszeichen verbundenen Seiten verstanden, so daß man auch sagen kann: was man mit der einen Seite der Gleichung vornimmt, muß auch auf der anderen Seite vorgenommen werden.

Beispiel.

1.
$$\begin{aligned} 12x - 3 &= 10x + 1 \\ 12x - 10x &= 3 + 1 \\ (12 - 10)x &= 3 + 1 \\ 2x &= 4 \\ x &= 2 \end{aligned}$$

2.
$$\frac{x+3}{2} + \frac{2x-4}{3} = 10x - \frac{(25x+5)}{12}$$

Beide Seiten auf ihren gemeinsamen Nenner gebracht

$$\frac{3(x+3)+2(2x-4)}{6} = \frac{120x-(25x+5)}{12}$$

beide Seiten mit 12 multipliziert

$$2[3(x+3)+2(2x-4)] = 120x - (25x+5).$$

Die Klammern aufgelöst

$$2(3x+9+4x-8) = 120x - 25x - 5$$
$$6x + 18 + 8x - 16 = 120 - 25x - 5.$$

Die Ausdrücke mit x auf die linke Seite, die Bekannten auf die rechte Seite

$$6x + 8x - 120x + 25x = -18 + 16 - 5.$$

Zusammengezogen

$$(6 + 8 - 120 + 25)\,x = -18 + 16 - 5$$

$$-81\,x = -7$$

$$x = \frac{7}{81}.$$

Uebungsbeispiele.

1. $x + 25 = 36.$
2. $x + 49 = 72.$
3. $20 - x = 3.$
4. $5\,x + 3 = 18.$
5. $3\,x - 27 = 3.$
6. $12 + 2\,x = 10\,x - 24.$
7. $55 + 11\,x - 18 = 24\,x + 35 - 2\,x.$
8. $\frac{3\,x}{12} + 7 = \frac{5\,x}{24} - 2 + \frac{x}{16}.$
9. $28 + \frac{8\,x}{15} - \frac{x}{2} + \frac{3\,x}{10} = 40 + \frac{5\,x}{2} + \frac{14\,x}{25}.$
10. $12 - \frac{x}{21} + 10 = 75 - \frac{x}{6} - \frac{3\,x}{14} - 21.$

Zins-, Zinseszins- und Rentenrechnung.

§ 57.

Besitzt jemand ein Kapital, also eine gewisse Summe Geld, so kann er jederzeit von dem Kapital etwas entnehmen, um damit die Bedürfnisse seines Lebensunterhaltes ganz oder teilweise zu bestreiten. Das Kapital wird dann immer um den betreffenden Teil, der davon genommen ist, kleiner, und es wird einmal der Zeitpunkt eintreten, zu welchem das Kapital ganz aufgebraucht ist. Ein solches Aufbrauchen des Kapitals läßt sich aber vermeiden, wenn dasselbe zinstragend angelegt wird. Beträgt das Kapital 50000 Mark, und es wird damit ein Haus mit Wohnungen, für die im Jahre 2500 Mk. Miete gezahlt werden, gebaut, so bleibt das Kapital immer bestehen, denn der Besitzer kann jederzeit von einem anderen, der das Haus kauft, die 50000 Mk. in barem Gelde wieder bekommen, so lange er aber das Haus besessen hat, flossen ihm durch die Miete alljährlich 2500 Mk. zu. Man sagt dann, ein solches Kapital hat sich zu 5% verzinst, weil immer 100 Mk. 5 Mk. Zinsen jährlich gebracht haben, denn 100 Mk. sind in 50000 Mk. 500 mal enthalten, und $500 \cdot 5$ sind gleich 2500 Mk. Die 5 Mk. vom Hundert werden der Zinsfuß genannt, der auch jede andere Zahl sein kann. Daraus ergibt sich, daß die Zinsen eines Kapitals gefunden werden, wenn das Kapital durch 100 geteilt und dieser Quotient mit dem Zinsfuß multipliziert wird. Ist ganz allgemein das Kapital K, der Zinsfuß z, so sind die jährlichen Zinsen $p = \frac{K}{100} \cdot z$.

Aus dieser Formel läßt sich durch Umformung aber auch das Kapital finden, wenn die jährlichen Zinsen p und der Zinsfuß z gegeben sind, und der Zinsfuß z, wenn die jährlichen Zinsen und das Kapital K gegeben sind. Es ist dann $K = \frac{100 \cdot p}{z}$ und $z = \frac{100 \cdot p}{K}$.

Dieses ist die einfache Zinsrechnung. Es kann nun vorkommen, daß jemand die Zinsen nicht gebraucht, sie alljährlich wieder zum Kapital tut und nun das Kapital mit den Zinsen wieder Zinsen tragen läßt. Die Rechnung, welche sich hiermit beschäftigt, heißt die Zinseszins-Rechnung. Nehmen wir an, das Kapital betrüge K Mark, so sind die jährlichen Zinsen, wenn z der Zinsfuß ist, $\frac{Kz}{100}$ Mark und aus dem Anfangskapital sind am Ende des ersten und am Anfang des zweiten Jahres $S_1 = \left(K + \frac{K \cdot z}{100}\right)$ M. geworden, $S_1 = K\left(1 + \frac{z}{100}\right)$. Dieses Kapital wird wieder nach dem zweiten Jahre an Zinsen den Betrag $K\left(1+\frac{z}{100}\right)\frac{z}{100}$ gebracht haben, und das Gesamtkapital S_2 wird also betragen

$$K\left(1+\frac{z}{100}\right)+K\left(1+\frac{z}{100}\right)\frac{z}{100}$$

$$S_2 = K\left(1+\frac{z}{100}\right)\left(1+\frac{z}{100}\right)$$

$$S_2 = K\left(1+\frac{z}{100}\right)^2 \text{ und nach n Jahren}$$

$$S_n = K\left(1+\frac{z}{100}\right)^n.$$

Eine Erweiterung der Zinseszins-Rechnung ist die Rentenrechnung, durch welche die Frage beantwortet wird, zu welcher Summe S_n wächst ein Kapital K nach n Jahren an, wenn am Ende eines jeden Jahres auch noch ein Kapital a, das gleichfalls auf Zinseszins angelegt wird, hinzukommt. Von dem Kapital K wissen wir bereits, daß es nach n Jahren angewachsen ist auf den Betrag $K\left(1+\frac{z}{100}\right)^n$.

Da die erste Zahlung a erst am Ende des 1. Jahres eingelegt wird, so steht sie $n-1$ Jahre aus und bringt somit den Betrag von $a\left(1+\frac{z}{100}\right)^{n-1}$, die zweite Zahlung am Ende des 2. Jahres steht $n-2$ Jahre aus und bringt somit den Betrag $a\left(1+\frac{z}{100}\right)^{n-2}$, die drittletzte Zahlung steht nur 2 Jahre aus und bringt den Betrag $a\left(1+\frac{z}{100}\right)^2$, die vorletzte Zahlung steht nur 1 Jahr aus und bringt somit den Betrag $a\left(1+\frac{z}{100}\right)$, und die letzte Zahlung am Ende des n^{ten} Jahres bleibt unverändert a.

Werden nun alle diese einzelnen Beträge zusammengezählt zu einer Summe U, so lautet diese Summe

$$U = a\left(1 + \frac{z}{100}\right)^{n-1} + a\left(1 + \frac{z}{100}\right)^{n-2} + \ldots$$
$$a\left(1 + \frac{z}{100}\right)^{2} + a\left(1 + \frac{z}{100}\right) + a.$$

Da die Klammer $1 + \frac{z}{100}$ immer wieder vorkommt, so werden wir sie ausrechnen und durch eine Zahl ersetzen, die wir q nennen wollen. Die Summe lautet dann

$$U = a \cdot q^{n-1} + a \cdot q^{n-2} \ldots + a \cdot q^2 + a \cdot q + a.$$

Wir sehen, die einzelnen Glieder sind dadurch entstanden, wenn wir von dem letzten Gliede a anfangen, daß das vorhergehende Glied, rückwärts gerechnet, immer mit q multipliziert ist. So ist aus a geworden $a\,q$, und aus $a\,q$ ist $a\,q^2$ geworden und aus dem Gliede $a\,q^{n-2}$ ist geworden $a\,q^{n-2} \cdot q = a\,q^{n-2+1} = a\,q^{n-1}$. Die Anzahl der Glieder aber ist n. Eine solche Reihe aber wird eine geometrische Reihe genannt, und hierfür gilt die Regel, was hier nicht weiter ausgeführt werden soll, daß die Summe $U = \frac{a(q^n - 1)}{q - 1}$ ist. Hierzu muß der Betrag gerechnet werden, zu dem das Kapital nach n Jahren angewachsen war, den wir mit $K\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n$ oder, für $\left(1 + \frac{z}{100}\right)$ wieder q gesetzt, mit $K\,q^n$ vorn kennen gelernt hatten. Der Gesamtbetrag S_n lautet somit

$$S_n = K\,q^n + \frac{a(q^n - 1)}{q - 1}.$$

Hieraus lassen sich die Größen S, K und a berechnen, wenn die übrigen Größen gegeben sind, nur q, in welchem der Zinsfuß z liegt, und n lassen sich auf elementarem Wege nicht berechnen.

Es kann nun aber auch von dem wachsenden Kapital K alljährlich ein Betrag a in Form einer Rente entnommen werden, in welchem Falle die Summe S_n sich verkleinern wird, und die Formel lautet dann $S_n = K q^n - \frac{a (q^n - 1)}{q - 1}$. Dies kann so lange geschehen, bis nichts mehr übrig bleibt und $S_n = 0$ geworden ist. Die Gleichung geht dann über in $0 = K q^n - \frac{a (q^n - 1)}{q - 1}$ und durch Umformung $K q^n = \frac{a (q^n - 1)}{q - 1}$, woraus $K = \frac{a (q^n - 1)}{q^n (q - 1)}$ und $a = \frac{K q^n (q - 1)}{q^n - 1}$.

Am häufigsten wird bei Bauwerken die Frage zu beantworten sein, welches Kapital muß auf Zinseszins angelegt werden, um ein Bauwerk dauernd in einem guten Zustande unterhalten zu können und dann doch noch einen Betrag übrig zu haben, mit welchem das Bauwerk nach einer Reihe von Jahren ganz oder teilweise erneuert werden kann.

Es sei eine Brücke mit einem Bohlenbelag vorhanden, deren Unterhaltung jährlich 150 Mk. kostet, die aber alle 12 Jahr einen Kostenaufwand von 5000 Mk. erfordert, um den Bohlenbelag vollständig erneuern zu können. Der übliche Zinsfuß sei 4 %.

Es ist dann in der Gleichung $S = K q^n - a \frac{(q^n - 1)}{q - 1}$ unbekannt K, und bekannt sind $S = 5000$, $n = 12$, $q = \left(1 + \frac{z}{100}\right) = 1 + 0{,}04 = 1{,}04$ und $a = 150$. Wird durch Umformung die Unbekannte K auf die linke Seite gebracht, so ergibt sich $K = \frac{S + a \frac{(q^n - 1)}{q - 1}}{q^n}$ und hierin die Zahlen eingesetzt $K = \frac{5000 + 150 \cdot \frac{1{,}04^{12} - 1}{1{,}04 - 1}}{1{,}04^{12}}$

$$K = 4530{,}30 \text{ Mark.}$$

Wäre aber kein anderes Kapital vorhanden, so würde nach der Ausführung der Erneuerung alles Geld verbraucht sein. Es muß deshalb noch für ein Kapital gesorgt werden, welches, zu Zinseszins angelegt, immer nach 12 Jahren das Abfindungskapital wiederschafft, und dieses Kapital K_1 finden wir aus der Formel $S_n = K_1 \left(1 + \frac{z}{100}\right)^n$, worin S_n das Abfindungskapital K ist und K_1 gesucht wird. Durch Umformung, und wenn $S_n = K$ gesetzt wird, ergibt sich

$$K_1 = \frac{K}{\left(1 + \frac{z}{100}\right)^n} = \frac{4530,30}{1,04^{12}}$$

$$K_1 = 2829,66 \text{ Mark.}$$

Im ganzen beträgt also das Anlagekapital, oder auch das Ablösungskapital, wenn eine solche Brücke von einem anderen übernommen werden soll,

$$A = K + K_1 = 4530,30 + 2829,66$$

$$A = 7359,96 \text{ Mark.}$$

B. Die Geometrie.

§ 58.

Einleitung.

Wie schon in der Einleitung zur Mathematik gesagt wurde, beschäftigt sich die Geometrie mit den Raumgrößen.

Der Raum ist nach allen Richtungen hin unbegrenzt und somit unendlich.

Ist der Raum begrenzt, so heißt er Körper.

Die den Körper begrenzenden Teile heißen Flächen; die Flächen werden durch Linien, die Linien durch Punkte begrenzt.

Der mathematische Punkt hat keine Ausdehnung. Durch Fortbewegung des Punktes entsteht eine Linie, sie hat nur eine Ausdehnung: die Länge. Durch Fortbewegung der

Linie entsteht die Fläche, sie hat zwei Ausdehnungen: die Länge und Breite. Durch Fortbewegung der Fläche entsteht der Körper, er hat drei Ausdehnungen: Länge, Breite und Höhe.

Bewegt sich der Punkt stets nach derselben Richtung, so ist der zurückgelegte Weg die gerade Linie, bewegt er sich unter stetiger Aenderung seiner Richtung, so beschreibt er eine krumme Linie. Die Anzahl der krummen Linien ist unendlich groß.

Zwischen zwei Punkten lassen sich unendlich viele krumme Linien ziehen, aber nur eine gerade Linie. Die gerade Linie ist der kürzeste Weg zwischen zwei Punkten.

Die Flächen werden eingeteilt in ebene und in krumme Flächen. Fallen sämtliche gerade Linien, die zwischen je zwei Punkten einer Fläche gezogen werden können, in die Fläche, so ist sie eine ebene, alle übrigen Flächen sind krumme.

Von den Winkeln.

§ 59.

Durch einen Punkt können zwar unendlich viele Linien nach verschiedenen Richtungen gezogen werden, aber nur eine einzige Linie in ein und derselben Richtung.

Fig. 33.

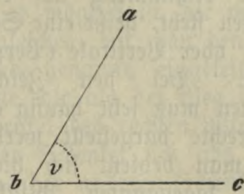
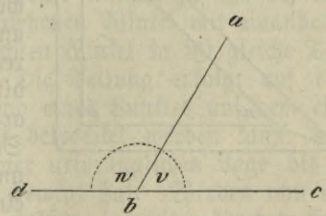


Fig. 34.

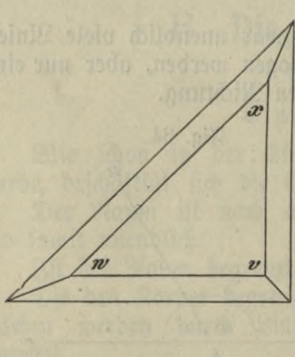


Wenn durch einen Punkt zwei Linien a b und b c (Fig. 33) gezogen sind, so kann man sich die eine Linie a b so weit gedreht denken unter Festhaltung des Punktes b, daß sie mit der Linie bc zusammenfällt. Die Größe dieser Drehung heißt Winkel; sie ist unabhängig von der Länge der den Winkel einschließenden Linien. Diese Linien heißen die Schenkel, der Punkt, in dem die Schenkel zusammentreffen, Scheitel des Winkels.

Die Benennung eines Winkels erfolgt entweder durch Bezeichnung der einschließenden Schenkel mit Buchstaben, wobei der Buchstabe am Scheitel stets in der Mitte stehen muß, also in der Figur Winkel abc, oder durch einen einzigen Buchstaben, den man zwischen die Schenkel des Winkels setzt, also in der Figur Winkel v.

Ist in Figur 34 dbc eine gerade Linie und b der Scheitelpunkt, um den sich die Linie ab drehen läßt, so heißt der Winkel abc ein spitzer, Winkel dba ein stumpfer. Durch eine Drehung der Linie ab nach links wird der Winkel abc größer, der Winkel dba kleiner, und es muß somit eine Lage der Linie ab geben, in der beide Winkel einander gleich werden, sie heißen dann beide rechte Winkel, und man sagt, die Linie ab steht rechtwinklig auf der Linie dc. Die Winkel v und w heißen Nebenwinkel, welche die Eigenschaft haben, daß sie zusammengenommen zwei Rechte betragen. Eine gerade Linie, welche rechtwinklig auf einer anderen steht, heißt eine Senkrechte oder Vertikale (Perpendikel). Bei den Zeichenarbeiten muß sehr häufig eine Senkrechte dargestellt werden, und man bedient sich hierzu eines sogenannten Winkels, meistens in Holz, wie in Fig. 35 dargestellt. Der Winkel bei v ist dann ein Rechter, die Winkel bei w und x in der Fig. 35 sind halbe Rechte.

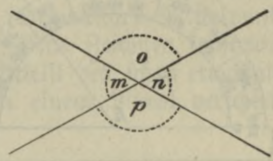
Fig. 35.



§ 60.

Scheitelwinkel (Fig. 36). Verlängert man die Schenkel eines Winkels n über den Scheitel hinaus, so entstehen weitere drei Winkel m, o und p, von denen der Winkel m dem Winkel n gleich ist, und die andern beiden o und p unter sich gleich sind. Je ein Paar dergleichen Winkel heißen Scheitelwinkel.

Fig. 36.



Die Gleichheit der Scheitelwinkel läßt sich leicht beweisen aus dem Satz, daß zwei Nebenwinkel zusammen immer zwei Rechten gleich sind.

$$n + o = 2\,R$$
$$m + o = 2\,R,$$
$$\text{also auch } n + o = m + o,$$

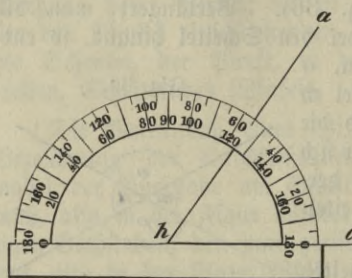
woraus folgt $n = m$.

Auf dieselbe Weise läßt sich beweisen, daß $o = p$ ist.

§ 61.

Winkelmessung. Um eine Einheit zu schaffen, durch die es möglich ist, die verschiedenen Winkel mit einander zu vergleichen, hat man den rechten Winkel in 90 gleiche Teile, Grade genannt, eingeteilt. Die Teilung erfolgt auf einer Linie, die als der Weg irgend eines Punktes auf dem einen Schenkel des rechten Winkels betrachtet werden kann, wenn dieser Schenkel sich aus seiner ursprünglichen Lage bis zur Lage des anderen Schenkels bewegt hat. Werden nun auch zwar diese Teilungen um so größer, je weiter der betreffende sich bewegende Punkt vom Scheitel entfernt lag, so bleibt doch das Drehungsverhältnis stets dasselbe, und ein Winkel von einem Grad (1^0) ist stets $^1/_{90}$ Umdrehung von einem rechten Winkel, $^1/_{180}$ Umdrehung von zwei Rechten, $^1/_{360}$ Umdrehung von vier Rechten, oder einer ganzen Umdrehung. Ein Grad wird wieder in 60 Minuten (′) und eine Miuute in 60 Sekunden (″) eingeteilt.

Fig. 37.



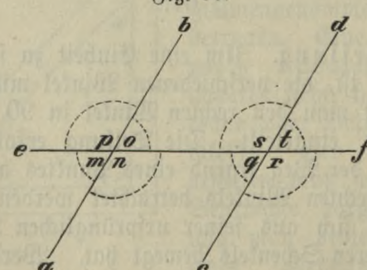
Zum Auftragen der Winkel auf das Papier bedient man sich eines aus Messing oder Horn ausgeschnittenen, in Grade eingeteilten Halbkreises, Transporteur genannt, wie ein solcher in Fig. 37 dargestellt ist. Die doppelte Einteilung des Bogens dient dazu, die Winkel sowohl von rechts nach links, als von links nach rechts auftragen zu können.

§ 62.

Parallellinien. Linien, welche überall dieselbe Richtung haben, heißen Parallellinien; ihr senkrechter Abstand ist überall gleich.

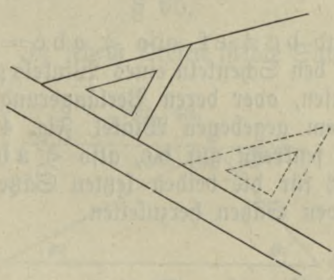
Werden zwei parallele Linien durch ein dritte gerade

Fig. 38.



Linie geschnitten, so sind an den Schnittpunkten die Winkel gleicher Lage stets gleich. In Fig. 38 seien a b und c d parallel und von e f geschnitten, so sind die Winkel o und t, s und p, m und q, n und r paarweise gleich, und ist einer der Winkel bekannt, so sind alle übrigen auch bekannt. Es wird somit leicht sein, mittelst des Transporteurs parallele Linien zu konstruieren; man braucht denselben nur auf einer geraden Linie zu verschieben und an jeder Stelle denselben Winkel abzutragen, so ergeben die Verbindungslinien zwischen den markierten Punkten und dem jedesmaligen Mittelpunkte des Transporteurs Parallellinien. Beim Zeichnen konstruiert man die parallelen Linien leichter mittelst des schon erwähnten Winkels, indem man denselben an einem Lineal verschiebt, wie in Fig. 39 dies gezeigt ist.

Fig. 39.



Aus der Gleichheit der entsprechenden Winkel an zwei parallelen, durch eine dritte Linie geschnittenen Linien ergeben sich folgende wichtige Beziehungen: Zwei Winkel, welche auf derselben Seite der die Parallellinien schneidenden Linien und zwischen den Parallellinien liegen, heißen innere Gegenwinkel und sind zusammen gleich zwei Rechten. In der Fig. 38 die Winkel o und s, und n und q. Die Winkel p und t und m und r sind äußere Gegenwinkel, die zusammen gleichfalls gleich zwei Rechten sind. Solche Winkel, deren Summe gleich zwei Rechten ist, heißen Supplementwinkel.

Winkel, welche auf entgegengesetzten Seiten der schneidenden Linien liegen und innerhalb der Parallellinien, heißen innere Wechselwinkel, in der Fig. 38 in Winkel s und n und o und q, und sind einander gleich. Dasselbe gilt von den äußeren Wechselwinkeln m und t uud p und r.

Sind die Schenkel zweier Winkel parallel, so sind die eingeschlossenen Winkel gleich, Fig. 40 ist Schenkel a b ǂ

Fig. 40.

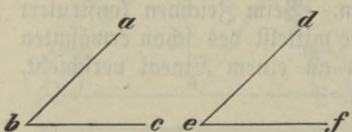
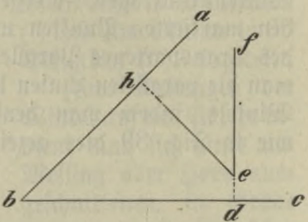


Fig. 41.



(parallel) d e und b c ǂ e f, also $\sphericalangle$ a b c = d e f. Stehen zwei Linien auf den Schenkeln eines Winkels senkrecht, so ist der von den Linien, oder deren Verlängerung eingeschlossene Winkel gleich dem gegebenen Winkel, Fig. 41 e h senkrecht auf a b und d f senkrecht auf b c, also $\sphericalangle$ a b c = h e f.

Der Beweis für die beiden letzten Sätze ist leicht aus den vorhergehenden Sätzen herzuleiten.

Von den Dreiecken.

§ 63.

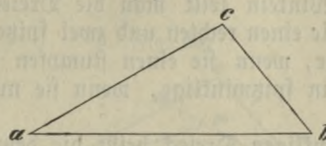
Ein Dreieck ist eine ebene Figur, bestehend aus drei Seiten und drei Winkeln. Sind die Seiten einander gleich, so heißt das Dreieck gleichseitig. Sind nur zwei Seiten gleich, so heißt es gleichschenklig, die dritte Seite heißt die Basis oder Grundlinie, der ihr gegenüber liegende Winkel die Spitze. Ein Dreieck, dessen Seiten alle ungleich sind, heißt ungleichseitig.

§ 64.

Lehrsatz. In jedem Dreieck ist die Summe zweier Seiten größer als die dritte.

In Fig. 42 sollen $ac + cb > ab$ sein.

Fig. 42.



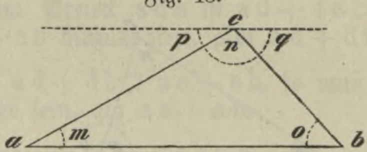
Der Beweis folgt aus dem Satze, daß zwischen zwei Punkten die gerade Linie die kürzeste ist.

Folgerung. In einem gleichschenkligen Dreieck ist jeder Schenkel größer, als die Hälfte der Basis.

§ 65.

Lehrsatz. In jedem Dreieck ist die Summe der Winkel $= 2R$ (Fig. 43).

Fig. 43.



Behauptung. $\sphericalangle m + n + o = 2R$.

Beweis. Denkt man sich durch c eine Linie parallel zu ab gezogen, so sind die Winkel $p + n + q = 2R$. Da nun $\sphericalangle q = o$ und $p = m$ als Wechselwinkel, so ist auch $m + n + o = 2R$.

Folgerung 1. Die Summe zweier Winkel eines Dreiecks ist kleiner als $2R$ und zwar um den dritten Winkel.

Folgerung 2. Wenn in zwei Dreiecken je zwei Winkel gleich sind, so müssen auch die dritten Winkel gleich sein.

Folgerung 3. In einem Dreieck kann immer nur ein rechter oder ein stumpfer Winkel vorhanden sein, die anderen beiden müssen dann spitze Winkel sein.

§ 66.

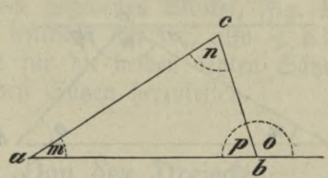
Nach den Winkeln teilt man die Dreiecke ein in rechtwinklige, wenn sie einen rechten und zwei spitze Winkel haben; in stumpfwinklige, wenn sie einen stumpfen und zwei spitze Winkel haben; in spitzwinklige, wenn sie nur spitze Winkel haben.

Im rechtwinkligen Dreieck heißt die dem rechten Winkel gegenüber liegende Seite die Hypotenuse, die beiden anderen Seiten heißen die Katheten.

§ 67.

Lehrsatz. Der Außenwinkel eines Dreiecks ist gleich der Summe derjenigen beiden Innenwinkel, die nicht sein Nebenwinkel sind. (Fig. 44.)

Fig. 44.



Behauptung. $\sphericalangle o = \sphericalangle m + n$.

Beweis. $\sphericalangle p + o = 2R$

$$m + n + p = 2R$$

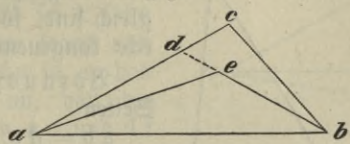
folglich $\sphericalangle m + n + p = p + o$

und auf beiden Seiten $\sphericalangle p$ abgezogen gibt $\sphericalangle m + n = o$.

§ 68.

Lehrsatz. Verbindet man einen Punkt innerhalb eines Dreiecks mit den Endpunkten einer Seite, so ist die Summe dieser Verbindungslinien kleiner, als die Summe der beiden anderen Seiten, der von letzteren eingeschlossene Winkel aber ist kleiner, als der Winkel zwischen den Verbindungslinien. (Fig. 45.)

Fig. 45.



Behauptung 1. $ac + cb > ae + eb$.

Beweis. Verlängert man be über e hinaus bis d, so sind in dem Dreieck bcd die Seiten $bc + dc > db$. Wird auf beiden Seiten da hinzuaddiert, so ist

$$bc + cd + da > db + da \text{ oder } bc + ac > db + da.$$

Ferner im Dreieck ade ist $ad + de > ae$ und auf beiden Seiten eb hinzuaddiert, gibt $ad + db > ae + eb$.

Ist aber $ad + db > ae + eb$, so muß $ac + cb$ um so mehr größer sein, als $ae + eb$.

Behauptung 2. $\sphericalangle aeb > acb$.

Beweis. $\sphericalangle aeb > ade$ als Außenwinkel des Dreiecks aed.

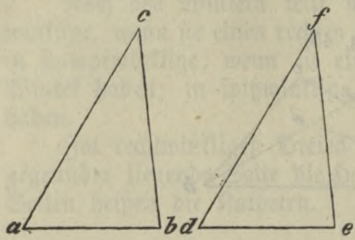
Ferner $\sphericalangle ade > acb$ aus demselben Grunde, folglich um so mehr $\sphericalangle aeb > acb$.

Die Kongruenz der Dreiecke.

§ 69.

Raumgrößen sind kongruent, wenn man sie so ineinander legen kann, daß sie sich vollkommen decken und in eine einzige Größe zusammenfallen. Das Zeichen der Kongruenz ist $\cong$.

Fig. 46.



Lehrsatz. (Erster Kongruenzsatz.) Wenn in zwei Dreiecken zwei Seiten und der eingeschlossene Winkel gleich sind, so sind die Dreiecke kongruent. (Fig. 46.)

Voraussetzung. Die Seiten

$$ab = de, \; ac = df$$

und $\sphericalangle cab = fde$.

Behauptung. Dreieck

$$abc \cong def.$$

Beweis. Man lege den Winkel cab so auf $\sphericalangle fde$, daß Punkt a auf d fällt, die Linie ab auf de und ac auf df. Aus der Gleichheit der Schenkel folgt, daß Punkt b auf e und Punkt c auf f fallen muß. Da aber zwischen zwei Punkten nur eine gerade Linie möglich ist, so muß auch die Linie bc mit ef zusammenfallen. Es decken sich somit alle Teile vollständig, und die Dreiecke sind kongruent.

In kongruenten Dreiecken sind diejenigen Seiten, welche gleichen Winkeln, und diejenigen Winkel, welche gleichen Seiten gegenüber liegen, gleich. Man nennt solche gleich liegenden Stücke homologe Stücke.

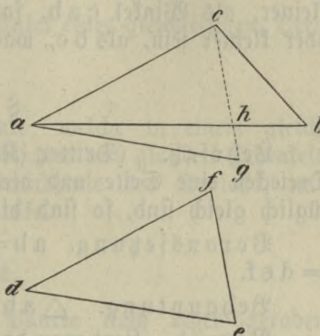
§ 70.

Lehrsatz. Wenn in zwei Dreiecken zwei Seiten bezüglich gleich sind, die eingeschlossenen Winkel aber ungleich, so sind auch die Gegenseiten dieser Winkel ungleich, und zwar liegt dem größeren Winkel auch die größere Seite gegenüber. (Fig. 47.)

Voraussetzung. Seite $ac = df$ und $cb = fe$, $\sphericalangle acb > dfe$.

Behauptung. Seite $ab > de$.

Fig. 47.



Da Winkel $dfe < acb$, so muß entweder $\sphericalangle fde$ größer sein als cab oder $\sphericalangle fed > cba$, oder beides gleichzeitig. Es sei $\sphericalangle fde > cab$. Man trage nun das Dreieck dfe so an das Dreieck acb an, daß die gleichen Seiten ac und df aufeinander zu liegen kommen, und zwar Punkt d auf a und Punkt f auf c, so muß die Linie de außerhalb des Dreiecks acb zu liegen kommen, die Linie fe zwischen die Schenkel ac und cb und das ganze Dreieck dfe wird die Lage acg haben, und die Linie cg wird die Linie ab in h schneiden.

Es ist nun $ah + hg > ag$
$\quad ch + hb > cb.$

Durch Addition $ah + hb + ch + hg > ag + cb$.

Es ist aber $ah + hb = ab$, $ch + hg = cg$ und $cg = cb$ somit $ab + cg > ag + cb$.

Auf beiden Seiten $cg = cb$ subtrahiert, gibt $ab > ag$ und da $ag = de$, so ist $ab > de$, was behauptet wurde.

§ 71.

Lehrsatz. (Zweiter Kongruenzsatz.) Wenn in zwei Dreiecken die drei Seiten bezüglich gleich sind, so sind die Dreiecke kongruent. (Fig. 46.)

Voraussetzung. $ac = df$, $ab = de$, $bc = ef$.

Behauptung. $\triangle abc \cong def$.

Beweis. Da nach § 69 zwei Dreiecke $\cong$ sind, wenn zwei Seiten und der eingeschlossene Winkel gleich sind, so braucht nur nachgewiesen zu werden, daß ein Winkel, etwa der Winkel c a b gleich dem gleichliegenden Winkel f d e ist. Die Winkel sind aber gleich, denn wäre Winkel f d e größer oder kleiner, als Winkel c a b, so müßte auch Seite e f größer oder kleiner sein, als b c, was der Voraussetzung widerspricht.

§ 72.

Lehrsatz. (Dritter Kongruenzsatz.) Wenn in zwei Dreiecken eine Seite und die beiden anliegenden Winkel bezüglich gleich sind, so sind die Dreiecke kongruent (Fig. 46).

Voraussetzung. a b = d e, ∢ c a b = f d e, ∢ a b c = d e f.

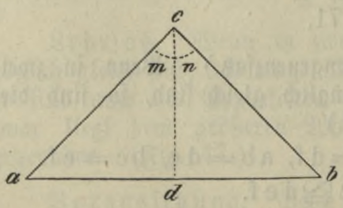
Behauptung. △ a b c ≌ d e f.

Beweis. Legt man das Dreieck a b c so auf das Dreieck d e f, daß die Seite a b auf d e trifft und der ∢ c a b auf f d e, ∢ a b c auf d e f, so fallen die Linien a c und d f beziehungsweise b c und e f auch aufeinander, und da zwei Linien sich nur in einem Punkte schneiden können, so müssen auch die Schnittpunkte c und f zusammenfallen. Beide Dreiecke decken sich somit in allen ihren Teilen.

§ 73.

Lehrsatz. In einem gleichschenkligen Dreieck sind die Basiswinkel gleich (Fig. 48).

Fig. 48.



Voraussetzungen. a c = b c.

Behauptung. ∢ c a b = a b c.

Beweis. Denkt man sich den Winkel a c b durch die Linie c d halbiert, so sind in den Dreiecken a c d und c d b die Seiten a c = c b, c d = c d und ∢ m = n, folglich die Dreiecke nach § 68 kongruent und ∢ c a d = d b c.

Folgerung 1. In einem gleichseitigen Dreieck sind alle Winkel einander gleich.

Folgerung 2. Jeder Winkel eines gleichseitigen Dreiecks ist $= \frac{2}{3}$ R.

Folgerung 3. Die Linie, welche in einem gleichschenkligen Dreieck den Winkel zwischen den gleichen Schenkeln halbiert, halbiert auch die Grundlinie des Dreiecks, und bildet mit dieser zwei rechte Winkel.

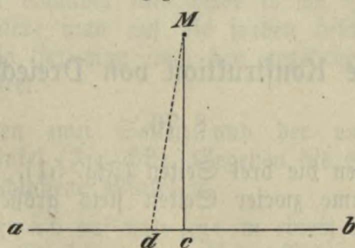
§ 74.

Lehrsatz. Von einem Punkte nach einer geraden Linie kann nur eine Senkrechte gefällt werden. Sie ist der kürzeste Weg von diesem Punkte nach der geraden Linie und bezeichnet die Entfernung des Punktes von der Linie (Fig. 49).

Behauptung. Die Linie M c ist die einzig mögliche Senkrechte auf die Linie a b.

Beweis. Wäre noch eine Senkrechte M d möglich, so würde ein Dreieck M d c entstehen mit zwei rechten Winkeln, was nicht möglich ist.

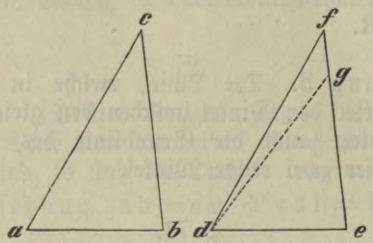
Fig. 49.



§ 75.

Lehrsatz. (Vierter Kongruenzsatz.) Wenn in zwei Dreiecken zwei Seiten und der der größeren Seite gegenüber-liegende Winkel bezüglich gleich sind, so sind die Dreiecke kongruent (Fig. 50).

Fig. 50.



Voraussetzung. ac = df, ab = de, ∢ abc = def, ac > ab, df > de.

Behauptung. △ abc ≌ def.

Beweis. Wenn bewiesen werden kann, daß auch die Linie bc = ef, so ist die Kongruenz der Dreiecke bewiesen. Wäre bc < ef etwa = eg, so müßte die Seite dg = ac = df sein. Das Dreieck dgf wäre somit ein gleichschenkliges und ∢ dgf = dfg und größer als ∢ def, was der Voraussetzung widerspricht.

Die Konstruktion von Dreiecken.

§ 76.

1. Gegeben die drei Seiten (Fig. 51). Bedingung ist, daß die Summe zweier Seiten stets größer ist, als die dritte Seite.

Man trage eine der Seiten, etwa ab auf, so sind a und b zwei Winkelpunkte und es bleibt nur noch der dritte zu bestimmen. Man schlage zu dem Zwecke von a aus mit der Länge ac einen Kreisbogen und von b aus einen solchen mit dem Radius bc, so ist der Schnittpunkt beider Kreise bei c der dritte Winkelpunkt, der durch zwei gerade Linien mit a und b zu verbinden ist.

Wie das Dreieck abc hier über der Linie ab konstruiert ist, so läßt sich ein gleiches Dreieck auch unter der Linie ab konstruieren.

Fig. 51.

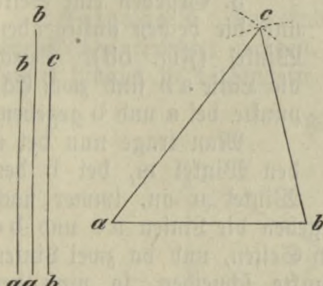
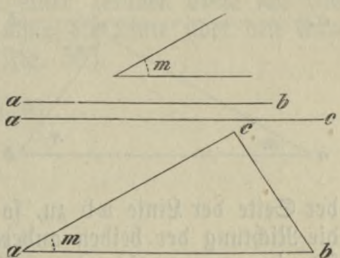


Fig. 52.



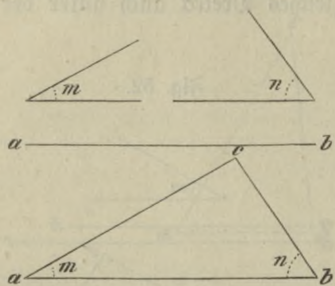
Durch diese Konstruktion ist auch das Mittel gegeben, einen gegebenen Winkel zu übertragen, ohne sich des Transporteurs zu bedienen. Auf dem Schenkel des Winkels schneide man beliebige Stücke ab, verbinde die betreffenden Endpunkte mit einander und bilde so ein Dreieck. Dieses Dreieck konstruiere man auf die soeben beschriebene Weise noch einmal, so hat man auch den gegebenen Winkel noch einmal konstruiert.

2. Gegeben zwei Seiten und der von ihnen eingeschlossene Winkel (Fig. 52). Gegeben die Seiten ab, ac und der eingeschlossene Winkel m.

Man trage ab auf und lege an einem der Endpunkte, etwa an a den Winkel m an, auf der Richtung des zweiten Schenkels trage man jetzt die Länge der zweiten gegebenen Linie ab, sie reiche bis c, so ist c der dritte Eckpunkt, der nun noch mit dem anderen Eckpunkt b durch eine gerade Linie zu verbinden bleibt.

Auch hier lassen sich mehrere Dreiecke konstruieren, je nachdem man die Auftragungen oberhalb oder unterhalb der Linie bewirkt, und den Winkel bei a oder bei b anträgt. Sämtliche Dreiecke sind aber unter sich kongruent.

Fig. 53.



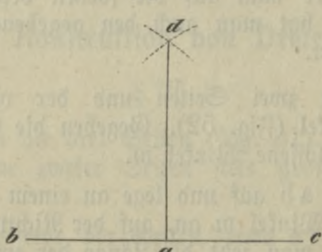
3. Gegeben eine Seite und die beiden anliegenden Winkel (Fig. 53). Durch die Linie a b sind zwei Eckpunkte bei a und b gegeben.

Man trage nun bei a den Winkel m, bei b den Winkel n an, immer nach der Seite der Linie a b zu, so geben die Linien a c und b c die Richtung der beiden anderen Seiten, und da zwei Linien sich immer nur in einem Punkte schneiden, so muß der Schnittpunkt c der dritte Eckpunkt des Dreiecks sein.

§ 77.

Aufgabe 1. In einem Punkte a einer geraden Linie eine Senkrechte zu errichten (Fig. 54).

Fig. 54.

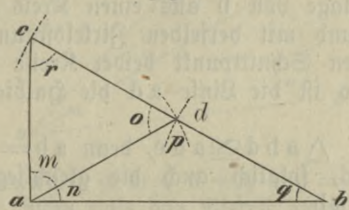


Auflösung. Man trage vom Punkte a aus auf der gegebenen Linie die beiden gleichen Stücke a b und a c ab, schlage von b und von c aus mit beliebiger Zirkelöffnung, aber jedenfalls größer als $\frac{bc}{2}$, Kreisbogen und verbinde den Schnittpunkt d mit a, so ist a d die verlangte Senkrechte.

Beweis. Zieht man die Linien b d und c d, so ist der Beweis leicht aus der Kongruenz der Dreiecke b a d und a c d herzuleiten. Das Dreieck b c d ist gleichschenklig.

Aufgabe 2. Am Ende einer geraden Linie soll eine Senkrechte errichtet werden, ohne die Linie über den Endpunkt hinaus zu verlängern (Fig. 55).

Fig. 55.



Auflösung. Man konstruiere über einem beliebigen Stück der gegebenen Linie, etwa a b, ein gleichschenkliges Dreieck a b d, verlängere b d über d hinaus und mache d c = a d, so ist c a die gesuchte Senkrechte.

Beweis. $\sphericalangle o = n + q$ und da $n = q$, $o = 2n$, $n = \frac{o}{2}$.

$\sphericalangle p = m + r$ und da $m = r$, $p = 2m$, $m = \frac{p}{2}$,

$$\sphericalangle \frac{o+p}{2} = R,$$

$$\sphericalangle \frac{o+p}{2} = m + n,$$

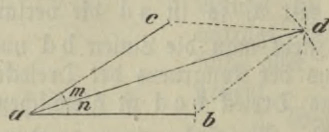
$$\overline{}$$

$$m + n = R.$$

und somit a d die verlangte Senkrechte.

Aufgabe 3. Einen gegebenen Winkel zu halbieren (Fig. 56).

Fig. 56.



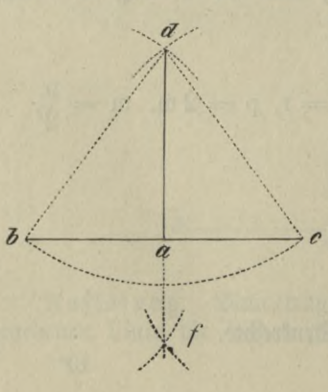
Auflösung. Gegeben der Winkel c a b, er soll halbiert werden.

Man trage auf den Schenkeln die gleichen Stücke a c = a b ab, schlage von b aus einen Kreis mit beliebiger Zirkelöffnung und mit derselben Zirkelöffnung einen Kreis von c aus, den Schnittpunkt beider Kreise in d verbinde man mit a, so ist die Linie a d die Halbierungslinie des $\sphericalangle$ c a b.

Beweis. $\triangle abd \cong adc$, denn $ab = ac$, $cd = bd$ und $ad = ad$, folglich auch die gleichliegenden Winkel $m = n = \sphericalangle \frac{cab}{2}$.

Aufgabe 4. Von einem gegebenen Punkte d, welcher außerhalb einer gegebenen Linie b c liegt, eine Senkrechte auf dieselbe zu fällen (Fig. 57).

Fig. 57.



Auflösung. Vom Mittelpunkt d aus schlage man einen Kreis mit beliebiger Zirkelöffnung, der die Linie in b und c schneidet. Dann schlage man von b aus einen Kreisbogen und mit derselben Zirkelöffnung einen solchen von c aus und verbinde den Schnittpunkt beider Kreise f mit d, so ist d a die gesuchte Senkrechte.

Beweis. Man ziehe die Hülfslinien d b und d c, so ergibt sich der Beweis leicht unter Zuhülfenahme der Lösung der Aufgabe 3.

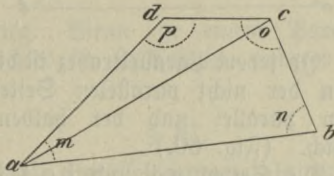
Von dem Viereck.

§ 78.

Erklärung. Ein Viereck ist eine von vier Seiten eingeschlossene ebene Figur. Die Zahl der Winkel beträgt vier.

Lehrsatz. Die vier Winkel eines Vierecks betragen zusammengenommen vier Rechte (Fig. 58).

Fig. 58.



Behauptung. $\sphericalangle m + n + o + p = 4 R.$

Beweis. Man teile das Viereck durch eine Diagonale (Verbindungslinie zweier Eckpunkte) in zwei Dreiecke, so ist die Summe der Winkel in jedem Dreieck gleich 2 Rechten, also die Summe der Winkel der beiden Dreiecke gleich 4 Rechten. Da aber die 6 Winkel der beiden Dreiecke zusammen die vier Winkel des Vierecks ausmachen, so ist die Summe der 4 Winkel des Vierecks auch gleich 4 Rechten.

§ 79.

Erklärung. 1. Sind je zwei Seiten in einem Viereck parallel, so heißt das Viereck ein Parallelogramm (Fig. 59).

Fig. 59.

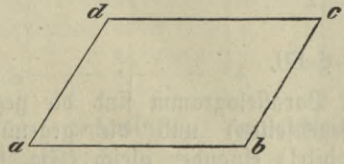
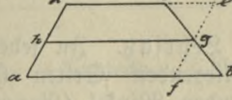


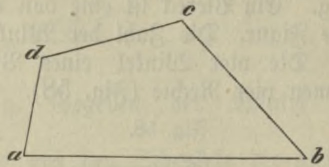
Fig. 60.



2. Sind nur zwei Seiten parallel, so heißt die Figur ein Trapez (Fig. 60). a b parallel ($\#$) d c.

3. Ein Vierseit, in dem keine parallelen Seiten vorhanden sind, heißt ein Trapezoid (Fig. 61).

Fig. 61.



Lehrsatz. In jedem Paralleltrapez ist die Verbindungslinie der Mitten der nicht parallelen Seiten (Mittellinie) den Grundlinien parallel und der halben Summe der Grundlinien gleich. (Fig. 60.)

Beweis. Die Seiten a d und b c seien in h und g halbiert und g mit h verbunden, so ist g h die Mittellinie. Wird durch g eine Parallele gezogen zu a d, welche die verlängerte d c in e schneidet, so ist $ceg \cong bfg$ (dritter Kongruenzsatz) und $fg = ge = \frac{ad}{2} = ah$. Somit a h g f ein Parallelogramm, $hg \# af \# ab \# dc$.

Ferner $hg = af = de$,

$hg = dc + ce$,

$hg = ab - fb$,

und bei der Addition, da $ce = fb$ ist,

$$2hg = dc + ab,$$

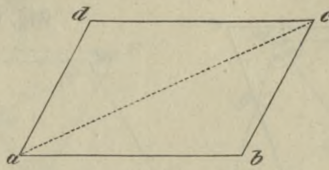
$$hg = \frac{dc + ab}{2}.$$

§ 80.

Lehrsatz. In jedem Parallelogramm sind die gegenüberliegenden Seiten (Gegenseiten) und die gegenüberliegenden Winkel (Gegenwinkel) einander gleich (Fig. 62).

Zieht man eine Diagonale, so läßt sich der Beweis leicht führen, wenn man die Sätze von den Parallelen, die durch eine Linie geschnitten werden, zu Hülfe nimmt.

Fig. 62.



Folgerung. Wenn in einem Parallelogramm ein Winkel ein Rechter ist, so sind die anderen drei auch rechte Winkel.

§ 81.

Man teilt die Parallelogramme ein nach den Winkeln: in rechtwinklige und schiefwinklige; nach den Seiten: in gleichseitige und ungleichseitige. Unter gleichseitigen Parallelogrammen versteht man solche, bei denen alle Seiten gleich sind, unter ungleichseitigen solche, bei denen nur paarweise die Gegenseiten gleich sind.

Aus diesen Unterschieden ergeben sich folgende Arten:

rechtwinklig gleichseitige (Quadrate) (Fig. 63);

Fig. 63.

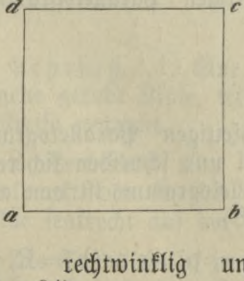
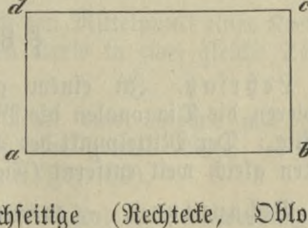


Fig. 64.



rechtwinklig ungleichseitige (Rechtecke, Oblonge) (Fig. 64);

schiefwinklig gleichseitige (Rhomben, Rauten) (Fig. 65);

schiefwinklig ungleichseitige (Rhomboiden) (Fig. 66).

Fig. 65.

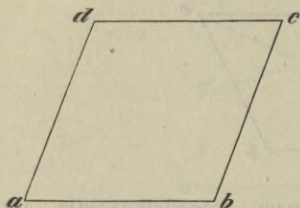


Fig. 66.

§ 82.

Lehrsatz. Die Diagonalen eines Parallelogramms halbieren sich gegenseitig (Fig. 67).

Behauptung. $ae = ec$ und $be = ed$.

Beweis. $\triangle abe \cong dec$ und somit die gleichliegenden Stücke $eb = de$ und $ae = ec$.

Erklärung. Der Schnittpunkt der Diagonalen heißt Mittelpunkt des Parallelogramms.

§ 83.

Lehrsatz. In den rechtwinkligen Parallelogrammen sind die beiden Diagonalen gleich.

§ 84.

Lehrsatz. In einem gleichseitigen Parallelogramm halbieren die Diagonalen die Winkel und schneiden sich rechtwinklig. Der Mittelpunkt des Parallelogramms ist von allen Seiten gleich weit entfernt (Fig. 68).

Behauptung. $\sphericalangle m = n$, $o = p$, $\sphericalangle aeb = R$, $ef = eh = eg = ei$.

Der Beweis läßt sich leicht aus der Kongruenz der gleichschenkligen Dreiecke führen, die durch die Diagonalen entstanden sind.

Fig. 67.

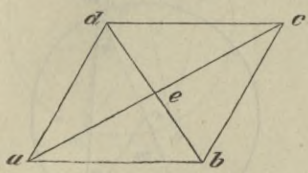
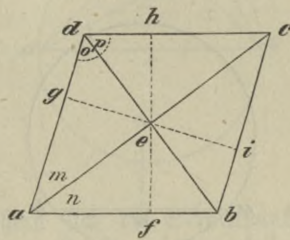


Fig. 68.



Vom Kreise.

§ 85.

Erklärung. 1. Der Kreis ist eine ebene Figur, deren Begrenzungslinie (Peripherie) überall von einem innerhalb des Kreises liegenden Punkte, dem Mittelpunkte, gleich weit entfernt liegt.

2. Eine gerade Linie, welche zwei Punkte der Peripherie verbindet, heißt Sehne.

§ 86.

Lehrsatz. 1. Eine durch den Mittelpunkt eines Kreises gezogene gerade Linie, teilt den Kreis in zwei gleiche Teile, Halbkreise genannt.

2. Verbindet man die Mitte einer Sehne mit dem Mittelpunkt des Kreises durch eine gerade Linie, so steht dieselbe senkrecht auf der Sehne (Fig. 69).

Die Sehne a b sei in d halbiert und d mit c verbunden, so steht c d senkrecht auf a b.

§ 87.

Erklärung. Wenn man von dem Mittelpunkt eines Kreises c (Fig. 70) nach zwei Punkten der Peripherie a und b

Fig. 69.

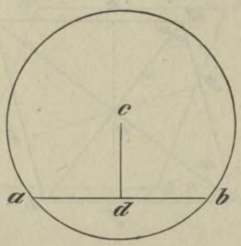
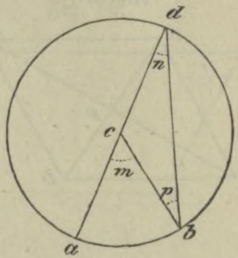


Fig. 70.



die Radien c a und c b zieht, so heißt der eingeschlossene Winkel Centriwinkel. Zieht man von demselben Punkte a und b gerade Linien nach einem anderen Punkte d der Peripherie, welcher nicht auf dem Bogen a b liegt, so heißt der eingeschlossene Winkel a d b Peripheriewinkel.

§ 88.

Lehrsatz. Der Centriwinkel ist immer doppelt so groß, als der Peripheriewinkel, der mit ihm auf demselben Bogen steht (Fig. 70).

Behauptung. Der Centriwinkel a c b doppelt so groß, als der Peripheriewinkel a d b.

Beweis. $\sphericalangle$ m als Außenwinkel des Dreiecks c d b gleich $\sphericalangle$ $n + p$ und da $n = p$, so ist $m = 2n$.

Zusatz. 1. Alle Peripheriewinkel auf demselben Bogen sind gleich (Fig. 71). $\sphericalangle$ $adb = aeb$.

2. Die Peripheriewinkel, welche auf einem Durchmesser stehen, sind Rechte (Fig. 72). $\sphericalangle$ $adb = aeb = R$.

§ 89.

Erklärung. Jede Sehne schneidet den Kreis in zwei Punkten. Entfernt sich die Sehne immer mehr von dem

Fig. 71.

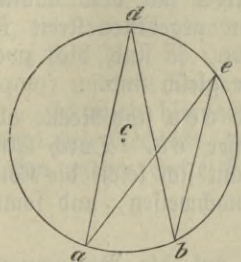
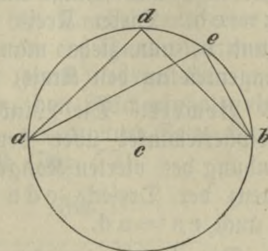


Fig. 72.



Mittelpunkte des Kreises, so nähern sich die Schnittpunkte einander, bis sie endlich in einen Punkt zusammenfallen. Dieser Punkt wird dann zu einem Berührungspunkt des Kreises, und die den Kreis berührende Linie heißt Tangente an den Kreis.

§ 90.

Lehrsatz. Eine Senkrechte am Endpunkt eines Radius errichtet, ist eine Tagente (Fig. 73).

Die im Endpunkte des Radius c d errichtete Linie a b ist eine Tangente zum Kreise mit dem Mittelpunkte c.

Umkehrung. Der nach dem Berührungspunkte einer Tangente gezogene Radius steht senkrecht auf der Tangente.

Aufgabe. Von einem Punkte a aus außerhalb des Kreises um c (Fig. 74) eine Tangente an den Kreis zu legen.

Fig. 73.

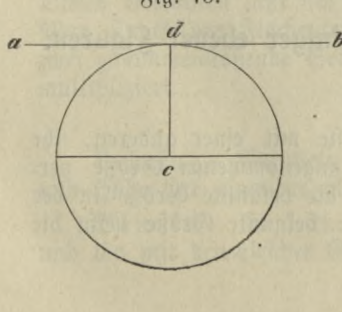
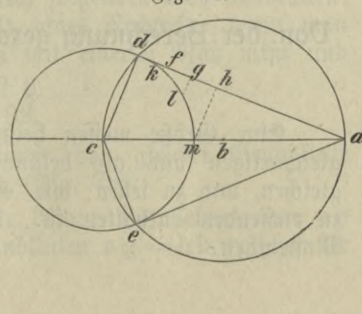


Fig. 74.



Auflösung. Man verbinde a mit c, halbiere die Linie in b und schlage um b einen Kreis mit dem Radius $ba = cb$. Dieser Kreis schneidet den gegebenen Kreis in d und e, nun ziehe man ad und ae, so sind dies zwei Tangenten an den Kreis, die einander gleich sind.

Beweis. Die Winkel cda und cea sind Rechte als Peripheriewinkel über dem Durchmesser ca. Durch Anwendung des vierten Kongruenzsatzes läßt sich leicht die Kongruenz der Dreiecke cda und cae nachweisen, und somit ist auch $ea = ad$.

Die Berechnung der Tangenten und die Bestimmung der Tangentenpunkte ist häufig beim Abstecken der Linien notwendig, worüber in dem Abschnitt über den Entwurf und den Bau der Chausseen nähere Angaben gemacht werden sollen. Wenn nämlich ein Weg seine Richtung ändert, so werden die beiden Richtungen durch einen Kreisbogen vermittelt, und die Absteckung dieses Kreisbogens erfolgt dann, wenigstens nach einer Methode, von den Tangenten aus, indem man von den Tangentenpunkten, in der Figur d und e, gleiche Stücke abmißt, etwa $df = fg = gh$, Abscissen genannt, und in den Punkten f g h Senkrechte fk, gl und hm, Ordinaten genannt, errichtet, deren Endpunkte k, l, m Punkte des Kreises sind. Da es zu diesen Absteckungen Tabellen gibt, in denen die Ordinaten für bestimmte Abscissen ausgerechnet sind, wenn der Tangentenwinkel dae und der Radius des Kreises gegeben sind, so soll hier nicht weiter auf das Verfahren eingegangen werden.

Von der Berechnung geradliniger ebener Figuren.

§ 91.

Eine Größe messen heißt sie mit einer anderen, ihr gleichartigen und als bekannt angenommenen Größe vergleichen, und zu sehen, wie oft die bekannte Größe in der zu messenden enthalten ist. Die bekannte Größe heißt die Maßeinheit.

Für die Ausmessung von Flächen nimmt man allgemein das Quadrat an, dessen Seite eine Einheit des Längenmaßes ist, wie das Quadratmeter (qm), das Quadratcentimeter 2c.

In Fig. 75 und Fig. 76 ist ein Quadratcentimeter (qcm) und ein Quadratmillimeter (qmm) dargestellt.

Es wird hiernach leicht sein, den Flächeninhalt eines länglichen Rechtecks zu berechnen, dessen eine Seite 3 und dessen andere Seite 4 cm lang ist (Fig. 77).

Fig. 77.

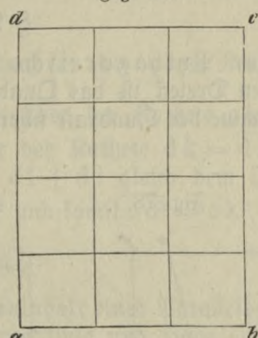


Fig. 75.

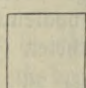


Fig. 76.

Es lassen sich dann auf der Grundlinie a b drei solcher Quadrate nebeneinander stellen, und in der Richtung der Höhe vier. Die drei Quadrate der Grundlinie lassen sich somit 4mal wiederholen, und um das ganze Rechteck mit Quadraten anzufüllen, müssen $3 \cdot 4 = 12$ gezeichnet werden. Dieses Verfahren läßt sich durch folgenden Satz ausdrücken: Man findet den Flächeninhalt eines Rechtecks, wenn man zwei zusammenstoßende Seiten mit einerlei Maß mißt und multipliziert.

§ 92.

Lehrsatz. Parallelogramme von gleicher Grundlinie und Höhe sind einander gleich (Fig. 78).

Beweis. Es seien die beiden Parallelogramme a e und h c mit den gleichen Grundlinien a g = h b zwischen die parallelen Linien dc und ab gelegt, so ist das Trapez ahfd $\cong$ egbc, weil alle Winkel und Seiten der Reihe nach gleich sind. Zieht man nun das beiden gemeinsame Trapez ghfe ab, so bleiben die beiden gleichen Parallelogramme ae und hc übrig.

Zusatz. 1. Ein Dreieck ist die Hälfte eines Parallelogramms, welches mit ihm gleiche Grundlinie und Höhe hat.

2. Dreiecke von gleicher Grundlinie und Höhe sind einander gleich.

§ 93.

Der Pythagoreische Lehrsatz. In einem rechtwinkligen Dreieck ist das Quadrat über der Hypotenuse gleich der Summe der Quadrate über den beiden Katheten (Fig 79).

Fig. 78.

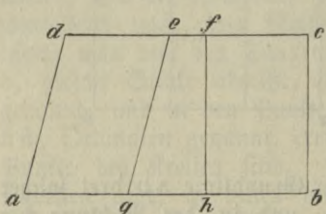
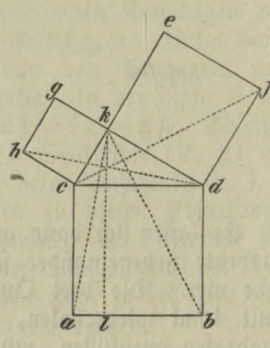


Fig. 79.



Voraussetzung. $\sphericalangle\, ckd = R.$

Behauptung. $\overline{cd}^2 = \overline{ck}^2 + \overline{kd}^2.$

Beweis. Man ziehe ka, kb und senkrecht zu cd die Linie kl, ferner ziehe man die Linie fc und hd. So ist:

$\triangle\, hcd = \frac{1}{2} hk$, denn beide haben dieselbe Grundlinie hc und liegen zwischen den Parallelen hc und gd

$\triangle\, ack = \frac{1}{2} cl$ aus demselben Grunde und da $\triangle$ h c d $\cong$ a c k (zwei Seiten und der eingeschlossene Winkel), so ist auch $\frac{1}{2}$ h k $= \frac{1}{2}$ c l und das Quadrat h k $=$ dem Rechteck c l.

Ferner $\triangle$ c d f $= \frac{1}{2}$ d e

$\triangle$ d b k $= \frac{1}{2}$ d l

und da $\triangle$ c d f $\cong$ d b k,

so ist auch

$\frac{1}{2}$ d e $= \frac{1}{2}$ d l und das Quadrat d e $=$ dem Rechteck d l.

h k ist aber das Quadrat über der Kathete c k $= \overline{c\,k}^2$ und d e ist das Quadrat über der Kathete d k $= \overline{d\,k}^2$.

Ferner sind die Rechtecke c l $+$ d l gleich dem Quadrat über der Hypotenuse c d $= \overline{c\,d}^2$ und somit $\overline{c\,d}^2 = \overline{c\,k}^2 + \overline{k\,d}_2$.

§ 94.

Lehrsatz. 1. Der Flächeninhalt eines Parallelogramms ist gleich dem Produkt aus Grundlinie und Höhe (Fig. 80). Fläche a b c d $=$ g $\cdot$ h.

Fig. 80.

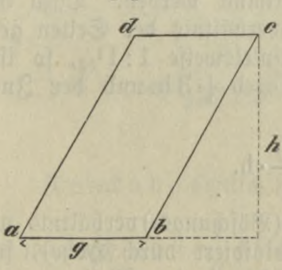
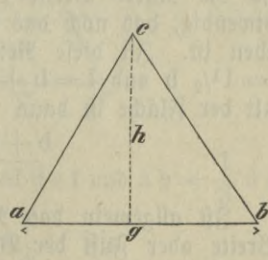


Fig. 81.



2. Der Flächeninhalt eines Dreiecks ist gleich dem halben Produkt aus Grundlinie und Höhe (Fig. 81). Fläche a b c $= \frac{g \cdot h}{2}$.

3. Der Flächeninhalt eines Trapezes ist gleich dem Produkt aus der halben Summe der parallelen Seiten und der Höhe (Fig. 82). Die Fläche des Trapezes a b c d ist $\frac{G+g}{2} \cdot h$.

Ist die Neigung der schrägen Seiten des Trapezes gleich und hat sie ein bestimmtes Verhältnis, z. B. in Fig. 83

Fig. 82.

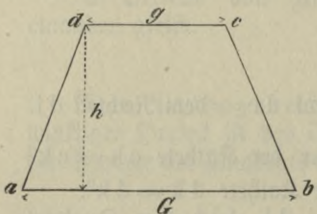
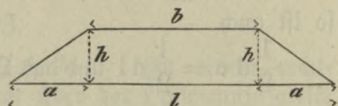


Fig. 83



$h : a = 1 : 1$ oder $h : a = 1 : 1^1/_2$ oder $h : a = 1 : 2$ (im Erdbau einfache, einundeinhalbfache oder zweifache Böschung genannt), so entsteht eine Figur, wie sie meistens der Durchschnitt durch einen Straßen oder Eisenbahnkörper zeigt. Es ist dann gewöhnlich nur die obere Kronenbreite des Erddamms b gegeben und die Höhe der Krone über dem gewachsenen Boden. Zur Berechnung des Querschnitts muß also die untere Breite l erst bestimmt werden. Dazu ist notwendig, das noch das Neigungsverhältnis der Seiten gegeben ist. Ist diese Neigung beispielsweise $1 : 1^1/_2$, so ist $a = 1^1/_2\, h$ und $l = b + 2 \cdot 1^1/_2\, h = b + 3\, h$ und der Inhalt der Fläche ist dann

$$\frac{b + (b + 3\,h)}{2} \cdot h.$$

Ist allgemein das Neigungs-(Böschungs-)verhältnis m (Breite oder Fuß der Böschung dividiert durch Höhe), so gestaltet sich die Formel für die Fläche in der Weise:

$$F = (b + m\,h)\,h.$$

Eine sehr bequeme Formel, weil die untere Länge nicht erst braucht berechnet zu werden.

Uebungsbeispiele.

Den Querschnitt einer Erdschüttung zu berechnen.

a) Wenn das Böschungsverhältnis einfach ist, also $m = 1$.
   1. $b = 5$, $h = 2$. 2. $b = 8$, $h = 1{,}50$.
   3. $b = 9$, $h = 2{,}30$. 4. $b = 10{,}40$, $h = 1{,}25$.

b) Für $m = 1^1/_2$, eineinhalbfache Böschung.
   1. $b = 9$, $h = 3{,}12$. 2. $b = 11$, $h = 2{,}65$.
   3. $b = 14$, $h = 1{,}75$.

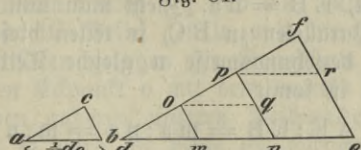
c) Dieselben Beispiele für $m = 2$, zweifache Böschung.

Die Aehnlichkeit der Dreiecke.

§ 95.

Abweichend von der Kongruenz der Dreiecke, wobei unter den gegebenen Stücken mindestens immer eine Seite vorhanden sein mußte, bestimmt sich die Aehnlichkeit der Dreiecke lediglich aus der Gleichheit der Winkel. Die Seiten stehen dann nur in einem gewissen unter sich gleichen Verhältnis zueinander, Proportionalität genannt (Fig. 84).

Fig. 84.



Dreieck a b c ähnlich ($\backsim$) Dreieck d e f und $ab = \frac{1}{3} de$,

so soll auch $ac = \frac{1}{3} df$ und $bc = \frac{1}{3} ef$ sein.

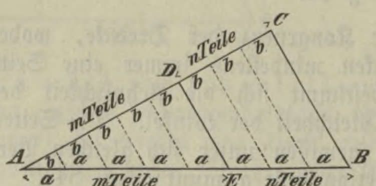
Beweis. Man teile die Linie d e in drei Teile und ziehe von den Teilpunkten m, n aus Parallele zu e f, und von o und p aus Parallele zu d e, so entstehen die Dreiecke d m o, o q p und p r f, die sämtlich kongruent sind dem

Dreieck abc, somit ist $do = op = pf = ac$ und $ac = \frac{1}{3} df$. Ferner ist $cb = om$ und $pn = 2cb = re$ und da $rf = cb$, so ist $ef = 3cb$ oder $cb = \frac{1}{3} ef$.

§ 96.

Lehrsatz. Wenn in einem Dreieck zu einer Seite eine Parallele gezogen wird, so teilt dieselbe die beiden anderen Seiten in proportionale Stücke (Fig. 85).

Fig. 85.



Voraussetzung. $DE \parallel BC$.

Behauptung. $AE : EB = AD : DC$.

Beweis. Sucht man für AE und EB das größte gemeinsame Maß (a) und trägt dasselbe auf AE m mal auf, und auf EB n mal, so ist $AE = ma$, $EB = na$. Zieht man nun von den Teilpunkten aus Parallelen zu BC, so teilen dieselben auf AC wiederum m, beziehungsweise n gleiche Teile ab von der Größe b. Es ist somit

$$AE : EB = ma : na = m : n$$
$$AD : DC = mb : nb = m : n$$

folglich

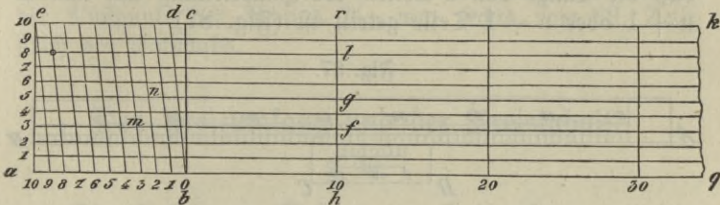
$$AE : EB = AD : DC.$$

§ 97.

Es mögen hier gleich zwei Instrumente Erwähnung finden, die bei den Vermessungs- und Zeichenarbeiten vielfache Anwendung finden, und die auf der Proportionalität beruhen.

1. Der Maßstab (Fig. 86). Er dient in der dargestellten Form dazu, kleine Maßteile, die sich auf einer geteilten Linie nicht, oder nur sehr schwer mit einiger Genauigkeit würden abgreifen lassen, noch genau zu messen.

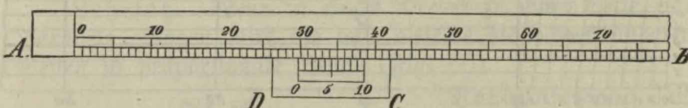
Fig. 87.



Man hat zunächst die untere Linie a b h q (hinter q ist der Maßstab abgebrochen gezeichnet) wie einen gewöhnlichen Maßstab eingeteilt, und zwar bedeuten die kleinen Teile links von b jedesmal ein Meter, also a b = 10 m, ebenso die großen Teilungen rechts von b immer 10 m, also b h = 10 m. Jetzt zieht man parallel zu a b die Linie e k in beliebiger Entfernung, ferner a e, b c, h r u. s. w. senkrecht zu den parallelen Linien a q und e k. Die Linie a e wird wiederum in 10 Teile geteilt und durch die Teilpunkte werden Parallelen gezogen zur Grundlinie a q. Verbindet man nun den Eckpunkt e mit dem unteren Teilpunkt 9 und zieht von den anderen unteren Teilpunkten Parallelen zu dieser Linie, so wird die Linie e c wiederum in 10 gleiche Teile eingeteilt, die Zwischenlinien enthalten aber nur 9 volle Teile, der 10. Teil setzt sich zusammen aus einem Stück, welches an der Linie b c liegt, und einem Stück, welches an der Linie a e liegt. Es ist nun leicht ersichtlich, daß die an der Linie b c liegenden Stücke, von unten hergezählt, immer um $^1/_{10}$ zunehmen, die an der Linie a e anliegenden Stücke immer um $^1/_{10}$ abnehmen. Es ist somit jetzt möglich, mit großer Genauigkeit Zehntel Meter abzugreifen. So ist z. B. die Entfernung f m = 13,3 m, g n = 12,5 m, l o = 18,8 m.

2. **Der Nonius.** Eine zweite Vorrichtung, die dazu dient, Längen bis auf kleine Unterabteilungen zu messen, ist der Nonius, hauptsächlich bei Kreisteilungen angewendet. Er ist ein kleines Plättchen, das an der Hauptteilung verschiebbar ist, und zu derselben in solcher Beziehung steht, daß die Länge von n Teilen der Hauptteilung auf ihm in n + 1 oder n — 1 Teile geteilt ist (Fig. 87).

Fig. 87.



An einem bis auf Millimeter eingeteilten Maßstabe AB ist der Nonius CD verschiebbar. Er ist so hergestellt, daß immer die Länge von 9 mm des Maßstabs in 10 Teile eingeteilt ist. Jeder Teil des Nonius ist also nicht 1 mm, sondern nur $\frac{9}{10}$ mm, denn $10 \cdot \frac{9}{10} = 9$ mm. Steht nun der Nonius, wie in der Figur angedeutet, und ist der 0-Punkt des Nonius das Merkmal, mit dem die Länge gemessen werden soll, so sieht man, daß dieser Teilstrich zwischen dem 29. und 30. mm steht. Um nun festzustellen, um wieviel der 0-Punkt des Nonius über den 29. mm hinausgeschoben ist, sucht man den Punkt, in welchem ein Teilstrich des Nonius mit einem Teilstrich des Maßstabs zusammenfällt. Dies ist hier der 7. Teilstrich des Nonius. Als nun der 0-Punkt des Nonius mit dem 29. mm zusammenfiel, stand der 7. Teilstrich des Nonius $^{7}/_{10}$ mm vor dem 36. mm des Maßstabs. Steht aber jetzt nach der Messung der 7. Teilstrich des Nonius auf dem 36. mm, so kann dies nur durch ein Verschieben des Nonius um $^{7}/_{10}$ mm geschehen sein, und die Messung beträgt somit 29,7 mm.

Es läßt sich der Vorgang auch noch in der Weise klar machen, daß man von dem 36. Teilstrich des Maßstabs zurückzählt. Da jeder Teil des Nonius um $^{1}/_{10}$ mm kleiner ist, als ein Millimeter des Maßstabs, so steht der 6. Teilstrich des Nonius um $^1/_{10}$ mm rechts von dem 35. mm des Maßstabs, der 5. des Nonius $^2/_{10}$ rechts vom 34. des Maßstabs, der 4. des Nonius $^3/_{10}$ rechts vom 33. des Maßstabs, der 3. des Nonius $^4/_{10}$ rechts vom 32. des Maßstabs, der 2. des Nonius $^5/_{10}$ rechts vom 31. des Maßstabs, der 1. des Nonius $^6/_{10}$ rechts vom 30. des Maßstabs und endlich der Nullpunkt des Nonius $^7/_{10}$ mm rechts vom 29. Teilstrich des Maßstabs.

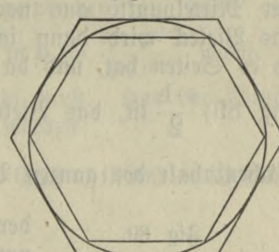
Der Kreisumfang und der Kreisinhalt.

§ 98.

Die Einheit zur Messung des Kreisumfangs und des Kreisinhalts ist der Radius des Kreises.

1. Der Kreisumfang. Es gibt keine Zahl, die genau ausdrückt, wie oft die Länge des Radius in dem Umfange des Kreises enthalten ist. Der Umfang des Kreises ist jedenfalls größer, als der Umfang eines in den Kreis eingeschriebenen Vielecks, und kleiner, als der Umfang eines um den Kreis beschriebenen Vielecks. In Fig. 88 ist ein Kreis dargestellt, in welchem ein Sechseck ein- und um welchen ein Sechseck umschrieben ist. Nehmen wir nun den Radius des Kreises mit 1 an und rechnen damit, so läßt sich der Umfang der beiden Sechsecke leicht berechnen, und zwar ist der halbe Umfang des eingeschriebenen Sechsecks gleich 3, der des halben umschriebenen gleich 3,4641. Zwischen diesen beiden Zahlen muß der halbe Umfang des Kreises liegen. Es sind jedoch diese Grenzen noch zu weit von einander entfernt, um mit einiger Genauigkeit den halben Umfang des Kreises zu bestimmen, und man ist deshalb zu Vielecken übergegangen von bedeutend mehr Seiten, wie das 192-Eck und 384-Eck. Aus diesen genauen

Fig. 88.



Berechnungen hat sich dann ergeben, daß der Umfang des halben Kreises, dessen Radius 1 ist, 3,14159 · · · · ist und diese Zahl, deren Dezimalstellen unbegrenzt fortgehen, hat man π (Pi) genannt. Der ganze Umfang eines Kreises mit dem Radius 1 ist also $U = 2\pi$ und er wächst in gleichem Verhältnis wie der Radius wächst. Allgemein also ist der Umfang eines Kreises, dessen Radius $= r$ ist,

$$U = 2 r \pi$$

und da $2r = d$ ist, der Durchmesser des Kreises, so ist

$$U = d \pi.$$

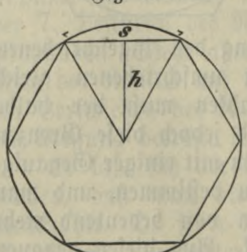
Ist der Umfang gegeben, so läßt sich durch Umstellung dieser Gleichung der Radius finden, wie folgt:

$$r = \frac{U}{2\pi} \text{ und}$$

$$d = \frac{U}{\pi}.$$

2. Der Kreisinhalt. Der Flächeninhalt eines regelmäßigen Vielecks läßt sich leicht berechnen, wenn man von dem Mittelpunkte aus nach sämtlichen Ecken Linien zieht. Das Vieleck wird dann in so viel gleiche Dreiecke zerlegt, als es Seiten hat, und da der Inhalt eines solchen Dreiecks (Fig. 89) $\frac{s \cdot h}{2}$ ist, das Vieleck aber n Seiten hat, so ist der Flächeninhalt des ganzen Vielecks $= \frac{n s h}{2}$. Hierin ist $n s$ der Umfang des Vielecks und h die vom Mittelpunkt des Kreises auf eine Sehne gefällte Senkrechte.

Fig. 89.



Für den Kreis nun wird die vom Mittelpunkte aus gefällte Senkrechte auf eine der unendlich kleinen Seiten des Kreises, wenn man denselben als Vieleck von unendlicher Seitenanzahl betrachtet, der Radius des Kreises, und die Formel für den Flächeninhalt des Kreises heißt somit:

$$F = \frac{U \cdot r}{2}$$

und hierin der Wert für U eingesetzt

$$F = \frac{2\,r\,\pi \cdot r}{2}$$

$$F = r^2\,\pi$$

oder für $r = \frac{d}{2}$ eingesetzt, wenn d der Durchmesser

$$F = \frac{d^2\,\pi}{4}.$$

Ist die Fläche gegeben, so bestimmt sich der Radius aus der Formel

$$r = \sqrt{\frac{F}{\pi}}.$$

Der Kreisbogen. Einen Teil des Kreisumfangs nennt man einen Kreisbogen b. Es verhält sich ein Kreisbogen a c zu dem ganzen Kreisumfang wie der zum Bogen gehörige Centriwinkel φ^0 (phi gesprochen) zu 360^0, also $b : 2\,r\,\pi = \varphi^0 : 360^0$, und somit ist $b = \frac{r\,\pi\,\varphi^0}{180^0}$, worin φ immer in Graden ausgedrückt sein muß. Hat der Winkel $30^0\,15'\,18''$, so muß geschrieben werden

$$\varphi = 30^0 + \frac{15^0}{60} + \frac{18^0}{60 \cdot 60} = 30 + 0{,}25 + 0{,}005 = 30{,}255^0.$$

Fig. 90.

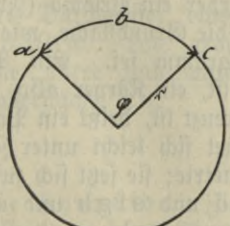
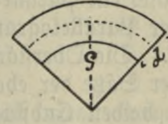


Fig. 91.



Das Ringstück. Ein zwischen zwei Kreisbogen, die durch denselben Radius begrenzt sind, eingeschlossenes Stück einer Kreisfläche heißt ein Ringstück. Wenn ϱ (ro gesprochen) der mittlere Radius ist und d die Stärke des Ringstücks, so ist sein Flächeninhalt $F = \frac{\varrho \pi \varphi^0}{180} d$.

Uebungsbeispiele.

Bemerkung. Für Rechnungen, bei denen eine besonders große Genauigkeit nicht gefordert wird, genügt es, $\pi = 3,14$ anzunehmen.

1. $r = 2$ cm. 2. $r = 5$ cm. 3. $r = 4,2$ cm. 4. $r = 15$ cm. 5. $r = 25$ m. 6. $r = 6,25$ m.

Wie groß der Umfang, wie groß der Flächeninhalt der betreffenden Kreise?

Die Stereometrie.

Berechnung der Oberflächen der Körper.

§ 99.

Die Stereometrie behandelt die Körper, d. h. Raumgrößen, welche nach drei Dimensionen ausgedehnt sind.

Das Prisma. Denkt man sich an die Kanten einer ebenen Figur eine gerade Linie angelegt und dieselbe um die Figur herumgeführt, ohne jedoch die Richtung zu verändern, so ist der entstandene Körper ein Prisma (Fig. 92).

Es ist nicht notwendig, daß die Grundfläche, wie in der Figur angegeben, ein Parallelogramm sei. Ein Prisma, dessen Basis ein Parallelogramm ist, ein Körper also, welcher von lauter Parallelogrammen begrenzt ist, heißt ein Parallelopipedum. Die Oberfläche berechnet sich leicht unter Zuhülfenahme der Sätze der ebenen Geometrie; sie setzt sich zusammen aus den beiden Endflächen a b c d und e f g h und aus den Seitenfläche b c f e, c f d g, d g h a, a b e h.

Der Würfel (Fig. 93) ist begrenzt durch 6 gleiche Quadrate. Man braucht also nur die Fläche eines Quadrats

Fig. 92.

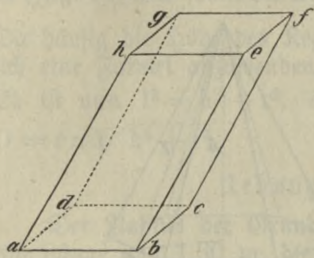
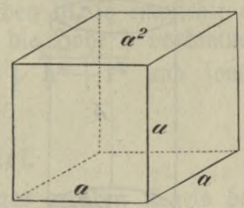


Fig. 93.



mit 6 zu multiplizieren, um die gesamte Oberfläche zu erhalten. Also $F = 6\,a^2$.

§ 100.

Der Zylinder. Wenn die Grundfigur, um welche die Erzeugungslinie geführt wird, ein Kreis ist, so ensteht eine Zylinderfläche, und der durch diese und die beiden Endflächen begrenzte Körper ist ein Zylinder (Fig. 94). Ist r der Radius des Grundkreises, so ist der Umfang $2\,r\,\pi$, und wenn die Länge der Erzeugungslinie h ist, so ist die Oberfläche des Mantels $M = 2\,r\,\pi\,h$.

Uebungsaufgabe.

Der Durchmesser eines Zylinders ist 0,85 m, seine Länge 2,10 m. Wie groß ist seine Mantelfläche? Wie groß die obere und untere Kreisfläche? Wie groß die Gesamtoberfläche.

§ 101.

Die Pyramide. Zieht man von irgend einem Punkte außerhalb einer ebenen Figur Linien nach der Umgrenzungslinie der Figur, so ist der entstandene Körper eine Pyramide (Fig. 95).

Fig. 94.

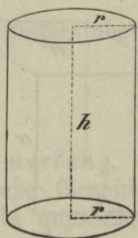
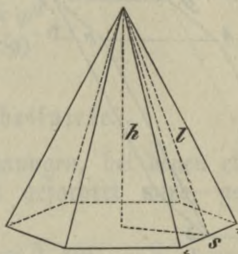


Fig. 95.



Ist die Grundfläche ein regelmäßiges Vieleck, so wird die Pyramide von lauter Dreiecken begrenzt sein, deren Grundlinie eine Seite s des Vielecks, und deren Höhe l die Entfernung der Spitze der Pyramide von der Grundlinie sein wird. Die Fläche eines solchen Dreiecks ist dann $\frac{s\,l}{2}$, und wenn die Grundfigur n Seiten hatte, so beträgt die gesamte Oberfläche der Pyramide $\frac{n\,s\,l}{2}$. Es ist aber n s der Umfang der Grundfläche $= u$ und somit die Oberfläche einer Pyramide $O = \frac{u\,l}{2}$ also gleich der Fläche eines Dreiecks, dessen Grundlinie der Umfang der Grundfläche, und dessen Höhe die Entfernung der Spitze von dieser Linie ist.

Uebungsbeispiel.

Die Grundfläche einer geraden Pyramide sei ein Quadrat, dessen Seiten 2 m lang sind, und dessen Höhe h (Entfernung der Spitze von der Grundfläche) 5 m ist. Wie groß ist die Gesamtoberfläche der Pyramide?

§ 102.

Geht die Grundfläche in einen Kreis über, so heißt der Körper ein Kegel. Für die Berechnung der Mantelfläche gelten dieselben Regeln, als für die Pyramide. Der Umfang der Grundfläche wird dann $2 r \pi$, wenn r der Radius ist (Fig. 96) und somit die Mantelfläche $O = \frac{2 r \pi \cdot l}{2} = r \pi l$. Da häufig die Höhe des Kegels gegeben ist, so empfiehlt es sich eine Formel anzuwenden, in der die Höhe h vorkommt. Es ist nun $l^2 = h^2 + r^2$, also $l = \sqrt{h^2 + r^2}$ und somit $O = r \pi \sqrt{h^2 + r^2}$.

Uebungsbeispiel.

Der Radius der Grundfläche eines geraden Kegels hat eine Länge von 1,30 m, die vertikale Höhe h ist 3 m. Wie groß ist die Gesamtoberfläche des Kegels?

§ 103.

Die Mantelfläche eines abgestumpften Kegels (Fig. 97).

Denkt man sich den Mantel der abgestumpften Pyramide abgewickelt, so kann ihre Fläche als ein Paralleltrapez be-

Fig. 96.

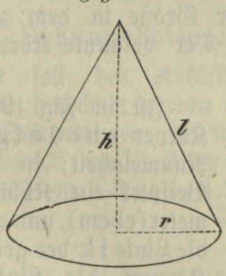
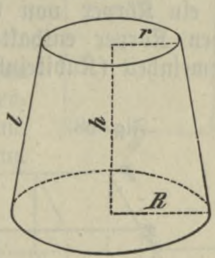


Fig. 97.



trachtet werden, dessen parallele Seiten der Umfang des oberen und unteren Kreises sind, und dessen Höhe die Länge der Seite ist. In der Figur ist somit

$$O = \frac{2 r \pi + 2 R \pi}{2} \cdot l.$$

$$O = (r \pi + R \pi) l$$

$$O = (r + R) \pi l.$$

Soll die Gesamtoberfläche berechnet werden, so kommt noch zu der soeben bestimmten Fläche die Fläche des unteren und oberen Begrenzungskreises hinzu, also $O = (r + R)\pi l + R^2\pi + r^2\pi$ und das gemeinsame π herausgenommen $O = \pi[(r + R) l + r^2 + R^2]$.

Uebungsbeispiele.

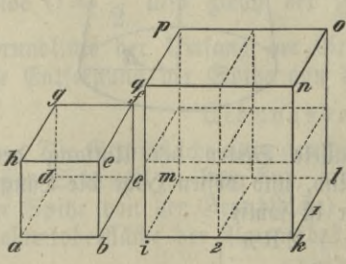
1. Ein abgestumpfter 5 m hoher Kegel (Baumstamm) hat einen Radius der unteren Grundfläche von 0,50 m Länge, einen solchen der oberen Fläche von 0,30 m. Wie groß ist die Mantelfläche des Kegels? 2. Wie groß ist die Gesamtoberfläche desselben Kegels?

Berechnung des Inhalts der Körper.

§ 104.

Allgemeines. Der Rauminhalt oder das Volumen eines Körpers wird dadurch bestimmt, daß man ermittelt, wie oft ein Körper von bekannter Größe in dem zu berechnenden Körper enthalten ist. Der bekannte Körper ist die Raumeinheit (Kubikeinheit).

Fig. 98.



Ist in Fig. 98 der Körper a b c d e f g h die Raumeinheit, in diesem Beispiel ein Kubikzentimeter (cbcm), und enthält die Linie i k des größeren Körpers die Linie a b zweimal, die Linie k l die Linie b c einmal, und die Linie i q die Linie a h zweimal, so ergibt sich der Kubikinhalt des Körpers m n durch Multiplikation der drei Seitenlängen $2 \cdot 2 \cdot 1 = 4$ Kubikzentimeter.

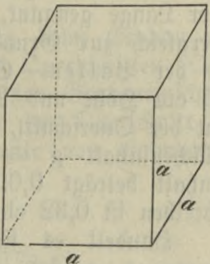
Bezeichnet man also allgemein die drei Dimensionen eines rechtwinkligen Parallelepipedums mit a b c so ist der Kubikinhalt $a \cdot b \cdot c$.

Bemerkung. Da es sehr weitläufig ist, zur Bezeichnung eines Körpers stets alle Begrenzungsflächen aufzuzählen, so bedient man sich bei regulären Körpern sehr häufig insofern einer kürzeren Form, als man nur eine Diagonale des Körpers nennt. Der in Figur 98 dargestellte größere Körper läßt sich somit bezeichnen als Körper m n, Körper i o, Körper q l oder Körper p k.

§ 105.

Der Würfel. In einem Würfel sind die drei Dimensionen, Länge, Breite, Höhe, einander gleich, sie lassen sich also mit einem Buchstaben bezeichnen a und der Kubikinhalt ist $a \cdot a \cdot a = a^3$. (Fig. 99.) Man findet also den Kubikinhalt eines Würfels, indem man die Seitenlänge in die dritte Potenz erhebt.

Fig. 99.



Uebungsbeispiele.

Es soll der Kubikinhalt von Würfeln berechnet werden mit folgenden Seitenlängen: 1. $a = 3$ cm. 2. $a = 4{,}5$ cm. 3. $a = 6{,}2$ m. 4. $a = 10$ m. 5. $a = 4{,}1$ m.

§ 106.

Das Prisma und der Zylinder. Die Inhaltsberechnung für das gerade Prisma und den Zylinder (Fig. 100 und 101) ist dieselbe, wie die für den Würfel, nur daß hier die drei Dimensionen nicht mehr gleich sind. Durch Multiplikation von zwei Seiten eines vierseitigen Prismas bekommt man die Grundfläche, die nun noch mit der Höhe zu multiplizieren ist, um den Kubikinhalt zu bekommen. Bezeichnet man die Grundfläche allgemein mit g, deren

Größe nach den gegebenen Regeln zu berechnen ist, und die Höhe mit h, so ist der Kubikinhalt

$$V = g \cdot h.$$

Fig. 100.

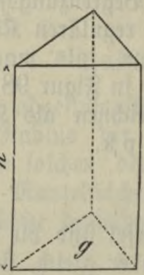
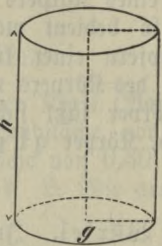


Fig. 101.



Ein vierseitig rechtwinkliges Prisma, bei dem die Höhe, hier Länge genannt, verhältnismäßig groß geworden ist im Vergleich zur Grundfläche, hier als Querschnitt bezeichnet, ist der Balken. Ein solcher habe einen Querschnitt von 26 cm Höhe und 21 cm Breite und sei 5,86 m lang, so hat der Querschnitt, alle Maße in Meter ausgedrückt, einen Flächeninhalt $g = 0{,}26 \cdot 0{,}21 = 0{,}0546$ qm, und der Inhalt beträgt $0{,}0546 \cdot 5{,}86 = 0{,}319956$ cbm, wofür zu schreiben ist 0,32 cbm.

Handelt es sich um die Berechnung eines Baumstammes, welcher in dem unteren Querschnitt einen Durchmesser von $D = 0{,}35$ m, in dem oberen Querschnitt von $d = 0{,}28$ m hat, und ist die Länge $l = 6$ m, so sind die Flächeninhalte der Querschnitte zu mitteln und der so gefundene mittlere Querschnitt ist mit der Länge zu multiplizieren. Also

$$V = \frac{\frac{D^2\pi}{4} + \frac{d^2\pi}{4}}{2} \cdot l = \frac{\frac{0{,}35^2\pi}{4} + \frac{0{,}28^2\pi}{4}}{2} \cdot 6$$

$$V = \frac{0{,}0962 + 0{,}0616}{2} \cdot 6 = 0{,}0789 \cdot 6$$

$V = 0{,}4734$ cbm, wofür zu schreiben ist 0,473 cbm.

Dieselbe Formel gilt auch für das schiefe Prisma und den schiefen Zylinder (Fig. 102 und 103), wenn man unter h die vertikale Höhe des Körpers versteht, also auch hier

$$V = g \cdot h.$$

Fig. 102.

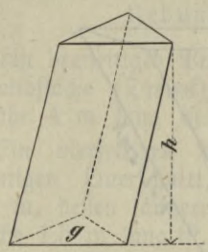
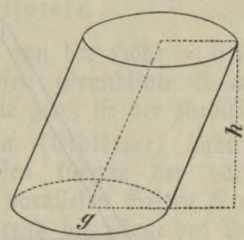
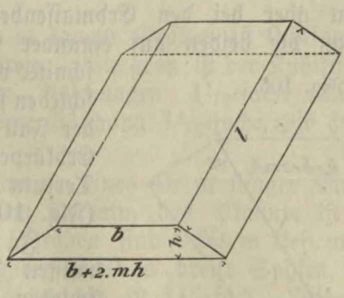


Fig. 103.



Das Prisma ist ein sehr häufig beim Erdbau vorkommender Körper. Zwischen je zwei Querschnitten (Querprofil) eines Straßendamms oder eines Grabeneinschnitts liegt ein Prisma, dessen Grundfläche der Querschnitt und dessen Höhe die Entfernung der Profile von einander ist

Fig. 104.



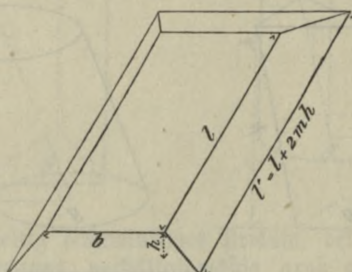
(Fig. 104). Ist m das Neigungsverhältnis der Böschungen, so hatten wir in § 94 gesehen, daß der Querschnitt des

Körpers $= (b + m h) h$ ist; die rechtwinklige Entfernung beider Querschnitte sei l, so ist der Inhalt des Körpers

$$V = (b + m h) h \cdot l.$$

Sind die Endflächen auch geböscht (Fig. 105), wie dies bei einzelnen aufgemeterten Erd- und Kieshaufen der Fall

Fig. 105.

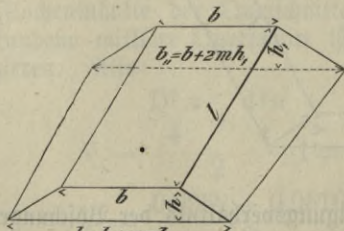


ist, so muß als Maß der Länge die mittlere Länge zwischen der oberen und unteren Länge genommen werden und es ist somit

$$V = (b + m h) h \left(\frac{l + l'}{2}\right).$$

Es kommt aber bei den Erdmassenberechnungen sehr häufig vor, daß die beiden auf einander folgenden Querschnitte von einander verschieden sind, was überall der Fall ist da, wo der Erdkörper auf geneigtem Terrain geschüttet wird (Fig. 106).

Fig. 106.



In diesem Falle müssen die beiden verschieden großen Querschnitte mit einander gemittelt werden, und der so gefundene mittlere Querschnitt wird dann mit der Entfernung multipliziert. Der eine Querschnitt wird aber die Fläche $(b + m\,h)\,h$, der andere die Fläche $(b + m\,h_,)\,h_,$ haben und die Formel wird somit lauten

$$V = \frac{(b + m\,h)\,h + (b + m\,h_,)\,h_,}{2} \cdot l.$$

Uebungsbeispiele.

1. Ein dreiseitiges Prisma von der Höhe = 5 m habe eine Grundfläche (Dreieck), dessen Grundlinie 3 m und dessen Höhe 4 m lang ist. Wie groß ist der Kubikinhalt?

2. Ein vierseitiges Prisma (Erdkörper) habe einen trapezförmigen Querschnitt, dessen kürzere der parallelen Seiten 4 m, dessen längere der parallelen Seiten 6 m und dessen Höhe 1,5 m lang ist, während die Länge des Prismas 25 m beträgt. Wie groß ist der Kubikinhalt?

3. Ein Materialienhaufen hat eine obere Breite von 1 m, eine Länge von 2,5 m und eine Höhe von 0,5 m, und er habe nach allen Seiten hin eine $1^1/_2$-fache Böschung. Wie groß ist der Kubikinhalt?

4. Ein Straßendamm sei oben 12 m breit, zu Anfang 0,80 m, am Ende 1,65 m hoch, 50 m lang und die Böschungen haben $1^1/_2$-fache Anlage. Wie groß ist der Kubikinhalt?

5. Ein 125 m langer Graben ist 0,50 m tief, in der Sohle 0,30 m breit. Wie groß ist der Kubikinhalt a) wenn die beiderseitigen Böschungen $1^1/_2$-fache Anlage haben? b) wenn die innere Böschung $1^1/_2$-fache, die äußere einfache Anlage hat?

6. Das Planum eines 45 m langen Einschnitts liegt 2,35 m unter dem Terrain, das Planum ist 12 m breit, die beiderseitigen Gräben sind 0,50 m tief unter Planum-Oberkante und haben 0,40 m breite Sohlen, die Neigung der sämtlichen Böschungen ist $1^1/_2$-fach. Wie groß ist der Kubikinhalt des Einschnittes einschließlich Gräben? b) Wie breit ist der Einschnitt in der Ebene des Geländes?

7. Das Volumen eines Rundholzes zu berechnen, dessen Durchmesser 0,34 m und dessen Länge 4,62 m beträgt.

§ 107.

Die Pyramide. Jedes dreiseitige Prisma läßt sich in drei einander gleiche dreiseitige Pyramiden zerlegen, wie in Fig. 107 angegeben. Das dreiseitige Prisma a b c d e f ist durch die Diagonalen in die drei Pyramiden a c b mit der

Fig. 107.

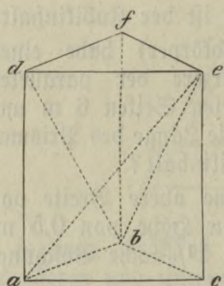
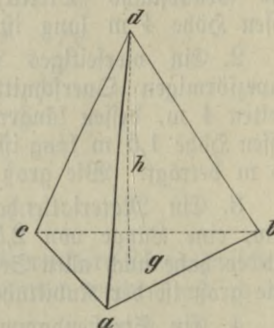


Fig. 108.



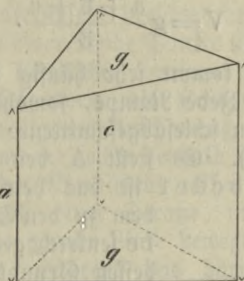
Spitze e, d e f mit der Spitze b und d e a mit der Spitze b zerlegt. Hieraus folgt: Der Inhalt einer Pyramide, auch derer mit mehr als dreiseitiger Grundfläche, ist gleich dem dritten Teil des Produkts aus Grundlinie mal Höhe (Fig. 108). Die Pyramide a b c mit der Spitze d habe die Höhe h, d. h. senkrechte Entfernung der Spitze d von der Grundfläche a b c = g, so ist der Kubikinhalt

$$V = \frac{g\,h}{3}.$$

§ 108.

Das schief abgeschnittene gerade dreiseitige Prisma. Der Kubikinhalt eines schief abgeschnittenen geraden dreiseitigen Prismas ist gleich dem Produkt aus seiner Grundfläche und dem dritten Teil der Summe seiner Seitenkanten (Fig. 109). Die drei Seiten a b c stehen rechtwinklig

Fig. 109.



zur Grundfläche g, die obere Fläche g, hat eine beliebig schiefe Lage, so ist

$$V = g\,\frac{a + b + c}{3}.$$

§ 109.

Das schief abgeschnittene schiefe dreiseitige Prisma. Der Kubikinhalt eines schief abgeschnittenen schiefen dreiseitigen Prismas ist gleich dem Produkt aus dem

Fig. 110.

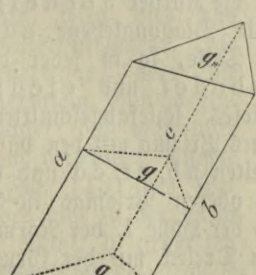
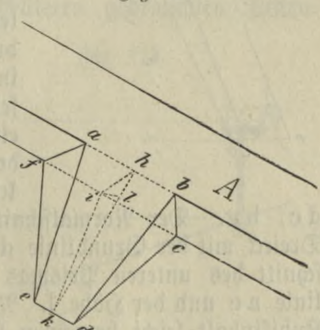


Fig. 111.

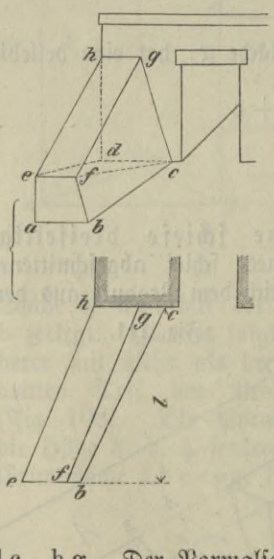


dritten Teile der Summe seiner Seitenkanten und dem Flächeninhalt eines senkrecht zu ihnen gelegten Schnitts (Fig. 110). Es sei die Fläche g ein senkrecht zu den drei parallelen Seitenkanten gelegter Schnitt, so ist der Kubikinhalt

$$V = g\frac{a+b+c}{3}.$$

Dieser Körper kommt sehr häufig bei den Erdmassenberechnungen vor. Jede Rampe, sowohl im Einschnitt wie im Auftrage, ist ein schiefabgeschnittenes schiefes dreiseitiges Prisma (Fig. 111). Es stellt A den Straßenkörper dar und die Rampe a b c d e f ist das betreffende Prisma mit dem zu den Seitenkanten a b, e d, f c senkrecht gelegten Schnitte h i k, dessen Grundlinie h k und dessen Höhe l i ist. Der Kubikinhalt dieser Rampe ist

Fig. 112.



$$V = \frac{\overline{hk}\cdot\overline{li}}{2}\cdot\frac{\overline{ab}+\overline{fc}+\overline{ed}}{3}$$

Uebungsbeispiele.

Den Kubikinhalt eines schrägen Flügels eines Durchlasses zu berechnen, Fig. 112 in Ansicht und Grundriß dargestellt. Man zerlege sich die Körper a b c d e f g h durch die Diagonalebene c d e f in zwei Teile, so ist jeder derselben a b c d e f und e f c d g h ein schiefes schiefabgeschnittenes dreiseitiges Prisma mit den parallelen Seiten a b, e f, c d und e f, d c, h g. Der Normalschnitt des oberen Prismas ist ein Dreieck mit der Grundlinie d h und der Höhe l, der Normalschnitt des unteren Prismas ist ein Dreieck mit der Grundlinie a e und der Höhe l. Nach diesen Angaben wird sich der Kubikinhalt leicht berechnen lassen.

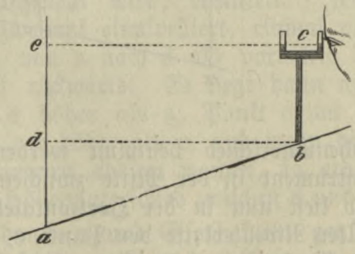
C. Das Nivellieren.

Unter Nivellieren versteht man im allgemeinen das Messen der Höhenunterschiede verschiedener Punkte, oder die Feststellung der Lage einer Reihe Punkte über einer bestimmten horizontalen Fläche, künstlicher Horizont genannt.

Es wird in folgendem die Kenntnis der bezüglichen Meßinstrumente aus eigener Anschauung und deren Hantierung vorausgesetzt, und es sollen deshalb hier nur das Messen und die Methoden des Nivellierens näher beschrieben werden.

Da die Oberfläche einer Straße, in der Längsrichtung gesehen, sich als eine gerade Linie bewegt mit regelmäßigem Steigen und Fallen, während das darunter oder darüber liegende Gelände durchaus unregelmäßig in bezug auf die Steigungsverhältnisse gestaltet ist, so müssen die Geländepunkte und die spätere Straßenkrone in ganz bestimmte Beziehungen gebracht werden, bevor an das Projektieren einer Straße, einer Chaussee, einer Eisenbahn gedacht werden kann. Diese Beziehungen zwischen Gelände und Straßenkrone werden gefunden und anschaulich gemacht durch das Nivellieren und das auf Papier aufgetragene Nivellement. Aber auch für kleinere Anlagen, als Rampen, Gräben, kurz überall, wo es sich um eine Veränderung und Regulierung des natürlichen Terrains handelt, bildet das Nivellement die erste Grundlage. Die zum Nivellieren gebrauchten Instrumente, seien dies das Nivellierinstrument, die Wasserwage, oder die Visiertafeln, sind so eingerichtet, daß man über einem beliebigen Punkte b (Fig. 113) des Geländes eine zu der durch den Punkt b gedachten Horizontalebene parallele Linie c e bezeichnen kann, die angibt, wie hoch der

Fig. 113.

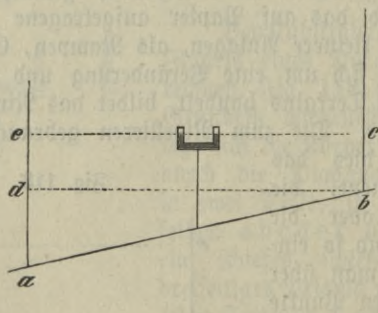


Punkt e über einem zweiten, seiner Höhenlage nach zu bestimmenden Punkte a liegt. Mit Hülfe dieser Instrumente kann man den Höhenunterschied zweier oder mehrerer Punkte durch folgende beiden Methoden ermitteln:

1. Das Nivellieren aus dem Endpunkte der Station. Es seien a und b die Endpunkte der Station, so stellt man in dem Punkt b das Instrument von der bestimmten Höhe bc auf und visiert in der Horizontalebene auf der in a aufgestellten Nivellierlatte den Punkt e ein, so gibt ae die Höhe des Punktes e über dem Punkte a an. Zieht man nun von dieser Höhe die bekannte Höhe des Instrumentes bc = ed ab, so ergibt sich ad als Höhe des Punktes b über dem Punkte a, und der Höhenunterschied zwischen a und b ist somit gefunden. Diese Methode wird man meistenteils wählen müssen, wenn nur die Wasserwage oder die Visiertafeln als Meßinstrumente vorhanden sind.

2. Das Nivellieren aus der Mitte der Station. Sind wiederum a und b (Fig. 114) die Punkte, deren

Fig. 114.

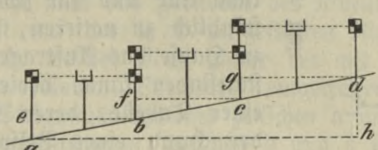


Höhenunterschied bestimmt werden soll, so stellt man das Instrument in der Mitte zwischen den beiden Punkten auf und liest nun in der Horizontalebene auf der in b aufgestellten Nivellierlatte den Punkt c, auf der in a aufgestellten Nivellierlatte den Punkt e ab. Es gibt dann bc die Höhe der Horizontalebene über dem Punkte b an, a e die Höhe derselben Ebene über dem Punkte a, und zieht man b c von a e ab, so ergibt die Differenz a e — b c = a d den Höhenunterschied von a und b an.

Dieser Methode wird man sich in den meisten Fällen bedienen, weil sie den Vorzug hat, die Höhe des Instrumentes ganz unberücksichtigt lassen zu können, und weil es möglich ist, auf größere Entfernungen, und zwar auf die doppelte Entfernung der zulässigen Sehweite, Punkte miteinander zu vergleichen.

Eine angemessene Sehweite mit einem Nivellierinstrument ist 40 bis 50 m, wenn das Nivellement Anspruch auf Genauigkeit machen soll. Sind also zwei Punkte von mehr als 100 m Entfernung miteinander zu vergleichen, so muß die Gesamtentfernung in Stationen von je 80 bis 100 m Länge zerlegt werden (Fig. 115) und es wird dann der

Fig. 115.



Höhenunterschied der einzelnen Punkte unter sich in der soeben beschriebenen Weise, indem das Instrument immer zwischen zwei Punkten aufgestellt wird, ermittelt. Jeder Zwischenpunkt wird somit zweimal einnivelliert, einmal vorwärts, wenn die Richtung von a nach d als vorwärts bezeichnet wird, und einmal rückwärts. Es liegt dann nach der Figur Punkt b um a e höher als a, Punkt c um b f höher als b, Punkt d um c g höher als c, und wenn diese drei Höhenunterschiede zusammen addiert werden, so ergibt a e + b f + c g = d h den Höhenunterschied zwischen d und a.

Für den Bau der Chausseen und Eisenbahnen genügt es nicht nur den Höhenunterschied zwischen dem Anfang- und

Endpunkte festzustellen, sondern es müssen auch die Unebenheiten des zwischenliegenden Geländes ermittelt werden, um danach die Gradiente der Straße bestimmen und die Auf- und Abträge berechnen zu können. Das Verfahren ist im Prinzip genau dasselbe, wie bisher beschrieben, nur wird es auch häufig vorkommen, daß der folgende Punkt nicht immer höher liegen wird, als der vorhergehende, wie oben angenommen, sondern tiefer. In letzterem Falle wird also die Steigung eine negative sein. Man bedient sich nun aber bei den Nivellements nicht des + und des — Zeichens, sondern der Ausdrücke „Steigen" und „Fallen". Um die im Felde gefundenen Resultate möglichst klar und für jeden leicht verständlich zu notieren, damit danach zu Hause das Auftragen auf Papier stattfinden kann, bedient man sich einer Tabelle, deren Gebrauch an der Hand eines Beispiels sich am leichtesten wird erläutern lassen.

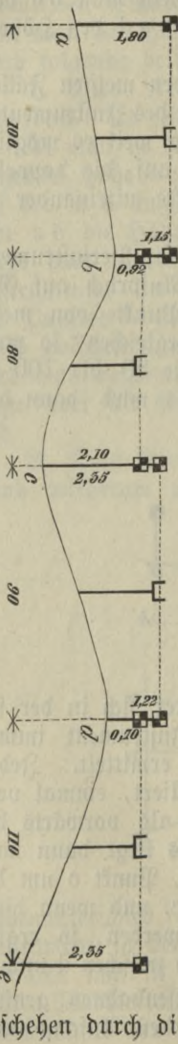


Fig. 116.

In Fig. 116 sei das Längenprofil einer Geländestrecke zwischen a und e von 380 m Länge dargestellt, die nivelliert werden soll. Man wird zunächst die Strecke in Stationen einteilen von 80 bis 100 m Länge und dabei das Augenmerk darauf richten müssen, daß die Stationspunkte möglichst mit denjenigen Punkten zusammenfallen, die am meisten von der Horizontalen abweichen. Dies ist in der Figur geschehen durch die Wahl der Punkte b c und d. Es wird nun das Instrument zunächst zwischen a und b aufgestellt, auf der in a aufgestellten Nivellierlatte die Zahl 1,80 m abgelesen und in die Rubrik „Rückwärts" der nachstehenden Tabelle eingetragen.

Stationen	Länge d. Stationen	Rückwärts m	Vorwärts m	Steigen m	Fallen m	Ordinaten
a	—	1,80	—	—	—	50,00
b	100	—	1,15	0,65	—	50,65
b	—	0,92	—	—	—	—
c	80	—	2,10	—	1,18	49,47
c	—	2,35	—	—	—	—
d	90	—	1,22	1,13	—	50,60
d	—	0,70	—	—	—	—
e	110	—	2,35	—	1,65	48,95
	380	—	—	1,78	2,83	
				—	1,78	
				Fällt	1,05	

Jetzt dreht man das Fernrohr des Nivellierinstrumentes um und liest auf der in b aufgestellten Nivellierlatte die Zahl 1,15 ab, welches Maß hinter der mit b bezeichneten Rubrik in die Kolonne „Vorwärts" eingetragen wird. Nachdem so das Steigungsverhältnis zwischen a und b festgestellt ist, wird das Instrument zwischen b und c aufgestellt, um das Steigungsverhältnis zwischen b und c zu ermitteln. Es muß also zunächst der Punkt b noch einmal rückwärts nivelliert werden, wobei die Zahl 0,92 gefunden wurde. Nun erst dreht man das Fernrohr des Instruments wieder nach vorwärts und liest auf der in c aufgestellten Latte das Maß 2,10 ab. In dieser Weise wird das Nivellement und die Aufzeichnung fortgesetzt. Im Zimmer geschieht nun die Berechnung so, daß immer die für zwei aufeinander folgende Punkte, von einem Standpunkte aus gefundenen Zahlen von einander subtrahiert werden. Ist die in der Kolonne „Vorwärts" stehende Zahl größer, so wird die Differenz in die Kolonne „Fallen" geschrieben, denn der zweite Punkt liegt dann jedenfalls tiefer, als der erste; ist dagegen die in der Kolonne „Rückwärts" stehende Zahl größer, so wird die

Differenz in die Kolonne „Steigen" geschrieben, denn der zweite Punkt liegt dann jedenfalls höher als der erste, und das Gelände steigt in der Richtung nach vorwärts.

Hat man so die Lage der einzelnen Punkte unter sich bestimmt, so kommt es darauf an, die gefundenen Resultate zu Papier zu bringen, das heißt, das Nivellement muß aufgetragen werden. Es würde nun unbequem sein, die Differenzen der einzelnen Punkte nach einander aufzutragen, und es würde bei einer großen Reihe von Punkten schwer erkenntlich zu machen sein, welcher Punkt höher, welcher niedriger liegt. Man bezieht deshalb die sämtlichen Höhenlagen auf eine gerade Linie, die man den Horizont nennt, und ist so in der Lage, gleich zu sehen, wie hoch jeder Punkt über diesem Horizont liegt. Die Zahl, welche die Höhe eines Punktes über dem beliebig zu wählenden Horizonte angibt, nennt man Ordinate (Kote) des Punktes. In der Tabelle ist angenommen, daß der Punkt a 50 m über dem gewählten Horizont liegt, also die Ordinate 50 hat. Die Ordinaten der übrigen Punkte sind nun leicht, wie in der letzten Kolonne angegeben, berechnet, indem man fortschreitend die gefundenen Zahlen des Steigens oder Fallens hinzu addiert oder abzieht. Wenn es nun zwar für eine bestimmte Arbeit, den Bau einer Straße, die Anlage einer Brücke, oder die Korrektion eines Wasserlaufes an und für sich gleichgültig ist, auf welchen Horizont die Ordinaten bezogen werden, da es sich ja immer nur im speziellen Falle um die gegenseitige Lage der Punkte handeln kann, so hat man sich doch für alle größeren öffentlichen Arbeiten dahin geeinigt, alle Ordinaten auf den Meeresspiegel der Nordsee bei Amsterdam zu beziehen.

Diesen Anschluß an den Nullpunkt des Amsterdamer Pegels hat man durch Errichtung eines Normalhöhenpunktes an der Sternwarte zu Berlin zum unverrückbaren Ausdruck gebracht und hat diesen Punkt „Normal-Null" genannt, und ihn mit NN bezeichnet. Dieser NN liegt 37 m über dem Nullpunkt des Amsterdamer Pegels. Im Anschluß hieran ist dann durch die trigonometrische Abteilung der Landesaufnahme ein nivellitisches Netz über den ganzen preußischen

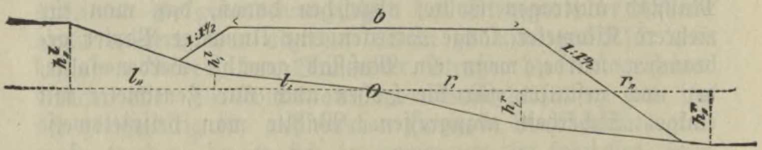
Staat gelegt worden, und es sind feste Steine längs der Chausseen aufgestellt, an denen ein ganz bestimmter Punkt, gewöhnlich die Oberkante eines starken eisernen Bolzens, einnivelliert wurde in bezug auf seine Höhe zu dem NN. Soll also jetzt irgendwo ein Nivellement ausgeführt werden, und sollen die Ordinaten bezogen sein auf den NN, beziehungsweise den Nullpunkt des Amsterdamer Pegels, so geht man von irgend einem solchen Fixpunkt mit bekannter Ordinate als Anfangsstation aus und verfährt im übrigen, wie oben gezeigt.

Die bis jetzt behandelten Nivellements heißen Längennivellements, deren Auftragung das Längenprofil des Geländes in der Richtung einer bestimmten Linie, etwa der Mittellinie eines Chaussee- oder Eisenbahnkörpers, darstellt. Da nun im allgemeinen die Ausdehnung der Längen das Maß der Höhendifferenzen zwischen den einzelnen Punkten bei weitem übertrifft, wenn von den Unregelmäßigkeiten des Gebirges abgesehen wird, so würde das Längenprofil ein nur schwer richtig zu erkennendes Bild der Steigungsverhältnisse geben, wenn man Längen und Höhen in demselben Maßstab auftragen wollte, abgesehen davon, daß man für mehrere Kilometer lange Strecken eine Unmenge Papier gebrauchen würde, wenn ein Maßstab gewählt werden sollte, der noch gestattet, für die Höhen auch nur Zentimeter mit einiger Sicherheit abzugreifen. Wählte man beispielsweise für Längen und Höhen den gemeinsamen Maßstab $\frac{1}{1000}$, so würde ein Kilometer schon 1 m lang auf dem Papier werden, und 1 m Steigung würde durch 1 mm dargestellt, so daß also an ein Abgreifen von Zentimetern gar nicht zu denken wäre. Aus diesem Grunde wird für das Auftragen der Längen ein kleinerer, für das Auftragen der Höhen ein größerer Maßstab gewählt. Ein sehr übliches Verhältnis bei Straßenbauprojekten ist für die Längen der Maßstab 1:5000, gleichzeitig der Maßstab für die Situationen, für die Höhen den 25fachen Maßstab, also 1:200 zu wählen.

Häufig sind Separationskarten vorhanden, die für den Lageplan und die Längen des Nivellements benutzt werden können. Diese Karten sind gewöhnlich im Maßstab 1:2000 oder 1:2500 gezeichnet. Wird hier wieder der 20fache oder 25fache Maßstab für die Höhen gewählt, so sind die Höhen im Maßstab von 1:100 aufzutragen.

Eine weitere Aufnahme, die für die Berechnung und Ausführung von Erdarbeiten notwendig ist, ist die Aufnahme von Querprofilen. Unter Querprofilen versteht man die Aufnahme des Geländes durch Nivellement an den einzelnen Stationspunkten in einer Linie rechtwinklig zur Straßenaxe, und in einer Breite, etwas größer, wie sie von dem fertigen Straßenkörper oder Einschnitt mutmaßlich beansprucht werden wird. Bei dem Auftragen der Querprofile, in welche dann gewöhnlich gleich die Profile des Straßenkörpers behufs der Massenberechnung eingetragen werden, bedient man sich für die Längen und die Höhen desselben Maßstabs, und zwar eines größeren Maßstabs von 1:200, oder wenn die Unebenheit des Terrains unbedeutend ist, von 1:100. In Fig. 117 ist ein solches Querprofil im Maßstabe 1:200 dargestellt.

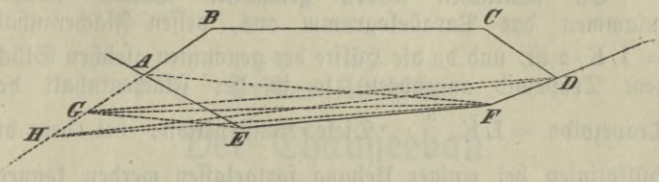
Fig. 117.



Da ein besonderes Kapitel über Querprofil- und Massenberechnungen einzufügen, zu weit führen würde, so möge hier nur eine Methode der Berechnung der Querprofile Erwähnung finden, die als durchaus empfehlenswert bezeichnet werden muß, aber leider immer noch zu wenig Anwendung findet, das ist die Methode durch geometrische Konstruktion. Wenn in Fig. 118 die Linie A E F D das Querprofil des Geländes in einer Station darstellt und A B C D den geschütteten Bahnkörper, so läßt sich Figur A B C D F E, deren Flächeninhalt gefunden werden soll, leicht in das Trapezoid H B C D verwandeln auf folgende Weise: Zieht man die Linie A F und parallel zu ihr durch E die Linie E G, die

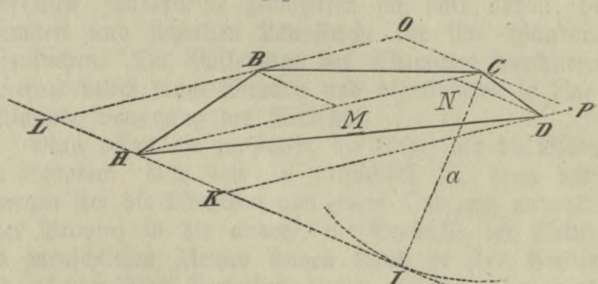
die Verlängerung der Linie AB in G trifft, und verbindet G mit F, so ist die Figur GBCDF gleich der ursprünglichen

Fig. 118.



Figur, denn das abgeschnittene Dreieck AEF ist gleich dem Dreieck AGF. In gleicher Weise wird das Dreieck GFD abgeschnitten und durch das Dreieck GHD ersetzt, und es ist somit die ursprüngliche Figur in das gleiche Trapezoid HBCD verwandelt. Dieses Trapezoid, das in Fig. 119

Fig. 119.



nochmals dargestellt ist, läßt sich nun leicht durch Konstruktion in ein Rechteck verwandeln, dessen eine Seite beliebig gewählt ist. Zu diesem Zwecke schlage man von C aus mit der gewählten Seite a einen Kreisbogen, ziehe von H aus eine Tangente an den Bogen, ziehe die Diagonale HC und parallel zu ihr durch die Ecken B und D die Linien BL und DK, so ist das Produkt $\overline{LK} \cdot \frac{a}{2}$ gleich dem Trapezoid HBGD. Der Beweis ergibt sich leicht, wenn man durch

B, G unb D, wie in der Figur angegeben, Parallelen zieht. Es ist dann nämlich das $\triangle$ HKD = HND, HLB = HMB, BMH = BOH, DNG = DGP.

Die sämtlichen soeben genannten Dreiecke machen zusammen das Parallelogramm aus, dessen Flächeninhalt $= \overline{LK} \cdot a$ ist, und da die Hälfte der genannten gleichen Stücke dem Trapezoid angehören, so ist der Flächeninhalt des Trapezoids $= \overline{LK} \cdot \frac{a}{2}$. Diese Konstruktion, bei der die Hülfslinien bei einiger Uebung fortgelassen werden können, ist sehr einfach, und wenn der Radius a für alle Profile $= 1$ gewählt wird, so ist der Flächeninhalt immer $\frac{LK}{2}$, was sich direkt an der Linie HK abgreifen läßt.

Dritter Abschnitt.

Der Chausseebau.

A. Geschichtliches.

Die Wege sind so alt als die Menschen. Schon die ersten Nomadenvölker pflegten bei der fortwährenden Veränderung ihres Wohnsitzes sich nicht lange dem Zufall zu überlassen, sondern sie gewöhnten sich bald daran, die bequemsten und sichersten Landstriche für ihre Wanderungen aufzusuchen. Die Völkerzüge des Altertums durchliefen oft außerordentlich lange Strecken und begründeten so eine ganz bestimmte Bewegung des Verkehrs.

Man pflegt oft zu sagen, die Wege sind die Blutgefäße der Staaten. Und dem ist tatsächlich so, denn durch sie bewegen sich die Menschen von einem Ort zum anderen, von einer Provinz in die andere, die Produkte der Natur und des menschlichen Fleißes finden durch sie ihre Verbreitung und gleichmäßige Verteilung, und die Bewegung und das Leben des Mittelpunktes eines Landes ergießt sich durch sie nach allen Seiten hin, bis in die entferntesten Gegenden. Sehr bald erkannten die vorgeschritteneren Völker, welchen außerordentlichen Einfluß die Wege auf ihr Wohlbefinden, auf das Gedeihen ihrer Wohlfahrt und auf die Verteidigungsfähigkeit ihres Landes ausübten.

Auch heute noch, obgleich in zweite Linie zurückgedrängt durch die Eisenbahnen, sind die Wege eine der hauptsächlichsten Ursachen für das Aufblühen der Staaten, und die Entwickelung der Straßen ist, wenn man die gar zu spärlich bevölkerten Länder vielleicht ausnimmt, der sicherste Maßstab für den Reichtum einer Gegend.

Es ist ganz irrig, anzunehmen, daß nach Herstellung der Eisenbahnen die Straßen an Wichtigkeit verloren hätten, im Gegenteil, ihre Bedeutung hat sich erhöht; denn ein solches Hauptverkehrsmittel, eine so mächtige Kraft im Transportwesen, als die Eisenbahnen es sind, erfordert zahlreiche und bequeme Zufuhrwege, auf denen die Produkte des Ackerbaues und der Industrie von allen Seiten her frei und ungehindert herbeiströmen können. Es erscheint wohl unbedeutend, und ist doch ein Gegenstand von außerordentlicher Wichtigkeit, die Kenntnis der besten Methoden der Herstellung und Unterhaltung der Wege weiter zu verbreiten; denn die kleinste Verbesserung setzt sich sofort um in eine Ersparnis für diesen oder jenen Transport und aus der Zusammenhäufung aller dieser Ersparnisse erwachsen für ein ganzes Land außerordentliche Reichtümer.

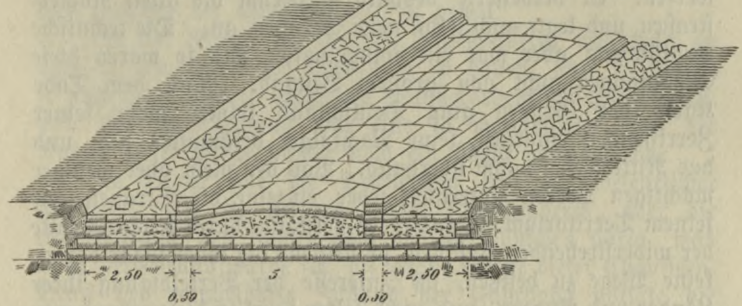
Die öffentliche Aufmerksamkeit, welche eine zeitlang durch das Eisenbahnfieber erfaßt, sich von den Straßen abgewendet hat, ist schon teilweise wieder rege geworden und wird noch mehr auf dieselben zurückkommen; und die Gegenden, welche mit zu großem Eifer bestrebt waren, sich in den Besitz einer normalspurigen Eisenbahn zu bringen, werden bald einsehen, daß sie erst der Wege bedurften, als derjenigen Nebenflüsse des lokalen Handels und Verkehrs, durch welche der Hauptstrom des Weltverkehrs seine Nahrung erhält.

Die Geschichte des Wegebaues im mittleren Europa beginnt mit dem Erstehen des römischen Kaiserreiches.

In den Jahren 58 bis 50 vor Christigeburt unterwarf C. Julius Cäsar ganz Gallien und betrat Germanien und Britannien mit seinen siegreichen Heeren. In noch größerem Umfang wurden diese Kriege gegen die Germanen fortgesetzt in der Zeit kurz vor Christi Geburt durch Drusus und Tiberius, und in den Jahren 14 bis 16 unserer Zeitrechnung durch Germanicus, des Drusus Sohn, dem der Arminius mit seinen Scharen entgegenstand. Die Römer erkannten bald, daß in den unwirtsamen Gegenden Galliens und Germaniens eine schnelle Bewegung ihrer Heere nur möglich sei auf guten

Wegen. So erbauten sie die sogenannten Römerstraßen, und zwar von einer solchen Festigkeit und Dauer, daß zahlreiche Reste sich noch in unsere Zeit wohl erhalten haben. In Fig. 120 ist eine Römerstraße dargestellt, bestehend aus drei

Fig. 120.



Teilen, einem mittleren, als Hauptweg für die Truppen, und zwei seitlichen Teilen für das Fuhrwerk und die Lasttiere. Die Ausführung war eine äußerst sorgfältige und geschah vollständig in Mörtel.

Mit dem Verfall des römischen Reiches und als im Jahre 375 nach Christi Geburt die wilden Horden der barbarischen Völker aus dem Innern Asiens, die Hunnen, anfingen sich über Europa zu verbreiten, verfielen auch die Römerstraßen. Gegen das Jahr 460 war zwar das Hunnenreich wieder zerfallen, aber es fehlte eine einheitliche Regierung, die ein Interesse hätte dafür haben können, die Verkehrswege zu verbessern. Erst gegen das Jahr 600 läßt Brunehilde, Königin von Austrasien, worunter die Länder auf den beiden Ufern des Rheins, einschließlich der Auvergne, Lothringens und Belgiens zu verstehen sind, die Römerstraßen ihres Reiches wieder herstellen, was zwar nicht mit der Sorgfalt und Sachkenntnis ihrer Erbauer geschah, aber doch immerhin so, daß die Straßen wieder lange Zeit dem Verkehr dienen konnten und bis auf den heutigen Tag erhalten wurden.

Nach dem Namen dieser Königin tragen die betreffenden Chausseen noch jetzt den Namen Brunehilden-Chausseen. Die Notwendigkeit des Vorhandenseins guter Wege erkannte von neuem Karl der Große (768—814), weil ihm bei den vielfachen Kriegen, die er führte, daran gelegen war, seine Truppen schnell von einem Kampfplatz auf den anderen zu werfen. Er verbesserte deshalb wiederum die alten Römerstraßen und legte auch selbst neue Straßen an. Die technische Ausführung aber war ein mangelhafte, und so waren diese Schöpfungen nicht von großem Bestand. Nach dem Tode Karls des Großen ging Deutschland immer mehr seiner Zerrissenheit entgegen, seine Nachfolger bekämpften sich, und das Ritterwesen nahm überhand. Von den mehr oder weniger mächtigen Herren unterhielt jeder einzelne die Straßen auf seinem Territorium, so gut er es verstand, durch Frohendienste der widerstrebenden Vasallen, ja meistens lag ihnen sogar daran, keine Wege zu besitzen, im Interesse der Verteidigung ihrer Länder und Burgen, und nicht selten wurden die vorhandenen Wege gewaltsam zerstört, um dem Feinde den Anmarsch zu erschweren. Auch sonst hatte das Leben und der Verkehr des Mittelalters kein Bedürfnis nach guten Wegen, denn die Ritterfamilien, Herren wie Damen, legten ihre Wanderungen und ihre Reisen zu Pferde zurück. Der Handel aber lag vollständig darnieder und wurde für nichts erachtet. Sollten aber einmal Waren von einem Ort zum anderen, von einer Provinz in eine andere gebracht werden, so bediente man sich lieber der Saumtiere, sie waren nicht so schwerfällig und konnten leichter vor dem Raubwesen geschützt werden.

Die Arbeiten, welche an den Wegen ausgeführt wurden, waren somit höchst untergeordneter Art. Man richtete einigermaßen das Gelände zu, ebnete es ein und füllte die Löcher mit Steinen aus, ohne für ein regelmäßiges Profil, oder irgendwelche Abwässerung Sorge zu tragen. Diese Zustände blieben viele Jahrhunderte hindurch unverändert, und zwar waren die Städte nicht viel besser daran als das flache Land, denn noch im zwölften Jahrhundert waren selbst die Hauptstädte der Länder nicht, oder doch nur teilweise und höchst mangelhaft gepflastert, bis man endlich im 17. und 18. Jahrhundert anfing, auch vor den Toren der Hauptstädte und Residenzen schmale gepflasterte Wege mit anschließenden breiten Erdwegen anzulegen. Die schmalen Pflasterbahnen genügten, um den Equipagen des Hofes eine bessere Fahrstraße zu sichern, und die breiten Erdwege daneben, begrenzt und eingefaßt mit stattlichen Baumreihen, dienten dazu, dem Wege das Ansehen der Großartigkeit zu geben.

In der Mitte des vorigen Jahrhunderts fing man an auch in den Provinzen Chausseen zu bauen, aber sie waren so ungeschickt traziert, enthielten so außerordentliche Steigungen, und ihre Unterhaltung war eine so mangelhafte, daß der Nutzen dieser Wege immer noch ein höchst geringer war.

In Bezug auf die Trazierung trat ein wesentlicher Fortschritt ein im Anfang dieses Jahrhunderts, aber die Unterhaltung ließ immer noch viel zu wünschen übrig, was wohl der Grund wurde für die große Breite dieser Chausseen. Denn der mangelhafte Zustand der Fahrbahn nötigte die Fuhrwerke, öfter neue Geleise aufzusuchen, um überhaupt noch vorwärts zu kommen.

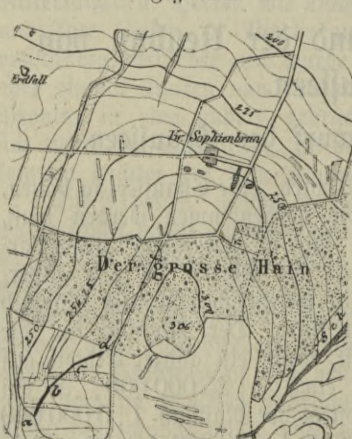
B. Der Entwurf und der Neubau von Chausseen.

I. Ueber den Entwurf der Chausseen.

Wenn die Aufgabe gestellt wird, eine Chaussee zu bauen, so ist die erste Handlung, die vorgenommen werden muß, die Besichtigung einer Karte, auf welcher die Gegend dargestellt ist. Die Vollständigkeit der Karten ist nun außerordentlich verschieden und hängt wesentlich von dem Maßstab ab, in welchem sie ausgeführt sind. Der Maßstab für die Karten in einem Schulatlas ist, wenn ein ganzer Erdteil auf einem Blatt dargestellt ist, etwa 1 : 25 000 000; ist ein einzelnes Land dargestellt, so pflegt der Maßstab 1 : 5 000 000 zu sein, und wenn der Maßstab 1 : 500 000 beträgt, so ist die Karte schon recht genau, und es können auf einer solchen

Karte alle Ortschaften ohne Unklarheit dargestellt werden, denn wenn die zwei Orte in Wirklichkeit auch nur 4 km von einander entfernt sind, so sind sie auf der Karte schon 8 mm von einander entfernt und können somit recht gut in ihrer Lage von einander unterschieden werden. Alle diese Karten sind aber zu klein, und selbst die Generalstabskarten im Maßstab 1:100 000 haben nur Wert für eine ganz oberflächliche Orientierung. Es ist also notwendig, eine andere Art Karten zur Hülfe zu nehmen, und solche brauchbare Karten sind vorhanden in den Meßtischblättern, im Maßstab von 1:25 000. Auf diesen Karten lassen sich nicht nur die Entfernung der Orte von einander genau abmessen, sondern sie geben auch Gelegenheit, die Höhenunterschiede im Gelände zu erkennen, und zwar durch die eingezeichneten Höhenkurven. Eine Höhenkurve ist eine Linie, durch welche alle Punkte im Gelände mit einander verbunden sind, welche in einer Höhe über N.N. liegen. Die nebenstehende Figur zeigt einen Teil eines solchen Meßtischblattes, aber nicht in dem richtigen Maßstabe von 1:25 000, sondern in einem etwas verkleinerten Maßstabe.

Fig. 121.



Wenn aber für zwei Punkte die horizontale Entfernung l und der Höhenunterschied h zwischen dem Anfangs- und Endpunkte gegeben sind, so ist auch das Steigungsverhältnis dieser Linie bekannt. Dasselbe ist stets der Quotient aus dem Höhenunterschied und der Länge, also $\frac{h}{l}$.

Für jede Chaussee ist aber das Maximalsteigungsverhältnis, je nach der Bedeutung des Weges gegeben. Es wird nun, im Interesse einer leichteren Schreibweise und einer einfachen Rechnung, das Steigungsverhältnis meistens nicht als ein Bruch angegeben, sondern in Prozenten ausgedrückt, und zwar in der Weise, daß h stets angibt, um wieviel Meter die Linie auf 100 m Länge steigt. Danach ergeben sich die üblichsten Steigungsverhältnisse, wie folgt:

$$\frac{1}{15} = 0{,}066 = 6{,}6\,\%; \quad \frac{1}{18} = 0{,}055 = 5{,}5\,\%$$

$$\frac{1}{20} = 0{,}05 \;\; = 5 \;\;\%; \quad \frac{1}{25} = 0{,}04 \;\; = 4 \;\;\%$$

$$\frac{1}{30} = 0{,}03 \;\; = 3{,}33\,\% \quad \frac{1}{40} = 0{,}025 = 2{,}5\,\%;$$

$$\frac{1}{50} = 0{,}02 \;\; = 2 \;\;\% \quad \frac{1}{100} = 0{,}01 \;\; = 1 \;\;\%;$$

Auf dem umstehenden Meßtischblatte sind die immer um 25 m in der Höhenlage verschiedenen Höhenkurven stark ausgezogen. Dazwischen liegen drei feinere Linien, deren Höhenunterschied 6,25 m beträgt. Soll nun vom Punkte a aus ein Weg mit 5% Steigung den Berg hinauf geführt werden, so ist bekannt, daß die Höhenkurven immer 6,25 m in der Höhe von einander entfernt sind. In der Gleichung für das vorgeschriebene Steigungsverhältnis $\frac{h}{l} = \frac{1}{20}$ ist also nur noch unbekannt $l = 20\,h = 20.\ 6{,}25 = 125$ m. Es ist also zwischen die Höhenkurven immer eine Strecke von 125 m Länge einzufügen, und das ist geschehen durch die Linien a b, b c und c d. Die Linie a b c d stellt also einen Wegezug dar, der mit 5% Steigung den Berg hinauf führt.

Nach den Vorschriften für Chausseebauten in Preußen vom 17. Mai 1871 soll das Gefälle höchstens betragen: im Gebirge 5%, im Hügelland 4%, im Flachlande 2,5%. Bei anhaltenden Steigungen von größerer Gesamthöhe, als 30 m, und von stärkeren Steigungen, als 4%, ist auf jeder folgenden Höhe von 30 m das Gefälle um 5% zu ermäßigen, bis das Verhältnis von 4% erreicht ist. In Entfernungen von 600 m bis 800 m sollen Ruheplätze von

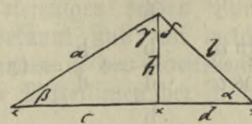
30 m Länge mit einer Steigung von höchstens 1% angelegt werden. Hierzu sei bemerkt, daß im Gebirge die Maximalsteigungen von 5% sich nicht wird überall innehalten lassen, wenn die Erdarbeiten nicht eine unverhältnismäßige Höhe erreichen sollen. Es kann auch ohne Bedenken bis zu einer Steigung von 6,5% herabgegangen werden, wenn man erwägt, daß bei schlechten Wegen im Gebirge Steigungen von $\frac{1}{12} = 8{,}3\,\%$ und sogar $\frac{1}{10} = 10\,\%$ nicht zu der Seltenheit gehören.

Ist so eine Linie in die Meßtischblätter eingezeichnet, so beginnen die Arbeiten im Felde, wobei die gezeichnete Linie durch die Einzelheiten im Gelände und infolge der Prüfung der Steigungen mit dem Nivellierinstrument noch mehrfach Abänderungen erfahren wird. Es würde zu weit führen, hier alle die Punkte ausführlicher zu behandeln, die bei den Vorarbeiten im Felde zu beachten sind, auch erscheint dieses für die Erreichung des vorgesteckten Ziels nicht notwendig, weil keinem jüngeren Bautechniker selbständig Vorarbeiten werden übertragen werden, der nicht vorher Gelegenheit gehabt hat, durch einen älteren erfahrenen Techniker in der Praxis unterrichtet worden zu sein.

Wenn nun endlich eine Linie im Polygon, das heißt aus lauter geraden Linien bestehend, die unter einem gewissen Winkel in den Winkelpunkten zusammenstoßen, im Felde abgesteckt ist, so werden die Krümmungen bei den Winkelpunkten eingeschaltet, wobei der Radius für den Bogen womöglich nicht kleiner als 40 m, wenn auf Langholzverkehr gerechnet werden muß, unter keinen Umständen aber kleiner als 30 m genommen werden darf. Für das Abstecken der Bogen gibt es viele Verfahren, von denen hier nur eins als praktisch und leicht ausführbar näher beschrieben werden soll, wie dies bereits in dem Abschnitt, welcher vom Kreis handelt, angedeutet worden ist. Es erscheint jedoch notwendig, zuvor die hauptsächlichsten trigonometrischen Funktionen sinus, cosinus und tangente kennen zu lernen.

Die trigonometrischen Funktionen sind Verhältniszahlen der Seiten in einem rechtwinkligen Dreieck. Wird in einem beliebigen Dreieck von einer Spitze aus eine Senkrechte auf die Gegenseite gefällt und heißen die Winkel α (alpha) β (beta) γ (gamma) δ (delta), so sind die trignometrischen Funktionen folgende:

Fig. 122.



$$\sin\alpha = \frac{h}{b}; \ \sin\beta = \frac{h}{a}, \ \sin\gamma = \frac{c}{a}; \ \sin\delta = \frac{d}{b}$$

Der Sinus eines Winkels ist der Quotient aus der gegenüberliegenden Seite und der Seite, welche dem rechten Winkel gegenüber liegt.

$$\cos\alpha = \frac{d}{b}; \ \cos\beta = \frac{c}{a}; \ \cos\gamma = \frac{h}{a}; \ \cos\delta = \frac{h}{b}$$

Der Cosinus eines Winkels ist der Quotient aus der anliegenden Seite und der den rechten Winkel gegenüberliegenden Seite.

$$\operatorname{tang}\alpha = \frac{h}{d}; \ \operatorname{tang}\beta = \frac{h}{c}; \ \operatorname{tang}\gamma = \frac{c}{h}; \ \operatorname{tang}\delta = \frac{d}{h}.$$

Wir bemerken nun leicht, daß bei dem Sinus und dem Cosinus die Verhältniszahlen immer wiederkehren, und zwar sind $\sin\alpha = \cos\delta$; $\sin\beta = \cos\gamma$; $\sin\gamma = \cos\beta$; $\sin\delta = \cos\alpha$.

Die beiden spitzen Winkel in einem rechtwinkligen Dreieck, deren Summe ebenfalls einem rechten Winkel gleich ist, werden Complementwinkel genannt, und der Satz heißt dann: der Cosinus eines spitzen Winkels ist gleich dem Sinus seines Complementwinkels.

Eine ähnliche Beziehung ist vorhanden zwischen dem Sinus und Cosinus einerseits und der Tangente andererseits. Wir finden zwar bei der Tangente nicht dieselben Quotienten wieder, aber die Tangenten sind entstanden aus dem

Sinus und Cosinus, und zwar dadurch, daß der Sinus durch den Cosinus desselben Winkels dividiert worden ist.

$$\frac{\sin\alpha}{\cos\alpha}=\frac{\frac{h}{b}}{\frac{d}{b}}=\frac{h}{d}=\operatorname{tang}\alpha;\quad \frac{\sin\beta}{\cos\beta}=\frac{\frac{h}{a}}{\frac{c}{a}}=\frac{h}{c}=\operatorname{tang}\beta;$$

$$\frac{\sin\gamma}{\cos\gamma}=\frac{\frac{c}{a}}{\frac{h}{a}}=\frac{c}{h}=\operatorname{tang}\gamma;\quad \frac{\sin\delta}{\cos\delta}=\frac{\frac{d}{b}}{\frac{h}{b}}=\frac{d}{h}=\operatorname{tang}\delta.$$

Es soll nun endlich noch kurz untersucht werden, wie der Sinus durch den Cosinus und der Cosinus durch den Sinus ausgedrückt werden können, weil diese Beziehungen beim Abstecken der Bögen gebraucht werden. Nach dem Pythagoräischen Lehrsatz ist in der Figur $b^2 = h^2 + d^2$. Es ist aber auch $(\sin\alpha)^2$, wofür geschrieben wird $\sin^2\alpha$, um anzudeuten, daß nicht etwa α in das Quadrat erhoben werden soll, sondern das ganze Verhältnis $\sin\alpha$, also $\sin^2\alpha = \frac{h^2}{b^2}$ und $\cos^2\alpha = \frac{d^2}{b^2}$, und somit $h^2 = b^2 \cdot \sin^2\alpha$ und $d^2 = b^2\cos^2\alpha$, folglich

$$b^2 = b^2\sin^2\alpha + b^2\cdot\cos^2\alpha = b^2(\sin^2\alpha + \cos^2\alpha)$$

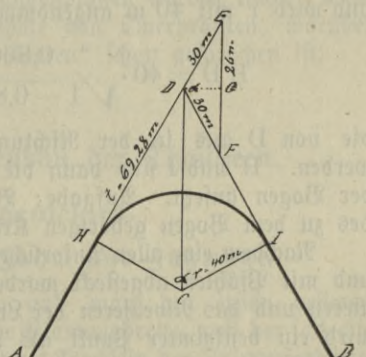
und, wenn auf beiden Seiten mit b^2 dividiert wird,

$$1 = \sin^2\alpha + \cos^2\alpha, \text{ woraus sich ergibt}$$

$$\sin\alpha = \sqrt{1-\cos^2\alpha}$$
$$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha}.$$

Sollen zwei sich in einem Punkte schneidende Linien durch einen Bogen verbunden werden, so ist zu erwägen, daß im Chausseebau der Radius des Bogens nicht unnütz größer genommen werden wird, als er sein muß, damit ein Langholzwagen anstandslos die Strecke befahren kann, wozu ein Radius von 40 m genügt. Ein solcher Bogen läßt sich aber mit der Meßkette leicht in der Wirklichkeit abstecken, wenn nur der Mittelpunkt und diejenigen beiden Punkte auf den sich schneidenden Linien bekannt sind, an welchen der Bogen zu beginnen hat. Sind nun in der nebestehenden Figur (Fig. 123) AD und BD die Mittellinien der in dem Punkte D zusammentreffenden beiden geraden Strecken, so wird von D aus mit möglichster Genauigkeit in der Richtung von AD eine beliebige Länge DE, hier 30 m, abgemessen und eine gleiche Länge auf der Linie DB, wieder von D aus in der Richtung nach B, diese letztere Linie reiche bis F. Wird nun F mit E verbunden, genau gemessen, hier 52 m, bei G halbiert und G mit D verbunden, so ist der Winkel EDG gleich dem halben Centrierwinkel

Fig. 123.



α also gleich $\frac{\alpha}{2}$, was mit Hülfe der früheren Sätze bewiesen werden kann. Es ist nun aber die Länge $HD = r \cdot \text{tang}\frac{\alpha}{2}$, denn $\frac{HD}{r}$ ist gleich $\text{tang}\frac{\alpha}{2}$. Läßt sich also der Winkel $\frac{\alpha}{2}$ berechnen, so ist auch die Tangente HD bekannt. Nun ist aber $\text{tang}\frac{\alpha}{2} = \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\cos\frac{\alpha}{2}}$ und da $\cos\frac{\alpha}{2} = \sqrt{1 - \sin^2\frac{\alpha}{2}}$, so ist $\tan\frac{\alpha}{2} = \frac{\sin\frac{\alpha}{2}}{\sqrt{1-\sin^2\frac{\alpha}{2}}}$. Nach den gemessenen Längen ist $\sin\frac{\alpha}{2} = \frac{26}{30} = 0{,}866$. Somit $HD = r\frac{0{,}866}{\sqrt{1-0{,}866^2}}$, und wird r mit 40 m angenommen, so ist

$$HD = 40 \cdot \frac{0{,}866}{\sqrt{1-0{,}866^2}} = 69{,}28 \text{ m},$$

die von D aus in der Richtung auf A und B gemessen werden. H und I sind dann die Tangentenpunkte, bei denen der Bogen ansetzt. Aufgabe: Bestimme den Mittelpunkt C des zu dem Bogen gehörigen Kreises.

Nachdem eine allen Ansprüchen genügende Linie gefunden und mit Pfählen abgesteckt worden ist, beginnt das Stationieren und das Nivellieren der Linie. Für das Stationieren wird ein bestimmter Punkt als Anfangspunkt angenommen, und von ihm aus werden nun die Stationen in Längen zu 50 m aneinander gelegt und durch Pfähle von etwa 1 m Länge und 6 bis 8 cm Stärke, die genau nach der Mittellinie ausgerichtet sind und bis auf etwa 30 cm Höhe eingeschlagen werden, gekennzeichnet. Auf jedem Pfahl wird an der Seite nach dem Anfangspunkt zu die Stationsnummer deutlich aufgeschrieben, und zwar so, daß die ganzen Zahlen die ganzen Stationen von 100 m Länge bezeichnen und in den Zwischenstationen die Zahl der Meter, um welche sie von der ganzen Station entfernt sind, mit dem Pluszeichen hinzugesetzt wird. Der Punkt also, welcher 250 m von dem Nullpunkt entfernt ist, würde bezeichnet werden mit $2+50$.

Bevor zum Nivellement geschritten wird, muß noch vor jedem Stationspfahl ein Geländepfahl geschlagen werden, 5 cm im Quadrat und 60 cm lang, dessen Oberkante genau in der Erdgleiche liegt und auf dessen Kopf die Nivellierlatte aufgestellt wird. Gleichzeitig mit dem Nivellieren der Stationspunkte werden auch noch solche Punkte innerhalb der Stationen nivelliert, welche sich durch eine höhere oder tiefere Lage besonders gegen die Lage der Stationspunkte auszeichnen, und außerdem feste Punkte seitlich der Linie, wie Brüstungsmauern und Häuserplinthen, die unverrückbar sind und Fixpunkte genannt werden und an die beim Bau der Chaussee, wenn die Nivellementspunkte verloren gegangen sein sollten, immer wieder angeschlossen werden kann. Endlich erfolgt noch die Aufnahme von Querprofilen, worüber in dem Abschnitt „das Nivellieren“ schon gesprochen ist.

II. Von dem Neubau der Chausseen.

1. Allgemeines.

Die Breite der Fahr- und Fußwege.

Wie bereits erwähnt, gab man den ersten besseren Chausseen eine sehr bedeutende Planumsbreite, weil der schlechte Zustand der Fahrbahn ein öfteres Wechseln der Spur erforderte. Seitdem jedoch bessere Unterhaltungsmethoden angenommen wurden, ist eine allzugroße Breite nicht mehr notwendig, und die Fahrbahnbreite kann so schmal gewählt werden, als es der Verkehr gerade erfordert. Die Wahl der Breite eines Weges darf aber nicht willkürlich erfolgen, wie es leider noch sehr oft geschieht, sondern muß nach bestimmten Grundsätzen getroffen werden, unter Berücksichtigung des jedesmaligen Verkehrs.

Wenn eine Chaussee für einen Wagen oder für zwei, drei sich kreuzende Wagen Raum gewähren soll, so muß die Breite der Fahrbahn genau nach diesen Voraussetzungen bestimmt werden, nicht aber so, daß die Breite für die voraussichtliche Anzahl nebeneinander fahrender Wagen zu klein oder zu groß ist. Wird sie zu klein bestimmt, so müssen die Wagen beim Ausbiegen stets auf die Banketts fahren, wird sie zu groß angenommen, so geschieht dies auf Kosten der

Breite der Banketts oder der anliegenden Ländereien. Beides ist verwerflich.

Bis vor nicht allzulanger Zeit wurde auf die Anlage von Fußwegen oder Banketts überhaupt keine Rücksicht genommen, und im Anfang dieses Jahrhunderts waren selbst die Straßen der Städte noch ohne Fußwege. Jetzt ist das Bedürfnis nach erhöhten Fußwegen ein allgemeines und in Ortschaften und in der Nähe von Ortschaften, gleichgültig ob Stadt oder Dorf, sollte man die Chausseen gleich mit erhöhten Fußwegen anlegen. Es geschieht dieses nicht nur im Interesse des Fußgängerverkehrs, sondern gleichzeitig im Interesse der Unterhaltung der Chaussee, weil sie viel leichter trocken und rein gehalten werden kann, als wie wenn sich Erdbanketts oder gar Sommerwege an den Steindamm anschließen.

Als geringste Breite eines Fußweges für eine Person ist das Maß von 1,00 m anzunehmen, wenn die Person sicher sein soll, daß sie von den überstehenden Teilen des Wagens und der Ladungen nicht belästigt wird. Sollen zwei Menschen sich gerade ausweichen können, während ein vollbeladener Wagen dicht an den Hochbord heranfährt, so muß der Fußweg mindestens 1,30 m breit sein.

Bei der Bestimmung der Fahrbahnbreite muß davon ausgegangen werden, daß nicht die Spurweite der Wagen oder die Länge der Achsen derselben für die Breite maßgebend sind, sondern die Wagen in vollbeladenem Zustande. Als gesetzlich zulässige größte Ladebreite gilt augenblicklich noch das Maß 2,82 m, es wird jedoch voraussichtlich, dem gegenwärtigen Bedürfnis mehr entsprechend, bei einer erneuten Festsetzung dieses Maßes die Breite von rund 3 m als größtes zulässiges Lademaß vorgeschrieben werden, so das es sich empfiehlt, schon jetzt diese Breite überall zu Grunde zu legen.

Unter diesen Gesichtpunkten, unter Berücksichtigung eines gewissen Spielraums und unter Berücksichtigung andererseits, daß nicht alle Wagen gleichzeitig voll beladen sein werden, ergeben sich folgende Breiten als angemessen für Steinbahnen:

Für einen Wagen . . .	3,00	m
„ zwei „ . . .	5,00	„
„ drei „ . . .	7,50	„
„ vier „ . . .	10,00	„
„ fünf „ . . .	12,00	„

Hierbei ist angenommen, daß die Ladung um ein gewisses Maß auf den Fußweg hinüberragt, und das etwaige Baumpflanzungen oder Laternenständer 0,50 m von der Vorderkante der Bordsteine zurückstehen.

Das Profil der Chausseen.

Für die Wagen wäre unzweifelhaft das geschickteste und angenehmste Profil das der geraden und horizontalen Linie, weil dann jedes seitliche Rutschen vermieden wäre, und die Ladung sich stets im Gleichgewicht befinden würde. Ein solches Profil ist aber unausführbar, denn das Wasser könnte nicht von der Straße abfließen, und die Bildung von Geleisen und Schlaglöchern würde außerordentlich begünstigt werden. Nichts desto weniger muß darnach gestrebt werden, sich möglichst dem horizontalen Profil zu nähern, und dies wird um so mehr möglich sein, je dauerhafter die Fahrbahn hergestellt ist, und je sorgfältiger sie unterhalten wird.

Man stellt deshalb überall die Oberfläche einer Fahrbahn mit Wölbung her. In dem Streben, eine möglichst gute Abwässerung zu schaffen, ging man jedoch früher zu weit in der Wölbung. Man gab ihr einen sehr bedeutenden Pfeil in der Mitte und übersah dabei, daß eine so stark gewölbte Fahrbahn an den Rändern gar nicht benutzt werden kann, weil die Wagen, besonders bei einigermaßen nassem und schneeigem Wetter, sobald sie sich dem Rande nähern, herabrutschen mußten und somit Gefahr liefen, umzuwerfen und die Banketts zu zerfahren. Die Folge davon ist, daß sich bei solchen Straßen das Fuhrwerk hauptsächlich nach der Mitte drängen wird und hier eine unverhältnismäßig starke Abnutzung erzeugt, während die Ränder unbenutzt bleiben.

Der Kreisbogen als Wölbung hat nun insofern eine nicht geeignete Form, als die Wölbung in der Mitte der Fahrbahn geringer ist, als an den Seiten. Dieses Mißverhältnis wird vermieden durch die Form der Parabel. Da nun kein Grund vorhanden ist, diese ganz unstreitig rationellere Form nicht anzuwenden, und es auch gar keinen Unterschied macht, ob die Schablone als Kreisbogen oder als Parabel hergestellt wird, wenn sich der betreffende Beamte nur die Mühe gibt, dem Zimmermann beim Aufreißen der Schablone behülflich zu sein, so soll hier die Art der Herstellung der Parabellinie angegeben und die Anwendung auf das bringendste empfohlen werden.

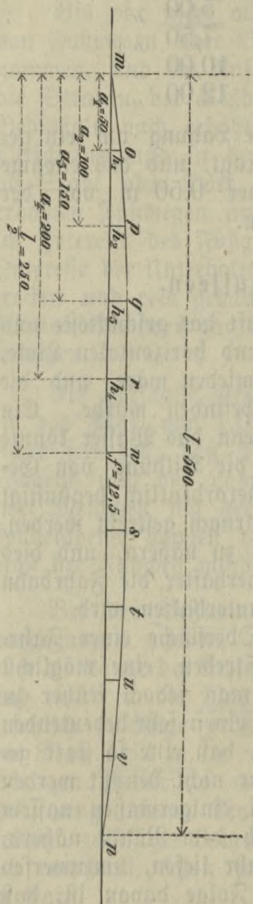


Fig. 124.

Der hier folgenden Berechnung ist Fig. 124 zu Grunde gelegt.

Da der Pfeil f und die Längen a_1, a_2, a_3, a_4, ebenso wie l, die Breite der Fahrbahn, bekannt sind, so bleibt nur an jedem Punkte der Einteilung die Höhe h_1, h_2, h_3 und h_4 noch zu bestimmen. Die allgemeine Formel für diese rechtwinklig auf der Linie m n aufzutragenden Höhen lautet:

$$h = \frac{4\,f\,a\,(l - a)}{l^2}.$$

Für die Berechnung eines bestimmten Falls ist nun zunächst darauf zu achten, daß alle Maße in derselben Einheit angegeben werden, das Resultat für h erscheint dann in demselben Einheitsmaße, welches auf der rechten Seite der Gleichung für f, a und l angewendet worden ist. In dem vorliegenden Beispiele sind alle Maße in Zentimetern ausgedrückt, und es berechnen sich demnach die h wie folgt:

$$h_1 = \frac{4 \cdot 12{,}5 \cdot 50\,(500 - 50)}{500^2}.$$

l^2 kommt bei jedem h vor, es wird also zunächst ausgerechnet und beträgt hier 250 000, ebenso ist $l - a$ immer leicht zu bestimmen, es ist die noch übrig bleibende Breite der Straße, nachdem a von der ganzen Breite abgezogen ist. Ferner kommt 4 f auch bei jedem h vor, es beträgt hier $4 \cdot 12{,}5 = 50$.

Demnach schreibt man gleich:

$$h_1 = \frac{50 \cdot 50 \cdot 450}{250\,000} = 4{,}50 \text{ cm.}$$

$$h_2 = \frac{50 \cdot 100 \cdot 400}{250\,000} = 8{,}00 \text{ cm.}$$

$$h_3 = \frac{50 \cdot 150 \cdot 350}{250\,000} = 10{,}50 \text{ cm.}$$

$$h_4 = \frac{50 \cdot 200 \cdot 300}{250\,000} = 12{,}00 \text{ cm.}$$

Hierdurch wären die Punkte o p q r bestimmt, und es bedarf wohl nicht der Erwähnung, daß die Punkte s t u v auf der anderen Hälfte der Schablone genau ebenso liegen, als die berechneten; der Punkt w ist an und für sich gegeben durch den Pfeil der Parabel. Es läge nun bei der Nähe der Punkte zu einander nichts im Wege, dieselben durch gerade Linien mit einander zu verbinden, andererseits aber ist es auch sehr leicht, aus freier Hand den richtigen Parabelbogen einzuzeichnen.

Bei den alten Straßen war nun die Wölbung, d. h. das Verhältnis des Pfeils in der Mitte zur ganzen Straßenbreite, sehr bedeutend und betrug $^1/_{24}$, jedenfalls viel zu stark. Als ein sehr gutes Verhältnis empfiehlt sich für Chaussierungen $^1/_{40}$ gleich $2^1/_2$ cm auf jedes Meter der ganzen Breite, bis zu $^1/_{50}$ gleich 2 cm auf jedes Meter der ganzen Breite, unter Anwendung der Parabel.

Als weitere Teile des Profils einer Chaussee sind zu nennen: Der Sommerweg, die Banketts, die Gräben und Schutzstreifen.

Der Sommerweg. Die ersten Chausseen sind, wie schon erwähnt, mit einer sehr großen Planumsbreite hergestellt, den größten Teil aber nahm die Steinbahn ein und den kleineren der Sommerweg. Nachdem man nun später zu einer besseren Herstellung der Steinbahn gelangte, wurde die Steinbahn schmaler hergestellt und somit ein Teil der früheren Breite überflüssig, der zum Sommerweg hinzugenommen wurde. Infolgedessen haben die Sommerwege auf den alten Chausseen eine viel größere Breite als die Steinbahnen, was unbedingt als ein Mißverhältnis bezeichnet werden muß. Da der Sommerweg vielfach schädlich auf den guten Zustand und erschwerend auf die Unterhaltung der Steinbahn einwirkt, so hat man sie in Frankreich ganz abgeschafft, und zwar in der Weise, daß man die Steinbahn in genügender Breite in die Mitte des Planums gelegt und die unbefestigten Seiten mit Baumreihen bepflanzt hat.

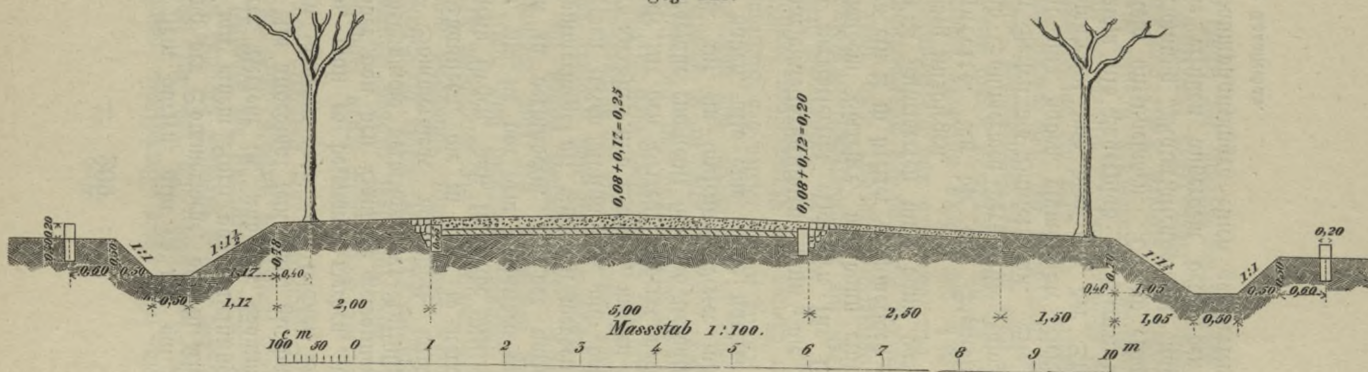
Andererseits ist nicht in Abrede zu stellen, daß in manchen Gegenden die Landwirtschaft unbedingt den Fortbestand der Sommerwege fordert, und zwar ist dies in solchen Gegenden der Fall, wo die Ackerwirtschaft hauptsächlich mit Ochsen betrieben wird und die Chausseen gepflastert sind, weil die Hufe der Ochsen auf dem Pflaster sehr bald zugrunde gehen. Ist die Steinbahn jedoch aus Schüttsteinen hergestellt, so ist auch hier der Sommerweg vollständig überflüssig und trägt nur dazu bei, die Steinbahn feucht und schmutzig zu erhalten. Wo aber die vorhandenen Sommerwege nun einmal erhalten werden müssen, da ist es in allen Fällen ein unerläßliches Erfordernis, sie gut zu unterhalten, und in erster Linie alle erdigen Teile von ihnen fern zu halten. Abgesehen von einer festen Unterlage gleichmäßig verteilter, klein geschlagener Steine, die jedoch nicht nesterweis geschüttet sein dürfen, gibt es nur ein Material für die Unterhaltung der Sommerwege, das ist Kies, und zwar gesiebter Kies mit einem Korn von Haselnußgröße überall da, wo schwerer Verkehr ist, und der Sommerweg neben Pflaster liegt. Als unbedingt fehlerhaft, gleichgültig, ob die Chausseen einen schweren oder einen leichten Verkehr zu bewältigen haben, muß es bezeichnet werden, wenn die aus den Gräben oder von den Banketts gewonnene Erde, womöglich mit Graswuchs vermischt, zur Auffüllung und Regulierung der Sommerwege verwendet wird, abgesehen vielleicht von Chausseen, die in einer so sterilen und verkehrslosen Gegend liegen, daß künstliche Mittel angewendet werden müssen, um sie vor dem Versanden zu schützen und das Fortwehen zu verhindern. In der nassen Jahreszeit müssen die Sommerwege oft eingeleist werden, so daß das Wasser stets einen freien Abfluß hat, und bei Regentagen, in der Zeit des Herbstes und Winters, müssen sie vollständig durch Sperrböcke für den Verkehr gesperrt werden.

Als Quergefälle empfiehlt sich das Verhältnis von 4% bis 5%, d. h. auf ein laufendes Meter sollen sie 4 bis 5 cm Gefälle haben, also eine etwas stärkere Neigung als die Steinbahn.

Aus Sparsamkeitsrücksichten kann die Anlage von Sommerwegen gerechtfertigt erscheinen für Chausseen mit ganz unbedeutendem Verkehre, wo dann eine 3 m breite Steinbahn und ein 2 m breiter Sommerweg genügt. Beim Begegnen von 2 Fuhrwerken muß dann das leichtere auf dem Sommerweg ausbiegen.

Die Banketts. An die aus Steinbahn oder aus Steinbahn und Sommerweg hergestellte Fahrbahn schließen sich an beiden Seiten die Banketts an. Sie sind in keiner Weise befestigt und haben einmal die Bestimmung, dem Unterhaltungsmaterial und dem von der Steinbahn abgezogenen Schlamm als Lagerplatz zu dienen und dann den Fußgängerverkehr aufzunehmen. Danach erhalten die Banketts die Bezeichnung „Materialienbankett“ und „Fußgängerbankett“. Sie erfüllen außerdem beide den gemeinsamen Zweck, den Baumpflanzungen einen gesicherten Standort zu

Fig. 125.


0,08+0,17=0,25
0,08+0,12=0,20
1:1
1:1½
0,60
0,50
1,17
0,78
0,40
2,00
5,00
2,50
1,50
1,05
0,20
Massstab 1:100.
cm
100 50 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 m

gewähren. Das Materialienbankett liegt naturgemäß auf der Seite der Steinbahn und hat eine Breite von 2 m, das Fußgängerbankett liegt auf der Seite des Sommerwegs und hat eine Breite von 1,5 m. Geringe Abweichungen von diesen Breiten möchten zulässig erscheinen, doch können die angegebenen Maße als zweckentsprechend allgemein empfohlen werden. Schmalere Banketts werden unbequem und ungenügend, sobald die Bäume etwas stärker geworden und die Baumkronen anfangen, sich auszubreiten, und breitere Banketts verteuern die Unterhaltung.

Die Gräben. Sie sollten nicht unter 0,50 m tief und in der Sohle 0,40 bis 0,50 m breit sein, die Böschungen werden meistens mit $1^1/_2$facher Anlage, die äußere Böschung wohl auch mit einfacher Anlage hergestellt. Die Reinigung der Gräben und das zeitenweise Heben derselben, wenn sie verlandet sind, ist ein nicht zu vernachlässigender Teil der Chausseeunterhaltung, und es muß als ganz irrig bezeichnet werden, wenn die Notwendigkeit der Gräben lediglich danach abgeschätzt wird, ob Wasser in ihnen fließt, wie man das wohl häufig hört. Der Graben trägt wesentlich zur Trockenhaltung des Chausseekörpers bei, und er erfüllt seinen Zweck, wenn er das von dem Planum abfließende und aus dem Chausseekörper heraussickernde Wasser in sich aufnimmt, gleichgültig, ob dies Wasser nun weiter fließt oder in die Grabensohle einzieht. Aus diesem Grunde sind auch die sogenannten Ueberfahrtsrampen ganz verwerflich. Für den Verkehr von den angrenzenden Aeckern nach der Chaussee bilden überpflasterte Brücken das einzig richtige und zulässige Verbindungsglied.

Die Schutzstreifen. Zum Schutz der Gräben sind an der Außenkante derselben 0,60 m breite Schutzstreifen, von der oberen Grabenkante aus gemessen, anzulegen.

In Fig. 125 ist das Querprofil einer Chaussee, wie es sich für mittlere Verhältnisse empfiehlt, dargestellt. Die Wölbung der Steinbahn beträgt $^1/_{50}$ der Gesamtbreite, also bei 5 m breiter Steinbahn 0,10 m, während die des Erdplanums unter der Steinbahn nur $^1/_{100}$ beträgt, also nur 0,05 m. Der Sommerweg und die Banketts fallen der

Wölbung der Steinbahn entsprechend mit 0,04 m auf 1 m Breite, oder wie man auch zu sagen pflegt, sie haben ein Quergefälle von 4 Prozent (4 %).

2. Von der Herstellung der Fahrbahnen.

Man unterscheidet im allgemeinen zwei Klassen von Steinbahnen:

1. Die aus Steinschlag hergestellten Steinbahnen, bei denen das Material in kleine Stücke geschlagen und mittelst eines mehr oder weniger feinen Füllmaterials zu einem gleichartigen Körper verbunden wird.
2. Die gepflasterten Steinbahnen, bei denen die meistens in prismatischer Form bearbeiteten Steine nach gewissen Regeln fest aneinander gestellt werden.

Eine dritte Klasse Straßenbefestigung hat noch die Unterabteilungen: Pflaster aus Holz, aus Eisen, aus künstlichen Steinen und aus Asphalt. Diese Arten kommen jedoch nur ausnahmsweise bei Chausseen vor und werden deshalb hier keine Berücksichtigung finden.

3. Die Steinschlagbahnen.

Die verschiedenen Methoden, welche bei der Herstellung der Steinschlagbahnen zur Anwendung kommen, verfolgen alle einen gemeinsamen Zweck, der darin besteht, die oberste Lage der Chaussierung aus kleinen Steinstücken herzustellen, die unter sich zu einer festen Masse verbunden sind. Diese Schicht der Steinbahn muß so hergestellt und unterhalten werden, daß die Räder der Fuhrwerke sie niemals durchbrechen und niemals auf die darunter liegende Lage, oder wenn die Schicht bis auf den gewachsenen Boden reicht, niemals bis auf den Erdboden gelangen können.

Ist auch das Ziel ein gemeinsames, so sind doch die bis jetzt eingeschlagenen Wege, um dahin zu gelangen, sehr verschiedene.

Wenn auch die Lage der Chausseen, ob feucht oder trocken, die Art des Verkehrs, ob leicht oder schwer, die

Natur der angrenzenden Ländereien, ob Sand-, Lehm- oder Humusboden, stets eine verschiedene Herstellungsweise der Steinbahnen bedingen, oder doch wenigstens zulassen werden, so ist doch nicht daran zu zweifeln, daß nach und nach die Unterschiede im Prinzip immer mehr verschwinden werden, und man dahin kommen wird, eine beste Herstellungsweise allgemein anzuerkennen, was bis jetzt noch nicht der Fall ist.

Ein Schritt vorwärts in dieser Richtung ist das Kennenlernen fremder Methoden. Wird dann diese Kenntnis mit den eigenen Erfahrungen in Beziehung und in Verbindung gebracht, so kann es nicht fehlen, daß endlich auch alle Straßenbautechniker zu ein und demselben Resultat gelangen. Es sollen deshalb hier die verschiedenen Methoden in nachstehender Reihenfolge wiedergegeben werden:

a) Das preußische Verfahren;
b) das hannoversche Verfahren;
c) das englische Verfehren;
d) das französische Verfahren.

a) Das preußische Verfahren.

Die Anweisung zum Bau und zur Unterhaltung von Kunststraßen, aus dem Jahre 1834, enthält folgende Bestimmungen in bezug auf die Steinschüttung:

Die Versteinung wird zwischen 12—15 cm starken und 25—30 cm hohen Bordsteinen, die jedoch mit ihrer oberen Fläche etwa 8 cm unter der zukünftigen Oberkante der fertigen Steinbahn liegen bleiben, ausgeführt, bei festem Material in der Mitte 21—23 cm, an den Seiten etwa 16 cm stark, bei nicht hartem Gestein in der Mitte 31 cm und an den Seiten 21—23 cm stark angelegt und besteht aus folgenden Teilen:

a) Aus einer Packlage von 6,5 bis 9 cm hohen Steinen, die mit ihrer Fläche nach unten, mit der Spitze nach oben dicht aneinander gesetzt werden, und zwar so ausgesucht, daß die höheren Steine in der Mitte, die niedrigeren an die Seite zu stehen kommen. Die zwischen den Spitzen der Packlagesteine verbleibenden Lücken werden mit Steinstücken von

5—8 cm Größe ausgefüllt und mit dem Hammer verkeilt, doch so, daß die ganze Fläche der Packlage rauh und uneben bleibt.

b) Eine zweite Steinlage aus 3—4 cm starken zerschlagenen Steinen, in einer Stärke, daß dieselben mit der Packlage zusammen $^2/_3$ der Dicke der ganzen Versteinung ausmacht. Diese Lage wird dann 2- bis 3mal mit einer leichten 3000—3500 kg schweren Walze von den Bordsteinen nach der Mitte hin abgewalzt.

c) Die obere Steinlage. Sie besteht ebenfalls aus 3—4 cm starken geschlagenen Steinen, und macht $^1/_3$ der ganzen Steinbahn aus. Diese Lage deckt den Bordstein und wird anfangs mit einer 2500—3000 kg schweren Walze, die auf 5000 bis 6000 kg Gewicht nach und nach beschwert wird, 5- bis 8mal, je nach der Härte der Steine, gewalzt, so daß ein mit 250 kg beladener Wagen darüber fahren kann, ohne merkliche Eindrücke zu hinterlassen. Die Walzung geschieht von den Kanten nach der Mitte, die Steine sollen möglichst scharfeckig, gleichförmig, würfelartig sein und so aufgebracht werden, daß die härtesten in die obere Lage kommen.

d) Endlich wird eine 5—7 cm starke Lage Kies, der, wenn er sehr mager ist, mit etwas Lehm vermischt wird, ausgebreitet und festgewalzt.

Es mag hier gleich aufmerksam gemacht werden auf die Stellung der Bordsteine, über deren Notwendigkeit und Stellung die Meinungen, wie wir sehen werden, sehr auseinander gehen. Ohne untersuchen zu wollen, ob es wünschenswert ist, die Bordsteine als ein festes Widerlager für die Schüttung beizubehalten, oder nicht, so muß doch zugegeben werden, daß sie für die späteren Erneuerungen der Decken kaum zu entbehren sind, als Richtungs- und Begrenzungssteine der Steinbahn. Ohne Bordsteine ist es sehr leicht möglich, und die Erfahrung bestätigt dies, daß die Lage und Breite der Steinbahn nach und nach vollständig verschoben wird, je nach den herrschenden Unterhaltungsmaximen, woraus ungeordnete Zustände entstehen. Durch die Stellung der Bordsteine, wie oben angegeben, also mit der Oberkante tiefer liegend, als die Oberfläche der Steinbahn, möchten alle sonstigen Bedenken als beseitigt betrachtet werden können.

b) Das hannoversche Verfahren.

Für den Chausseebau in Hannover gelten die in der technischen Anweisung zum Bau und zur Unterhaltung der Kunststraßen aus dem Jahre 1860 gegebenen Vorschriften. Die wesentlichsten Punkte sind:

(§ 48.) Die Steinschlagbahnen sind mit Bordsteinen oder Kantensteinen einzufassen, welche dazu dienen, sie abzugrenzen und Fixpunkte für die Höhen zu geben. Die glatte Seite der Bordsteine setzt man wohl nach innen, um das Walzen der Steinbahn, besonders des Unterbaues, an den Kanten zu erleichtern.

Bordsteine fehlen nur, wenn solche unverhältnismäßig teuer sind.

(§ 49.) Die Bordsteine sollen aus solidem Material bestehen, was jedoch nicht so fest, wie das der Steinbahn zu sein braucht.

(§ 50.) Mindestens so hoch, daß sie oben im Niveau der Straße, unten auf der Sohle des Erdkastens aufstehen, also 15—20 cm lang, höchstens 16 cm stark, von möglichst regelmäßiger Form, auf 8 cm von oben in den Stoßfugen schließend.

(§ 51.) Sind die Steine von ungleicher Dicke, so kommen die stärkeren nach der Seite des Sommerweges.

(§ 52.) In unzuverlässigem Boden (besonders in Einschnitten, tonigem, weichen Boden, in Waldungen ꝛc.) sind sie zum Schutz gegen Auffrieren in Unterlagen von geeignetem durchlässigen Material (Kies, Sand) zu setzen.

(§ 53.) Gut lotrecht zu setzen, weil sonst ein Umkippen beim Gegenfahren und beim Walzen zu befürchten ist, fest in den Grund und auf beiden Seiten gut hinterstampft; an der Sommerwegseite ist ein Steinschlagstreifen bis Unterkante-Bordstein zu hinterschlagen.

(§ 54.) Material zum Steinschlag. Zum Steinschlag, namentlich zur Decke, ist dasjenige Material vorzugsweise zu benutzen, welches die größte und gleichmäßigste Festigkeit, Härte, Zähigkeit und Dauerhaftigkeit besitzt, keine Poren und Risse hat, wo Wasser hineindringt, welches würfelförmigen und körnigen Steinschlag liefert, sich am vollkommensten verbindet und in der Oberfläche abglättet, im zerriebenen, zerdrückten und zersetzten Zustande weder einen klebrigen, noch sandigen, sondern kittenden, erhärtenden und abglättenden Stoff bildet. Frachtstraßen erfordern das härteste Material, Reisestraßen ein genügend festes, aber auch bequeme Bahnen lieferndes.

(§ 55.) Die Stärke oder Mächtigkeit der Steinschlagbahn hängt ab von der Beschaffenheit des Untergrundes (ob fest oder nachgibig — Durchbrüche) und des Besteinungsmaterials (ob rasch oder langsam abnutzend), von der Lage des Weges und von dem zu erwartenden Verkehr. Sie soll in konsolidiertem Zustande (gewalzt) an den Kantensteinen mindestens 16 cm, höchstens 26 cm betragen.

(§ 56.) Die Wölbung der Steinschlagbahnen soll nach der Kreislinie erfolgen und zwar um so stärker, je weniger Längsgefälle. Wenn die Straßen horizontal $^1/_{30}$ der Breite als Pfeil, bei eingeschlossener, nasser und schattiger Lage. In wenig geneigter Lage $^1/_{36}$ bis $^1/_{48}$ der ganzen Breite als Pfeil. Bei Steinbahnen von weniger als 4 m Breite ist geringere Wölbung zuläſsig, besser korbbogenartig.

(§ 57.) Bestandteile der Steinschlagbahn. In der Regel ist ein Ober- und Unterbau aus Steinschlag herzustellen, weil die makadamisierte Straße in der Unterhaltung besser als eine Straße mit Packlage, deren Abnutzung in der Decke um so rascher fortschreitet, je dünner letztere wird. Bei Mac Adam gleichmäßige Abnutzung. *)

(§ 58.) Ist aber das zum Unterbau zu verwendende Material so weich, daß es bei der Zerkleinerung nicht ausreichende Widerstandsfähigkeit behält, so muß der Unterbau durch eine Packlage gebildet werden. Die Bildung des

*) Steinschlagbahnen mit Ober- und Unterbau können überhaupt nicht makadamisiert genannt werden. Mac Adam wandte nur einen Steinschlag in der ganzen Stärke der Steinbahn an.

Der Verfasser.

Unterbaues durch Packlage von härterem Material ist nur zulässig, wenn auf der Straße nur Verkehr mit leichterem Fuhrwerk zu erwarten ist, und Kostenersparung dadurch erzielt wird.

(§ 59.) Der Unterbau einer Steinschlagbahn darf durch Grand (grober Kies) gebildet werden, wenn dadurch Kostenersparung bewirkt und die Haltbarkeit der Steinbahn nicht gefährdet wird.

(§ 60.) Zur Decklage ist ein und dasselbe Material zu verwenden, ausnahmsweise darf verschiedenartiges Gestein, jedoch von gleicher Dauerhaftigkeit und Festigkeit, gemischt verwandt werden.

(§ 61.) Der Steinschlag der Decke darf erst dann auf den Unterbau gebracht werden, nachdem er sorgfältig ausgeharkt und gesiebt ist, und das ausgeschiedene Grus wird zu besonderem Gebrauche aufbewahrt.

Das Ausharken geschieht, indem beim Verbauen der Steinschlag in Mollen geharkt wird, wobei kleine Splitter und Schmutz zurückbleiben. Das Sieben geschieht mittelst Doppelsieben. Die vertikal laufenden Drähte dürfen durch keine Querriegel unterstützt werden, und müssen die Siebe mit geringer Neigung aufgestellt werden, weil sonst der scharfe Steinschlag sich leicht zwischen den Drähten aufhängt. Das Sieben hat weniger den Zweck, den Steinschlag zu reinigen, als ihn zu sortieren, um Material von möglichst gleichem Korn zu erhalten.

a) Steinschlagbahnen mit Steinschlagunterbau.

(§ 62.) In den unteren Steinschlaglagen ist ein weicheres Material zu verwenden als zur oberen Decke, sobald dadurch Kosten erspart werden, und soweit die Haltbarkeit der Straße nicht dadurch leidet.

(§ 63.) Der Steinschlag zum Unterbau ist im Korn stärker als der zum Oberbau, jedoch das einzelne Korn nicht stärker als 150 cbcm (5,3 cm Seite) für Material von mindestens 1200 kg Festigkeit pro Quadratcentimeter und höchstens 500 cbcm (8 cm Seite) für weicheres Material.

Der Steinschlag zur Decke erhält im Korn eine Stärke von 35 bis 140 cbcm (Würfel von 3,2 bis 5,2 cm Seite), je nach der Härte des Materials und dem Gewichte des zu erwartenden Fuhrwerks. Nie feiner, als die gehörige Bindung desselben und Glätten der Bahn dies erfordert.

(§ 64.) Die einzelnen Stücke des Steinschlags möglichst von gleicher Größe und der Würfelform sich nähernd. Bildung von Grus und Splitter möglichst zu vermeiden.

(§ 65.) Die Steinschläger erhalten hölzerne Würfel als Muster des zu bildenden Korns. Die Anfertigung des Steinschlags ist sorgfältig zu überwachen, und es sind dazu geübte Steinschläger heranzubilden.

(§ 66.) Die Mächtigkeit des Unterbaues bestimmt sich nach der Beschaffenheit des Materials, der Stärke des Steinbahnkörpers, den Kosten des zum Decklager zu verwendenden Materials und nach dem zu erwartenden Fuhrverkehre.

(§ 67.) Werden Ober- und Unterbau aus demselben Material, oder aus verschiedenartigem Material von gleichen Kosten hergestellt, so darf der Unterbau nur 8 cm unter der Oberkante der Bordsteine heraufreichen und in der Mitte der Bahn nicht mächtiger sein, als an den Seiten.

(§ 68.) Ist festeres Deckmaterial nicht erheblich teuerer als das Gestein zum Unterbau, so erhält die Decklage in der Mitte mindestens 10 cm Stärke, an den Kantensteinen mindestens eine volle Schicht (als 3 bis 4 cm stark).

(§ 69.) Nur bei leichterem Fuhrwerk und sehr festem Deckmaterial, und wenn dessen Anschaffungs- und Verwendungskosten sehr erheblich sind, kann die Stärke in der Mitte bis auf 5,2 cm ermäßigt werden.

(§ 70.) Ist das Unterbaumaterial von sehr geringer Güte, erheblich festeres Material ohne großen Aufwand herbeizuschaffen, das festeste Material aber sehr teuer, so kann vom zweiten eine Mitteldecke zwischen Unterbau und Decklage von 5,2 bis 8 cm stark gebildet werden. Der Unterbau wird dann entsprechend schwächer.

(§ 71). Unter den Voraussetzungen der §§ 68 und 69 darf die Herstellung der Decke aus dem festesten Gestein auf einen 3,50 m breiten Streifen in der Mitte der Bahn beschränkt werden, wenn das Material der Mitteldecke auch zur Herstellung einer guten Bahn tauglich ist. Auf 4,50 m breiten Bahnen ist ein 3 m breiter Streifen genügend.

(§ 72.) Jede Steinlage einer ganz aus Steinschlag hergestellten Bahn (Grundlage, Mittellage, Decklage) ist für sich zu walzen.

b) Steinschlagbahnen mit Packlager-Unterbau.

(§ 73.) Das Packlager darf nie höher sein als 16 cm (in gleicher Stärke), im übrigen der Mächtigkeit des Steinkörpers entsprechend (§ 55). Die Decklage darf an den Kantensteinen nicht schwächer sein als 5,2 cm.

(§ 74.) Es ist aus größeren Steinstücken in gutem Verband zusammen zu setzen so, daß die breite Fläche aufsteht, die Spitze nach oben; jedes Steinstück muß für sich freistehen und darf nicht anlehnen. Hierzu eignen sich besonders Steine, welche sich pyramidal zerschlagen lassen; die Grundfläche in der Seite etwa bis 10 cm, und kleiner als die Höhe, welche etwa 12 bis 16 cm beträgt.

(§ 75.) Die Zwischenräume in der Oberfläche des Packlagers werden mit Zwicker ausgefüllt, die größeren Steine werden mit langstieligen Hämmern soweit zerschlagen, daß sich nicht breite Flächen mehr zeigen, vielmehr die Oberfläche des Packlagers als scharf zusammengekeilte Steinschlagmasse erscheint.

(§ 76.) Die Dichtung des Packlagers mit der Walze ist zwar nicht erforderlich, doch sehr erwünscht. Vor der Walzung ist sie mit einer Steinschlagdecke von etwa eines Korns Dicke zu überdecken.

c) Steinschlagbahnen mit Grandunterbau.

(§ 77.) Stärke des Grandunterbaues 40 bis 60% der ganzen Stärke der Steinbahn (§ 78). Das Korn des zum Unterbau dienenden Grandes muß mindestens 6 mm

Durchmesser haben, und Stücke, welche so stark sind, daß Steinschlag zum Deckenbau daraus gebildet werden kann (§ 63), sind auszusondern.

(§ 79.) Der Grandunterbau ist zu walzen, wenn ein mit den Kosten in Verhältnis stehender Vorteil davon zu erwarten ist.

(§ 80.) Uebrigens finden die Bestimmungen der §§ 61, 69, 70, 71 auch auf Steinschlagbahnen Anwendung, deren Unterbau durch Packlager oder durch Grand gebildet wird. — Grandunterbau kann auch für Straßen mit schweren Verkehr zulässig sein, doch ist Steinschlagunterbau vorzüglicher, weil ersterer leichter durch Frost gelockert wird.

Ueber das Walzverfahren enthalten die folgenden Paragraphen die betreffenden Vorschriften:

(§ 148.) Steinschlag und Grandbahnen sind, bevor sie dem Verkehr übergeben werden, mit der Walze zu dichten, wenn nicht sehr erhebliche Hindernisse entgegenstehen (starke Steigungen).

(§ 149.) Walzung des Unterbaues. Hierbei wird die Walze nicht belastet, kein Bindematerial verwandt und die Walzung nicht bis zur Glättung der Oberfläche fortgesetzt, auch werden die Borde nicht von der Walze berührt. Im übrigen finden die folgenden Vorschriften über Walzung des Oberbaues auch auf Walzung des Unterbaues Anwendung.

(§ 150.) Walzung des Oberbaues. Ist der Untergrund so weich, daß eine Verdrückung des Steinbahnkörpers durch die Walze sich befürchten läßt, so ist das Walzverfahren bis zu ausreichender Austrockung auszusetzen.

(§ 151.) Die Länge der im Zusammenhange zu bearbeitenden Strecke soll tunlichst mindestens 370 m und und höchstens 700 m sein.

(§ 152.) Auf ein und derselben Strecke sind möglichst mehrere, in der Regel aufeinander folgende Walzen zu verwenden (so folgend, daß sie beim Umspannen sich nicht hinderlich sind).

(§ 153.) Die Stärke der Bespannung ist so zu bestimmen, daß weder durch Verwendung einer zu großen

Pferdezahl unnötige Kosten verursacht, noch die Pferde durch übermäßige Anstrengung zur Verschiebung des zu walzenden Materials gezwungen werden. Die Bespannung kann gegen den Schluß des Walzverfahrens geringer sein, als beim Beginn desselben.

(§ 154.) Die Geschwindigkeit der Walze soll so sein, wie es der richtige natürliche Schritt der Zugtiere zuläßt (denn die Wirkung der Walze wächst mit der abnehmenden Geschwindigkeit des Zuges).

(§ 155.) Belastung der Walze. Beim Beginn des Walzverfahrens keine; ist einige Konsolidation eingetreten, so ist anfangs schwächer, allmählich stärker und schließlich vollständig zu belasten.

(§ 156.) Die Züge der Walze beginnen an der Steinbahn, unter anfänglicher Schonung der Bordsteine. Der erste Zug der Walze geht auf der ganzen Länge der zu bewalzenden Strecke an der einen Seite hin, an der anderen zurück; jeder folgende Zug verfolgt dieselbe Richtung wie der erste, und deckt teils einen im letzten Zuge überwalzten, teils einen der Mitte näher liegenden Streifen der Bahn, bis die Walze die Mitte überfährt. Dann wird die Walzung wieder an den Seiten begonnen und in derselben Weise fortgesetzt. Von diesem Verfahren kann aus Rücksicht auf Herstellung des normalen Querprofils und auf Gleichmäßigkeit der Dichtung abgewichen werden.

(§ 157.) Fehlt es zur Dichtung der Steinbahn an natürlicher Nässe, so ist Wasser nach Bedarf zuzuführen, dabei ist jedoch die nachteilige Erweichung des Untergrundes zu vermeiden.

(§ 158.) Wenn das Gestein der Härte oder abgerundeten Form wegen die zur Füllung der Zwischenräume erforderlichen Splitter unter der Walze nicht abgibt, oder für sich nicht in Bindung tritt, so ist, sobald die unteren Lagen einigermaßen befestigt sind, steiniges Füllmaterial allmählich und in geringen Mengen einzustreuen; es ist damit bis zur Füllung der oberen Schichten fortzufahren.

(§ 159.) Ist das Walzverfahren soweit vorgeschritten, daß die obere Steinlage sich nicht mehr vor der Walze verschiebt, so sind die Lücken in der Oberfläche der Bahn vollständig mit Steinschlag auszufüllen.

(§ 160.) Ist die Decklage vollständig gelagert, so wird zunächst das reservierte Steingrus und dann sonstiges Bindematerial gleichmäßig auf der Bahn verteilt, eingefegt und die Walzung bis zur vollständigen Dichtung der Bahn fortgesetzt.

(§ 161.) Ist durch das in vorstehenden Paragraphen beschriebene Verfahren eine schützende Decke der Bahn nicht erreicht, und ist ein geeignetes Material (scharfer Kies oder Grand) mit verhältnismäßigem Aufwande zu erlangen, so wird der Bahn damit eine Decke von 6 mm Stärke gegeben und diese mit der Walze überfahren.

(§ 162.) Nach Eröffnung der Bahn für den Verkehr sind die durch herausgetriebene Steine entstandenen Lücken sofort mit Steinschlag auszufüllen und festzustampfen. Desgleichen sind aufgetriebene Stellen und Ränder niederzustampfen.

(§ 163.) Vollständige Glättung der Bahn ist durch Auslegen von Sperrsteinen zu bewirken.

c) Das englische Verfahren.

In den zwanziger Jahren vorigen Jahrhunderts machte die Herstellung und Unterhaltung von Chausseen, wie sie von einem englischen Ingenieur, namens Mac Adam, mit Energie gehandhabt wurde, großes Aufsehen auch auf dem Kontinente Europas. Das Verfahren war kein neues, es wurde aber von Mac Adam zuerst zum Prinzip erhoben und erhielt durch ihn allgemeine Verbreitung. Die Voraussetzungen, auf denen das Verfahren begründet ist, sind die, daß die Güte einer Steinbahn wesentlich von der Dauerhaftigkeit der oberen Decklage abhängt, und daß, wenn diese Lage durchbrochen ist, die Räder der Fuhrwerke in die unteren Lagen einschneiden, der Weg unpassierbar und in sich vollständig zerstört wird; hieraus folgert Mac Adam, daß die untere

Lage überhaupt fortgelassen werden kann, ohne deshalb die Decklage verstärken zu müssen, und daß es sich empfiehlt, lieber auf die Herstellung der oberen Lage, durch die nunmehr der Steinkörper allein gebildet wird, eine um so größere Sorgfalt zu verwenden. Es ist nicht in Abrede zu stellen, daß damals große Erfolge in England mit dieser Methode erzielt wurden, andererseits aber muß berücksichtigt werden, daß eine ganz außerordentliche Sorgfalt in der Unterhaltung, von Mac Adam persönlich auf das gewissenhafteste geleitet, der ersten Herstellung folgte, und daß die günstigen Resultate um so mehr Aufsehen erregen mußten, weil die Chausseen Englands damals in einem geradezu unhaltbaren Zustande waren.

Die Erfahrung hat gezeigt, daß ein Teil der Prinzipien in der Form, wie sie von Mac Adam aufgestellt sind, sich nicht mit Erfolg durchführen läßt. Die wesentlichsten Vorschriften, die Mac Adam aufstellte, mögen hier folgen; soweit sie von Interesse sind, werden wir in der weiteren Behandlung des Gegenstandes darauf zurückkommen:

1. Das die Steinbahn bildende Steinmaterial darf nicht in einem Erdkasten (Chaussierungskoffer, Chaussierungskasten) liegen, sondern in der ganzen Breite bis an die innere Kante des Grabens heran auf dem Erdplanum, so daß das Wasser vollständig frei nach den Seiten abfließen kann. Die beiderseitigen Erdbanketts fallen somit ganz fort.

2. Die Steine müssen in Stärke von möglichst gleicher Größe geschlagen werden, und das Gewicht eines Steines darf nicht mehr als sechs Unzen (170 Gramm) betragen.

3. Der Steinschlag muß mit der größten Sorgfalt ausgesucht und gereinigt werden und muß ganz frei sein von erdigen, staubigen, kreidigen oder tonigen Bestandteilen. Die Anwendung von Kies, besonders wenn er rundliche Kieselsteine enthält, ist ganz zu verwerfen; das einzige Material, welches fähig ist, sich mit einander zu verbinden, sind geschlagene, eckige Steine.

4. Die Steinschüttung wird in mehreren Lagen aufgebracht, jedoch ohne jede Beimischung von Bindematerial, sie besteht durchweg aus Material gleicher Güte und gleicher

Größe. Eine Stärke der Steinbahn von 0,25 m genügt unter allen Umständen, auch bei dem schlechtesten Untergrunde.

5. Eine Hauptbedingung für eine gute Steindecke ist die Undurchlässigkeit gegen Wasser, da der darunter liegende Boden die Last trägt, und wenn derselbe trocken ist, so ist er auch imstande, die durch die Steindecke übertragene Last der Räder aufzunehmen, ohne Eindrücke zu erhalten.

Schon die unmittelbaren Nachfolger Mac Adams wichen vielfach von diesen Prinzipien ab, ein Zeichen, daß die Resultate nicht vollkommen und unter allen Umständen genügten.

James Mac Adam, der Sohn des Genannten, beobachtete folgende Methode: Zunächst wird das Erdplanum vollständig trocken gelegt und zu dem Zwecke mit einem Quergefälle von 0,025 m auf 1 m sauber eingeebnet. Auf dieses so regulierte Planum wird eine 0,10 m starke Lage grober, gesiebter Kies aufgebracht, dessen größere Steine geschlagen werden müssen, so daß kein Stück mehr wiegt als 85 g, das sind Stücke von 0,035 m Seite. Wenn diese Schicht durch den Verkehr oder durch die Walze gehörig gedichtet ist, wird eine zweite gleiche Lage 0,05 bis 0,08 m stark aufgebracht und gleichfalls befestigt. Hierauf folgt die dritte 0,08 m starke Lage aus festem geschlagenem Gestein in Stücken von 170 g Gewicht, das ist in Stücken von 0,044 m Seite. Die so gebildete Steindecke wird durch das Fuhrwerk festgefahren, wobei streng darauf geachtet werden muß, daß jedes durch die Wagen eingeschnittene Geleis sorgfältig wieder eingeebnet wird unter genauer Beobachtung des vorgeschriebenen Profils. Diese Nacharbeiten werden fortgesetzt, bis der ganze Steinkörper fest geworden ist. Jede Abdeckung mit Sand oder Steingrus behufs Verbindung der einzelnen Teile ist unnötig. Soll die Chaussierung gebessert werden, so wird die Oberfläche 0,025 m tief aufgehauen, bevor das Besserungsmaterial aufgebracht wird.

Die hier aufgeführten Dimensionen genügen für Chausseen mit schwerstem Verkehr; für Chausseen geringerer Ordnung genügt eine unterste Kieslage von 0,10 m Stärke und eine obere Lage aus festem geschlagenem Gestein von 0,075 m, für Chausseen mit noch schwächerem Verkehr genügen 0,075 m Kieslage und 0,05 m Steinschlag.

James Mac Adam behält somit fast ganz die Methode seines Vaters bei, nur daß er die Steinbahn aus einer unteren weniger widerstandsfähigen und einer oberen festeren Schicht bildet. Weiter entfernt sich schon ein englischer Ingenieur in London, namens York, er schreibt vor:

Nachdem das Planum eingeebnet ist, wird zunächst eine Packlage aus 0,12 bis 0,15 m starken Steinen jedweder Art gesetzt. Hierauf folgt eine 0,10 m starke Lage geschlagener Steine, gemischt mit gesiebtem Kies. Das zu verwendende Material braucht nicht die Festigkeit der oberen Lage zu haben, die 0,15 m stark ist und aus festen geschlagenen Steinen besteht. Hierauf wird die Chaussee zwei oder drei Tage dem Verkehr überlassen, dann im Profil wieder ordentlich reguliert und endlich mit einer dünnen Lage Kies oder Steingrus bedeckt. In trockener Jahreszeit muß die zu bildende Steinbahn zwei oder dreimal täglich genäßt werden.

Hier tritt, wie wir gesehen, die Packlage wieder auf, weil sie nicht zu entbehren war in dem feuchten und weichen Boden Londons, ferner wird die Anwendung eines Bindematerials als notwendig anerkannt. Es fehlt somit nur noch der Gebrauch der Walze, um mit der jetzt vielfach angenommenen Herstellungsweise übereinzustimmen.

Das System Telfort. Dieses englische System schließt sich sehr eng an das bereits im Jahre 1775 von dem französischen Ingenieur Trésaguet angewendete an.

Nachdem das Planum horizontal eingeebnet worden ist, werden Steine dicht aneinander gestellt, mit der flachen Seite nach unten, so daß sie eine Art Pflaster bilden. Die Höhe dieser Steine ist nicht auf die ganze Breite der Chaussee gleich, sondern es werden die stärkeren bis zu 0,25 m in die Mitte, die schwächeren 0,08 bis 0,10 m hoch an die Seite gestellt, so daß die Oberfläche eine Wölbung bildet von etwa $^1/_{60}$ der ganzen Breite. Nachdem die Ecken zwischen den oberen Spitzen der Steine mit Steinsplittern sorgfältig und fest ausgezwickert sind, wird eine 0,15 m starke Schicht geschlagener Steine, und zwar in zwei Lagen, aufgebracht, wobei die zweite Lage erst aufgebracht wird, nachdem die erste einigermaßen fest geworden ist. Die Oberfläche wird dann mit einer Kiesschicht abgedeckt. Sehr viele englische Ingenieure halten diese Chausseen nach Telforts System für bei weitem besser als die makadamisierten, und man hat ermittelt, daß sich die notwendige Zugkraft auf diesen Chausseen zu der Zugkraft auf der makadamisierten Chaussee verhält wie 46 zu 65.

d) Das französische Verfahren.

Im Anschluß an das soeben über Englands Straßenbau Mitgeteilte mögen hier einige Bemerkungen des französischen Chef-Ingenieurs Dumas ihre geeignete Stelle finden:

„Das Mac Adamsche System, jetzt fast allgemein angenommen, besteht darin, jede Packlage zu verwerfen und die drei Lagen der früheren Herstellungsweise durch eine einzige Lage aus kleinen geschlagenen Steinen in Stärke von etwa 0,25 m zu ersetzen.

In neuerer Zeit kommen einige englische Ingenieure wieder auf die Packlage zurück, sie stellen eine Art Pflaster her, auf welches sie den Steinschlag von durchweg gleicher Art aufbringen. Um sich ein richtiges Urteil zu bilden über die Güte und Wirksamkeit der verschiedenen Systeme, muß man untersuchen, welchem Verkehre die Chaussee dienen soll und welche Art der Unterhaltung in der betreffenden Gegend gebräuchlich ist. Wird nichts dazu getan, die Steinschüttung zu befestigen, und wird diese in sich lose und bewegliche Masse sich selbst überlassen, so kann es nicht ausbleiben, daß die Räder der Fuhrwerke sehr bald Geleise und Schlaglöcher bilden. In solchem Falle ist der Nutzen einer Packlage außer allem Zweifel, denn wenn sie nicht da wäre, würden die Räder sehr bald durch den Steinschlag hindurchdrängen und in den Untergrund einschneiden, so daß in nasser Jahreszeit die ganze Chaussierung zu Grunde gehen müßte. Wenn dagegen die Steindecke gehörig befestigt wird, so daß sie eine gleichmäßige dichte Masse bildet und wie eine schützende

Decke von dem Untergrund die Einflüsse der Witterung zurückhält, wenn ferner die Unterhaltung so sorgfältig gehandhabt wird, daß die Decke in ihrer Oberfläche stets glatt und einheitlich bleibt und sich niemals Vertiefungen bilden können, dann ist das Vorhandensein einer Packlage ganz unwesentlich, denn die Wirkung der Räder bleibt auf die Oberfläche der Fahrbahn beschränkt und kann den unteren Schichten keinen Schaden zufügen. Eine tüchtige Befestigung der Fahrbahn und eine regelmäßige, sorgfältige Unterhaltung sind die Erfordernisse für den guten Zustand einer Chaussee; für diesen Zustand der größten Vollkommenheit aber ist ein besonderer Nutzen der Packlage nicht ersichtlich, und sie kann deshalb ohne Nachteil fortgelassen werden.

Trotzdem muß ja anerkannt werden, daß es Verhältnisse geben kann, in denen eine Befestigung der unteren Lage entschieden mehr Garantie für die Haltbarkeit der Fahrbahn bietet; aber solche Verhältnisse können doch immer nur ausnahmsweise vorkommen. Die beste Art der Befestigung ist dann eine Lage aus großen Steinen, nach Art des Pflasters dicht aneinandergeschoben und in den Zwischenräumen zwischen den einzelnen Spitzen mit Steinsplittern ausgefüllt."

Ueber die Bordsteine sagt derselbe französische Ingenieur:

„Die Bordsteine zur Begrenzung der Steinschüttung verursachen nicht nur eine unnütze Ausgabe, sondern sie sind sogar äußerst schädlich. Sie bilden zwischen der Steinbahn und den Banketts, beziehungsweise Sommerwege, eine Unterbrechung, die für den Verkehr höchst störend ist, und nur Veranlassung dazu gibt, eine tiefe Rinne zu bilden, nach der dann die Räder der Wagen sich besonders gern hinbegeben. Wenn eine Straße glatt und einheitlich bleiben soll, so darf keine Unterbrechung vorhanden sein, welche die freie Bewegung der Fahrenden nach irgend einer Seite hin beeinträchtigt. Anstatt die Grenze zwischen den an der Steinbahn anliegenden Chausseeteilen und der Steinbahn selbst durch eine feste Steinreihe zu markieren und kenntlich zu machen, soll man vielmehr jede sichtbare Trennung hier möglichst vermeiden."

In bezug auf die Stärke der Steinschüttung ist man in Frankreich der Meinung, daß sie nicht bedeutend zu sein braucht und 0,10 m bereits dafür genügen, wenn die größten Steine nicht mehr als 0,05 bis 0,06 m Durchmesser haben. Man setzt hierbei jedoch stets eine vorzügliche Unterhaltung voraus und hält die Stärke von 0,10 m auch für weicheres Material schon als genügend, wenn die Unterhaltung derart ist, daß die Oberfläche der Steinbahn dauernd glatt und einheitlich ist, und Geleise und Schlaglöcher vermieden werden. Man nennt als Straße mit so schwacher Steinbahn die Avenue de Neuilly in den Champs Elysées bei Paris, eine Chaussee mit sehr starkem Verkehr. Bei Gelegenheit einer Korrektion dieser Chaussee im Jahre 1840 mußte teilweise ein neuer Auftrag hergestellt werden, der nun auch sofort nach seiner Ausführung mit der 0,10 m starken Steindecke befestigt wurde. Auf die Steinschüttung wurde eine 0,02 m starke Lage Bindematerial aufgebracht. Das Steinmaterial war nicht von besonderer Festigkeit und nicht einmal ordentlich geschlagen. Trotzdem wurde innerhalb 14 Tagen die Decke fest und hält sich seitdem, allerdings bei fortgesetzter sehr sorgfältiger Unterhaltung, ganz vorzüglich.

Trotz dieser Erfolge in einzelnen Fällen wird das Maß von 0,10 m doch für zu gering gehalten, und es wird allgemein die Stärke von 0,15 bis 0,20 m für die Steinbahnen empfohlen, und die meisten Ausführungen erfolgen in diesen Maßen.

Die Wölbung wird auf den französischen Straßen mit sehr geringem Pfeil ausgeführt. Sehr richtig heißt es in einem französischen Werke über Straßenbau:

„Weder der Abfluß des Wassers, noch die Erhaltung der Chaussee sind die wichtigsten Rücksichten, die bei der Wahl der Wölbung zu beobachten sind. In erster Linie muß man vielmehr denken an die Bequemlichkeit des Verkehrs und an die Sicherheit des Publikums, für welches ja die Chausseen hergestellt werden. Bei der fortwährend zunehmenden Geschwindigkeit aber der Fuhrwerke ist eine zu stark gewölbte Chaussee nicht nur sehr unbequem, sondern auch gefährlich für den Verkehr. Es sind deshalb die früher gebräuchlichen starken Wölbungen durchaus zu verwerfen, und die neueren müssen auf ein möglichst niedriges Maß gebracht werden."

Unter diesem Gesichtspunkte wird deshalb eine Wölbung empfohlen, bei der sich das Seitengefälle auf 0,03 m stellt auf ein Meter. Um jedoch dieses Maß zu erreichen, soll die Neuschüttung, wenn noch ein Setzen zu fürchten ist, mit 0,04 m Gefälle auf ein Meter hergestellt werden. Diese Zahlen entsprechen einem Pfeil von 0,015 m respektive 0,02 m auf jedes Meter der ganzen Breite.

Was die Form des Erdplanums unter der Steinbahn anbetrifft, so sind sehr viele französche Ingenieure dafür, daß sie horizontal abgeglichen werde, und zwar soll diese horizontale Linie bei Chausseen, die auf ihre ganze Breite chaussiert sind, durch die Kanten der beiderseitigen Gräben hindurch gehen oder ein wenig darunter liegen. Ist das gesamte Planum 10 m breit, und beträgt die Wölbung auf ein Meter Breite 0,015 m, so würde bei einer Stärke der Steinbahn in der Mitte von 0,20 m, die Stärke an den Kanten noch 0,05 m betragen, und nach Abzug der Bankettbreiten an den Stellen, wo sonst die Bordsteine liegen würden, noch 0,10 m, was für genügend angesehen wird.

Die streng nach den Vorschriften Mac Adams hergestellten Chausseen fanden immer mehr Gegner, weil die Befestigung durch das Fuhrwerk sich zu langsam vollzog, zur großen Belästigung des Verkehrs, und weil bei dem fortwährenden losen Zustande der Schüttung die Steine in ganz unnützer Weise durch die Räder zerfahren und zerstört wurden. Es schlug deshalb der Ingenieur Polonceau im Jahre 1834 folgende Methode vor:

1. Das Planum ist mit einer Walze von etwa 6000 kg Gewicht zuvor zu befestigen.

2. Es wird zunächst eine Schicht weiches Material und und eine Schicht, gemischt aus weichem und hartem Material, aufgebracht, wobei das weiche Material gewissermaßen den Mörtel ersetzen sollte.

3. Die oberste Lage besteht nur aus festem Material, sie wird mit dem aus dem Steinschlag gewonnenen Grus abgedeckt.

4. Jede Schicht wird für sich tüchtig abgewalzt. Durch das Walzen soll bewirkt werden, das die harten Steine in die weicheren eingedrückt werden, welche letztere alle hohlen Räume ausfüllen und so die Chaussee sogleich fest und für den Verkehr brauchbar machen.

Dieses System wurde seiner Zeit zwar mit einigem Mißtrauen aufgenommen, es wurde aber nach und nach so abgeändert, daß es endlich als das allein richtige System für alle Chausseen von Bedeutung und schwerem Verkehr anerkannt wurde. Man läßt jetzt die Walzung des Planums fort, bringt dann den Steinschlag gemischt mit Steingrus, Chausseestaub oder auch Mergel auf und walzt so lange, bis ein auf gelegter harter Chaussierungsstein nicht mehr eindringt, sondern unter der Walze zerquetscht wird.

Dieses Verfahren ist das allgemein übliche bei der Unterhaltung der Chausseen in Städten und mit starkem Verkehr. Wir werden bei den Unterhaltungsarbeiten hierauf zurückkommen.

Kurz zusammengefaßt, sind die Prinzipien, welche in Frankreich bei Herstellung neuer Chausseen jetzt befolgt werden, die nachstehenden:

1. Die Steine sind möglichst gleichmäßig zu schlagen, die Größe richtet sich dabei nach der Festigkeit des Materials.

2. Der Steinschlag wird von erdigen und lehmigen Teilen gereinigt, es werden ihm jedoch etwa 20% bis 30% feine Teile belassen.

3. Es ist möglichst hartes Material zu verwenden, jedenfalls aber ist das härteste in die obere Lage zu bringen.

4. Dem Steinschlage wird in genügender Menge Steingrus beigemengt; außerdem aber ist Bindematerial zu verwenden, das bei trockenem, festen Material fett sein muß, wie etwa Mergel, für kalkiges und weiches Material kiesig und sandig.

5. Nachdem Steinschlag und Bindematerial gemischt sind, wird die Schüttung bis zur vollkommenen Dichtigkeit gewalzt unter fortwährendem Aufbringen von Wasser.

6. Die Wölbung ist um so mehr zu ermäßigen, als eine sorgfältige Unterhaltung erwartet werden kann.

7. Im allgemeinen ist eine Packlage nicht herzustellen, nur in weichem und nicht widerstandsfähigem Boden kann die Packlage nicht entbehrt werden.

Die französischen Ingenieure erkannten sehr bald, von welcher Wichtigkeit es sei, sich vollständig darüber klar zu werden, aus welchen Teilen das Innere der Steinbahnen eigentlich zusammengesetzt sei. Die ungünstigen Versuche mit der reinen Makadamisierung konnten keinen Zweifel darüber lassen, daß eine Chaussee nicht aus reinem Steinschlag bestehen könne, und das sie erst durch das Bindematerial diejenige Festigkeit erhielt, die der Verkehr von einer ordnungsmäßigen Herstellung fordern kann. Die Chaussierungssteine sind eben nicht geometrische Figuren, die Seite an Seite dicht zusammengepackt werden können, sondern es sind unregelmäßige Körper mit Ecken und Winkeln und beliebig durcheinander geworfen, so daß sie bei der stärksten Komprimierung stets Hohlräume zwischen sich lassen werden, die ausgefüllt werden müssen, wenn Festigkeit und Dichtigkeit erzielt werden soll.

Es haben deshalb mehrere französische Ingenieure Versuche angestellt, um das Verhältnis der Steinmasse zu den Hohlräumen festzustellen, und sind dabei zu folgenden Resultaten gekommen:

Mißt man einen Kubikmeter Steinschlag ab, nachdem er von Grus, Schmutz und Staub mittels eines Steinsiebers sorgfältig gereinigt worden ist, und bringt ihn in ein festes mit Wasser gefülltes Gefäß und entfernt dann das Wasser soweit, daß es gerade nur bis oben an die Steine heransteht, so findet man, daß das Wasser 0,46 cbm Volumen einnimmt, und daß also die Hohlräume 0,46 cbm, die Steinmasse 0,54 cbm beträgt, oder mit anderen Worten, daß 1 cbm geschlagene Steine nur 0,54 cbm Steinmasse enthält.

Wird nun dieser Kubikmeter Steine in dünnen Lagen aufgebracht und gewalzt, so vermindert er sein Volumen; die Walze zerbricht einen Teil der Steine, fügt und schachtelt sie nach und nach ineinander und vermindert die Größe der Hohlräume, während gleichzeitig aber die Anzahl derselben wächst. Ist nun die Dichtung vollständig beendet, soweit es überhaupt durch das Walzen möglich ist, und sind die Lücken mit den abgebröckelten Steinsplittern vollständig ausgefüllt, so beträgt das Volumen etwa immer noch 0,71 cbm. Da aber, wie wir gesehen haben, die wirkliche Steinmasse nur 0,54 cbm beträgt, so müssen immer noch 0,17 cbm Hohlräume vorhanden sein, also etwa $^1/_3$ bis $^1/_4$ der Masse der gewalzten Steinbahn.

Man hat nun weitere Versuche insofern gemacht, als man Teile einer Chaussee aufgehauen und das ausgehobene Material durch Siebe geworfen hat. Das eine Sieb hatte Maschen von 0,02 m, das andere solche von 0,01 m. Das Material nun, welches nicht durch das erste Sieb ging, hat man Steinschlag genannt, das, welches nicht durch das zweite Sieb ging, Geröll, und das Material, welches durch beide Siebe hindurchging, hieß Grus, den man durch feinere Siebe nun wieder in steinigen und in staubigen Grus einteilte.

Macht man nun Löcher auf eine längere Chausseestrecke an verschiedenen Stellen, so findet man, daß das Verhältnis von Stein und Grus ein sehr verschiedenes ist; vergleicht man aber Stellen miteinander, die dem gleichen Verkehr und gleichen Witterungsverhältnissen unterworfen sind, so stellt sich eine überraschende Gleichmäßigkeit in den bezüglichen Verhältnissen heraus. So kommen bei guten Chausseen etwa 0,35 bis 0,45 cbm Grus auf 1 cbm Steine, das ist also etwa $^1/_3$ Grus. Wenn das Verhältnis des Grus 0,50 cbm erreicht oder überschreitet, so wird die Steinbahn mittelmäßig, je nach der Art des verwendeten Materials. Wenn aber die Masse des Grus bis auf 0,75 cbm steigt oder gar darüber hinausgeht, so wird die Chaussee schlecht.

Aus diesen Beobachtungen läßt sich folgern, daß es also lediglich auf die Menge des Bindematerials ankommt, daß aber gute Chausseen stets mindestens $^1/_4$ bis $^1/_3$ grusige

Teile enthalten, und daß es somit gar keine Bedenken hat, dem Steinschlag $^1/_3$ seines Volumens an Bindematerial beizufügen; dasselbe muß kalkig sein für trockenes Material und sandig für kalkiges Material. Oftmals sogar, wie besonders in Paris, wo man mit dem Walzen gleichzeitig das Sprengen mit Wasser bewirkt, setzt man mehr hinzu als notwendig ist; man wässert dann die Steinbahn während des Walzens tüchtig ein und reinigt dieselbe so von dem Uebermaß des Bindematerials, welches dann als Schlamm an die Oberfläche herausgedrückt wird. Die französischen Arbeiter nennen dieses Verfahren: Die Chaussee zum Schwitzen bringen.

Ueber die Walzungen sind bereits die hannoverschen Vorschriften mitgeteilt; in dem Kapitel, welches von der Unterhaltung der Chausseen handelt, werden wir noch einmal auf diesen Gegenstand zurückkommen.

Schlußbetrachtungen.

Die in den mitgeteilten Methoden ausgesprochenen Ansichten sind so mannigfaltig, daß sich keine Methode ohne weiteres als allein richtig annehmen läßt. Es wird vielmehr Sache des Chausseebau-Technikers sein, aus dem reichhaltigen Material sich nunmehr seine eigene Ansicht herauszubilden.

Ueber die Bordsteine ist bereits oben gesprochen. Die Befürchtung, daß dieselben eine schädliche Unterbrechung zwischen Steinbahn und Banketts bilden könnten, ist nicht begründet, wenn die Oberkante der Bordsteine 0,08 m unter die Oberkante der Steinbahn gelegt wird, wie dies nach dem preußischen Verfahren vorgeschrieben ist. Was die Verwendung des Bindematerials anbetrifft, so kann man nicht zweifelhaft darüber sein, daß die Herstellung der Chausseen ohne weiches Bindematerial in der neueren Chausseebaukunst als veraltet anerkannt ist, und man sich immer mehr dazu neigt, die Chausseen aus hartem Material herzustellen und mit tonigen und kalkigen Teilen einzufegen. Die Frage der Packlage möchte auch dann sich leicht lösen lassen, wenn man die großen Dimensionen von 0,16 m Stärke, wie sie Tréfaguet und auch das hannoversche Verfahren empfiehlt, vermeidet und die Packlage höchstens 0,12 m stark macht. Eine solche feste Unterlage ist in keinem Falle schädlich und bietet immer eine Sicherheit gegen das Durchbrechen der Steinbahn, wenn ihr aus irgend einem Grunde einmal mehr zugetraut sein sollte, als sie auszuhalten vermag. Bei starkem Verkehr kann ganz unverhofft einmal die Abnutzung so bedeutend sein, daß eine bereits ziemlich verbrauchte Decke wohl in Gefahr geraten kann durchbrochen zu werden, wenn ihr das Fundament fehlt.

Darüber, ob das Planum unter der Steindecke horizontal oder gewölbt sein soll ist man gleichfalls verschiedener Ansicht. Auch hier möchte das Richtige in der Mitte liegen, und es möchte sich empfehlen, das Planum zwar zu wölben, aber mit geringerem Pfeil, wodurch gleichfalls erreicht wird, daß die Stärke der Steinbahn in der Mitte größer ist, als an den Seiten, was ebenso wünschenswert erscheint, als der Umstand, daß die Sohle des Koffers eine Abwässerung nach den Kanten hin hat, um eine schädliche Ansammlung des Sickerwassers unter der Mitte der Steinbahn zu vermeiden.

C. Die Unterhaltung der Chausseen.

1. Allgemeines.

Die vorstehenden Kapitel enthalten bereits vielfache, auf die Chausseeunterhaltung bezügliche Angaben. Es wird deshalb dieses Kapitel hauptsächlich nur die Unterhaltung der Steinbahn behandeln, nachdem Banketts und Sommerwege eine kurze Ewähnung erfahren haben.

Gemeinsam für alle Teile des Chausseeplanums, mit Ausnahme der Banketts gilt der Satz:

Sorgfältige Entfernung aller schmutzigen und erdigen Teile, und Ersatz des durch die Abnutzung verursachten Abgangs wiederum nur durch Steinmaterial.

Eines der schädlichsten Elemente für die Chausseen ist das Wasser, sobald ihm Gelegenheit gegeben wird, dauernd auf dieselben einzuwirken. Da eine große Anzahl der Bestandteile der verwendeten Steinmaterialien im Wasser löslich ist, so vollzieht sich ein Verwitterungsprozeß, der durch die mechanische Einwirkung der Stöße und Reibungen der Fuhrwerke unterstützt und beschleunigt wird. Das Wasser kann aber von den Chausseen nicht herunter, wenn die Banketts höher liegen als die angrenzenden Teile des Planums. Deshalb müssen die Banketts stets glatt und mit einem Gefälle von 0,04 bis 0,05 m auf ein Meter erhalten werden. Dies geschieht durch das Hacken, welches etwas tiefer geschehen muß als die normale Höhenlage, damit nicht nur der Graswuchs, sondern auch die Graswurzeln möglichst ausgerottet werden. Das Gras wird ausgeharkt und auf Haufen gebracht, die von der Chaussee ganz zu entfernen sind, während mit der reinen übrig gebliebenen Erde wieder die Auffüllung auf die normale Höhe stattfindet. Die Banketts mit Kies zu bestreuen, so wünschenswert dies im Interesse der Trockenhaltung und der Unterdrückung des Graswuchses auch erscheinen mag, ist nicht zulässig, weil hierdurch das Hacken erschwert wird und die Bankettkacken sehr in dem kiesigen Boden leiden.

Es wird nur in den seltensten Fällen notwendig sein, daß jedes Jahr sämtliche Banketts gehackt werden, sondern es wird meistens genügen, wenn für das Hacken eine zweijährige Wiederkehr eingerichtet wird. Das Hacken geschieht vorteilhaft im Herbst, nicht im Frühjahr, weil die günstigen Witterungsverhältnisse im Frühjahr sofort wieder eine Grasnarbe erzeugen, während durch das Hacken im Herbst erreicht wird, daß die Banketts gerade in der nassen Jahreszeit, während eines halben Jahres hindurch, den freien Abfluß der Niederschläge gestatten. Sehr häufig werden an den Grabenrändern die Grashalme aus einer gewissen Rücksichtnahme auf den Graswuchs in den Gräben und deren Nutzung nicht genügend entfernt. Wenn nun auch diese Grashalme selbst den Wasserabfluß nicht hindern, so geben sie doch die erste Veranlassung zu neuen Ansammlungen von

Staub und befördern so das Anwachsen der Banketts. Es ist deshalb die Entfernung dieser Grashalme nicht zu übersehen.

Die Sommerwege, ein Ueberrest aus alten Zeiten, sind ein schädlicher Bestandteil für Chausseen, wenn sie, wie das häufig geschieht, als Wege unterhalten werden, die tatsächlich nur im Hochsommer befahren werden können, während sie in der nassen Jahreszeit bei der geringsten Benutzung mehr einem Schlammbassin als einem Wege gleichen. Es muß deshalb in erster Linie die Besserung der Sommerwege mit Bankett- und Grabenerde als ein großer Fehler bezeichnet werden.

Sollen Sommerwege auch nicht zu einer Steinbahn umgewandelt werden, so können sie doch nur gut genannt werden, wenn sie in ihrer unteren Lage durch Steinschlag befestigt sind. Solcher Steinschlag, dessen einzelne Steine eine Seitenlänge von 0,05 bis 0,06 m haben, und der nur eine Schicht stark aufgetragen zu sein braucht, wird überall leicht zu beschaffen sein, entweder aus altem Pflastermaterial oder aus einem benachbarten Chaussierungsaufbruch bei Umwandelungen in Pflaster oder endlich aus in der Nähe befindlichen Steinbrüchen mit weichem Material, welches zur Steindecke nicht zu verwerten ist. Auf diese recht gleichmäßig ausgebreitete Steinlage wird eine Schicht Kies, in Gegenden mit schweren Verkehr gesiebter Kies, 0,03 bis 0,05 m stark, aufgebracht, und das Ganze wird nun einige mal abgewalzt.

Ein so hergestellter Sommerweg wird neben einer Pflasterbahn sofort gern vom Fuhrwerk benutzt, neben einer Chaussierung erst im Herbst. Durch den Verkehr werden die Sommerwege tiefer, und zwar nicht nur dadurch, daß oberhalb das Material als Staub weggeführt wird, sondern auch deshalb, weil das Steinmaterial immer mehr in den erdigen Untergrund eingedrückt wird. Die Aufhöhung und Unterhaltung darf nun nur wieder mit Kies geschehen, und zwar wird derselbe im Herbst oder im ersten Frühjahr aufgebracht. Die Unterhaltung mit Kies ist durchaus nicht teuer; es lassen sich mit 50 cbm auf 1 km Länge schon recht gute Resultate erzielen. Der Vorteil aber, der durch einen guten, trockenen und den größten Teil des Jahres über brauchbaren und benutzbaren Sommerweg der Steinbahn zugeführt wird, überwiegt bedeutend die aufgewendeten Mittel. Etwaige Wagenspuren werden, noch ehe sich Geleise bilden, durch Parallelverlegungen seitwärts verschoben, wodurch bald der Sommerweg auf seine ganze Breite eine so gleichmäßige Festigkeit erhält, daß Eingeleisung nur selten werden notwendig sein.

Die Steinbahn. Wären die Steinbahnen ganz glatt und erhielten sie sich auch bei der Abnutzung in diesem Zustande, so wäre bei der Unterhaltung derselben nur darüber zu wachen, daß das Fuhrwerk auf der ganzen Fläche möglichst gleichmäßig verkehrte, und obgleich ja noch viele andere Umstände als die bloße Reibung der Räder auf die Abnutzung der Chausseen einwirken, so bildet doch immerhin die Sorge für eine gleichmäßige Verteilung des Verkehrs einen wesentlichen Bestandteil der Unterhaltungsarbeiten. Die Regelung des Verkehrs in dieser Beziehung wird bewirkt durch das Verlegen der Steinbahn mittelst Sperrsteinen, was in zweierlei Form erfolgen kann, entweder in sogenannter Kreuzsperre, bei welcher das Fuhrwerk gezwungen wird, sich in Schlangenlinie zu bewegen, oder in Parallelsperre, bei welcher das Fuhrwerk auf einen bestimmten Teil der Steinbahn verwiesen wird. Die Kreuzsperre ist die wirkungsvollere, da sie aber auch gleichzeitig den Verkehr am meisten belästigt, so muß sie möglichst beschränkt werden und darf jedenfalls nicht nur aus übergroßer Vorsicht und Fürsorge angewendet werden. Sie findet Anwendung auf neuen Steindecken und bei anhaltendem Regen, auch nach einem stärkeren Regen ist sie auf kürzere Zeit bis zur ungefähren Abtrocknung der Steindecke erlaubt, ebenso wie im Interesse der Befestigung der Besserungen.

Die Ausführung geschieht in der Weise, daß abwechselnd bald von der einen, bald von der anderen Kante der Steinbahn rechtwinklig zur Straßenachse eine Reihe Steine gelegt wird, die an dieser Stelle das Fuhrwerk zwingen, die andere Seite der Steinbahn zu benutzen, wobei zu beachten ist, daß die Reihen der einen Seite unter sich mindestens immer 80 m von einander entfernt bleiben, die gegenüberliegenden

Steine also stets mindestens 40 m. Ein engeres Legen erschwert den Verkehr in unzulässiger Weise.

Die Parallelsperre ist an bestimmte Witterungsverhältnisse nicht gebunden und wird angewendet, sobald sich zeigt, daß die Fuhrwerke anfangen Spur zu fahren. Bei älteren Decken wird die Parallelsperre häufig notwendig, um das Fuhrwerk nach den Kanten der Steinbahn zu verweisen, da naturgemäß die Abnutzung der Mitte immer größer sein wird, als die der Kanten. Zu allen Belegungen müssen Steine von gehöriger Größe, und zwar immer 3 bis 5 Stück nebeneinder, verwendet werden, da bei einigermaßer schwerem Verkehr kleinere Steine leicht aus ihrer Lage gebracht werden, wodurch dann nicht nur der Zweck verfehlt, sondern auch der Verkehr unnütz durch die zerstreut liegende Steine belästigt wird.

Das Verlegen der Steinbahnen muß mit solcher Umsicht gehandhabt werden, daß Geleise sich überhaupt niemals bilden, was sehr wohl zu erreichen ist.

Längere verlegte Strecken ohne Unterbrechung, als drei Kilometer, müssen vermieden werden.

Die Sperrsteine dürfen überall nur während der Tageszeit liegen bleiben und müssen, um besser kenntlich zu sein, mit Weißkalk angestrichen werden.

Eine weitere wichtige Arbeit für die Erhaltung der Steinbahnen ist die Reinigung derselben von Nässe und Schlamm. Unter gewöhnlichen Verhältnissen erfolgt das Abziehen der Steinbahnen durch die Arbeiter, die sich hierzu der Schlammkratze bedienen, wenn der Schmutz eine gewisse Steifigkeit besitzt, und mit größerem Vorteil des Besens bei anhaltender Nässe, wenn also der Schlamm dünnflüssig ist. Die besten Besen sind die Piassababesen, deren Borsten aus den Fasern einer in Südamerika wachsenden Palmenart (Attalea) hergestellt sind und die ihren Namen von der Stadt Piassaba erhalten haben. Sehr zu empfehlen sind bei starkem Verkehr die Schlammabzugsmaschinen; sie arbeiten billiger und, was von großem Werte ist, man ist mit ihnen imstande, in Zeiten der Gefahr die Chaussierungen geradezu zu retten, das ist, wenn bei nassem Wetter durch einen starken und schweren Verkehr gleichzeitig viel Schmutz auf die Chausseen gebracht wird. Ein und zwei Tage genügen in solchen Gegenden und Zeiten oft, eine Chaussee vollständig unkenntlich zu machen und von Grund aus zu verderben. Arbeitskräfte sind dann auch meistens schwer zu beschaffen, und die Schlammabzugsmaschine bleibt dann das einzige Mittel, die Straße schnell und gründlich zu reinigen auf 2 bis 4 Kilometer Länge an einem Tage.

Eine gleiche Aufmerksamkeit, wie auf die Entfernung des Schmutzes in der nassen Jahreszeit, ist auf die Entfernung des Staubes im Sommer zu verwenden. Bei starkem Verkehr häuft er sich leicht in solchen Massen an, daß er gleichfalls Veranlassung zum Spurfahren und infolgedessen zu Geleisbildungen gibt. Fällt aber ein einigermaßen heftiger Regen, so verwandelt sich der Staub in Schlamm, und man ist nun nicht imstande, den Schlamm so schnell auf große Strecken zu beseitigen, daß er nicht schädlichen Einfluß ausübte. Das Abziehen des Staubes erfolgt mittelst Besen.

Auf eine sorgfältige Unterhaltung durch Entfernung von Schlamm und Staub wird nicht immer das nötige Gewicht gelegt, und doch muß anerkannt werden, daß die Abnutzung der Chausseen im umgekehrten Verhältnis zum guten Aussehen steht, und daß somit auch die Unterhaltungskosten mit dem höheren Grade des guten Aussehens abnehmen. Mit anderen Worten: Diejenige Chaussee, welche am sorgfältigsten unterhalten wird, erfordert die geringsten Unterhaltungskosten. Selbstverständlich sind bei diesem Vergleiche immer Chausseen mit demselben Verkehr zusammenzustellen, und nur solche, die in bezug auf Lage und Bodenbeschaffenheit sich unter gleichen Verhältnissen befinden.

Dieses Resultat findet sehr leicht seine Erklärung in den geringen Kosten für Arbeitslöhne gegenüber dem bedeutenden Aufwande für Materialbeschaffung und deren Verarbeitung. Für mittlere Verhältnisse betragen die Arbeitslöhne einer gut unterhaltenen Chaussee etwa zwei Prozent der Materialkosten. Eine Steinbahn aber, deren Oberfläche stets glatt und fest erhalten wird, erfordert zwar mehr

Arbeitslöhne, nützt sich aber gleichmäßig und langsam ab und bedarf dagegen geringerer Materialergänzungen. Der wenig größere Aufwand an Arbeitslöhnen wird somit reichlich ersetzt durch die viel schneller steigenden Ersparnisse an Kosten für Material.

Es ist deshalb falsch, anzunehmen, daß Straßen mit schwerem Verkehr annähernd mit denselben Arbeitskräften unterhalten werden könnten, als Straßen mit geringerem Verkehr. Jeder Straße müssen vielmehr ihren Verkehrsverhältnissen und ihrer Lage entsprechend so viel Arbeitskräfte zugewiesen werden, daß sie dauernd und unter allen Witterungsverhältnissen von Schlamm, Staub und meteorischen Niederschlägen freigehalten werden können.

Trotz der sorgfältigsten Unterhaltung der Steinbahnen in der soeben dargelegten Weise wird sich doch nicht erreichen lassen, daß die Oberfläche dauernd glatt bleibt und sich an jeder Stelle gleichmäßig abnutzt. Es werden deshalb von Zeit zu Zeit die tieferen Stellen wieder mit Material ausgefüllt werden müssen, wenn die anfangs kleinen Vertiefungen durch die Stöße der Fuhrwerke nicht immer lästiger für die Wagen und immer gefährlicher für die Chaussee werden sollen. Aber auch wenn eine ganz gleichmäßige Abnutzung stattfände, müßte doch nach einer gewissen Zeit die Steinbahn wieder aufgehöht werden. Unter allen Umständen ist somit die Verwendung neuer Materialien als Ersatz der zerstörten unvermeidlich, und es ist somit notwendig, sich darüber klar zu werden, in welcher Weise der Ersatz durch neues Material erfolgen soll. Nach dieser Seite hin unterscheidet man zwei Methoden der Chausseeunterhaltung: erstens das Flicksystem und zweitens das Deckensystem.

Das Flicksystem. Dieses System war ausschließlich im Gebrauch bis zur Einführung der Chausseewalzen im Jahre 1836, obgleich es auch vorher nicht an Versuchen gefehlt hat, besonders in England, ganze Schüttungen ohne Anwendung der Chausseewalzen herzustellen. Die Belästigungen für das Fuhrwerk, dem allein die Aufgabe zufiel, die Steinbahnen fest zu fahren, waren jedoch so bedeutend, daß man zu der allmählichen Erneuerung, wie sie durch das Flicksystem bezweckt wird, seine Zuflucht zu nehmen gezwungen war. Es wurden die Reparaturen kleinerer nebeneinander liegender Stellen so oft wiederholt, im Laufe eines Winters fünf bis sechs mal, daß nach und nach die Chaussee wieder ihre normale Höhenlage erreichte.

Der Mangel auch dieses Systems blieb der, daß die Fuhrwerke immer noch ganz außerordentlich belästigt wurden, denn die Steinbahn befand sich eigentlich in einem fortwährenden Ausbesserungszustande. Außerdem aber konnte auf diese Weise niemals eine glatte Fahrbahn erreicht werden, denn die Widerstandsfähigkeit der gebesserten Stellen war eine andere, als die der daneben liegenden alten Steinbahn, und so blieben die Chausseen dauernd in einem unebenen und mehr oder weniger welligen Zustande.

Das Deckensystem. Es besteht im Prinzip darin, daß man die Steinbahn sich abnutzen und abschwächen läßt, und nur so viel ausbessert, als nötig ist, um Schlaglöcher und Geleise zu vermeiden. Man darf jedoch mit der Abnutzung nicht weiter gehen, als bis auf 0,10 m bis 0,12 m, da Neudeckungen über 0,12 m Stärke sich nur schwer befestigen lassen. Das Maß der Abnutzung ist für jede Chaussee ein ganz bestimmtes und läßt sich leicht aus der Erfahrung ermitteln; es beträgt jährlich 0,005 bis 0,025 m. Selbstverständlich kann eine ganze Chausseestrecke auf viele Kilometer Länge nicht mit einem Male neu gedeckt werden, sondern höchstens immer 1000 bis 1200 m. Man muß daher die Chausseezüge, dem Maß der jährlichen Abnutzung entsprechend, in soviel Teile einteilen, daß sie im Laufe der Abnutzungsperiode auf ihrer ganzen Länge überall einmal eine neue Decke erhalten haben. Ist beispielsweise eine Strecke 20 km lang und das Maß der Abnutzung ist jährlich 0,005 m, so gehören 20 Jahre dazu, um eine Abnutzung von 0,10 m zu erhalten, und es müssen somit alle Jahre 1000 m neu gedeckt werden, um eine stärkere Abnutzung als 0,10 m zu vermeiden. Wäre in einem anderen Falle für eine gleichlange Chausseestrecke die Abnutzung jährlich 0,02 m, so gehörten nur 5 Jahre dazu, um eine Abnutzung von 0,10 m zu erreichen, und es müßten somit jährlich 4000 m neu gedeckt werden, um die Chaussee dauernd in einem normalen Zustande zu erhalten. Diese 4000 m würde man schon aus Rücksicht auf die Erschwerung des Verkehrs nicht als eine zusammenhängende neue Decke behandeln, sondern man würde sie vielleicht in vier neue Decken einteilen, und diejenigen Strecken zuerst vornehmen, auf welchen der Verkehr am stärksten ist. Es ist ganz außerordentlich wichtig, für eine ordnungsmäßige Unterhaltung an einer ganz bestimmten Einteilung und Disposition festzuhalten, und sich nicht zu falschen Ersparnissen verleiten zu lassen, wenn vielleicht einmal in einem Jahre die Abnutzung an der einen Stelle nicht so bedeutend gewesen ist, als angenommen war. Folgen zufällig ungünstige Verhältnisse, so ist dann in dem nächsten Jahre der Aufwand ein ganz außerordentlicher, es werden Verlegenheiten geschaffen und die Chausseen kommen niemals in einen guten Zustand. Man halte deshalb streng an den einmal getroffenen und als richtig anerkannten Dispositionen fest und lasse sich nicht durch Zufälligkeiten leiten.

2. Die Herstellung der neuen Decken.

Die Vorschriften in der hannoverschen Instruktion lauten über Chausseen, bei denen der Deckenbetrieb eingeführt ist, folgerdermaßen:

§ 364. Die Straßenstrecken sind durch hinhältliche Besserungen in ihrer jeweiligen Oberfläche so lange möglichst eben zu erhalten, bis die abgenutzte Stärke des Steinkörpers streckenweise durch vollständige Decken wieder hergestellt werden muß. Vertiefungen in der Fläche der Bahn sind erst dann zu bessern, wenn sie mindestens der Stärke eines Steines entsprechen.

§ 365. Decken sind dann anzubringen, wenn erstens bei Bahnen, die aus gleichartigem Material gebaut sind, die Decke in der Regel bis auf die Bordhöhe, ausnahmsweise bis auf 0,025 m unter der Bordhöhe, zweitens bei Bahnen mit Decken aus besserem Material, die Decke ganz abgenutzt ist. Erscheint eine Verstärkung der aus besserem Material bestehenden Decke erforderlich, so darf die Abnutzung bis zu dem Maße dieser Verstärkung fortgesetzt werden, sofern sich nicht durch Heben der Bordsteine die Verstärkung vorteilhafter beschaffen läßt.

§ 366. Eine Decke darf ferner aufgebracht werden, bevor die Bahn bis auf die Bordhöhe abgenutzt ist, wenn die Bahn sich durch hinhältliche Besserungen nicht in ebener Oberfläche erhalten läßt, und der Verkehr durch den Zustand der Bahn belästigt wird.

§ 367. Mit der Decklegung ist unter Berücksichtigung des Verkehrs und besonderen Verhältnisse jeder einzelnen Strecke möglichst nach einem im voraus bestimmten Plane zu verfahren; die geringste Länge einer zu deckenden Strecke bestimmt sich zu mindestens 375 und höchstens 700 m Länge.

§ 368. Die Deckenarbeiten sind im Anfange des Frühjahrs auszuführen; zu einer anderen Zeit, wenn dies wegen besonderer Umstände angenommen oder notwendig ist.

§ 369. Die mit einer neuen Decke zu belegenden Strecken sind nach Maßgabe der §§ 388 bis 394 abzuschlämmen.

§ 370. Ist die Oberfläche der zu deckenden Bahn sehr ungleich geworden, so sind vor Aufbringung der neuen Decke, namentlich vor Legung einer 5 cm starken Decke aus festem Material die größeren Erhöhungen und Vertiefungen auszugleichen.

§ 371. Ist wegen besonderer Glätte und Festigkeit der Bahn Verschiebung des Deckmaterials unter der Walze zu befürchten, so ist entweder die Oberfläche der Bahn rauh zu machen, oder es sind in Abständen von zirka 1 m von jedem Borde ab, in der Richtung nach der Mitte, Rillen von der Tiefe eines Steinkorns und etwa 1 m Länge einzuhauen. Diese Rillen sind über die ganze Breite der zu deckenden Fläche zu ziehen, wenn die Bahn eine Neigung von $^1/_{20}$ und darüber hat.

§ 372. Wird nicht die ganze Breite der Bahn gedeckt, so sind die Seitenränder der herzustellenden Decke entlang Rillen von eines Steinkorns Tiefe einzuhauen, deren äußerer

Rande lotrecht steht, und deren Sohle nach innen flach verläuft.

§ 373. Erfordert die Aufbringung des Deckmaterials einen längeren Zeitraum, und ist ein Sommerweg nicht vorhanden, oder schwer zu passieren, so ist auf Steinbahnen von 3,50 m Breite und darüber ein mindestens 2 m breiter Streifen in der ganzen Länge der zu legenden Decke am Borde für den Verkehr einstweilen offen zu halten und erst nach Ueberschüttung der übrigen zu deckende Straßenteile mit Steinschlag zu belegen.

§ 374. Die neuen Decken sollen an den Endpunkten in die Fläche der nicht gedeckten Bahnstrecken allmählich übergehen.

§ 375. Bei Aufbringung neuer Decken, ist eine allgemeine Regelung des Querprofils der Straßen, soweit nötig, vorzunehmen.

Um die bisher vereinzelt und ohne inneren Zusammenhang gegebenen Vorschriften und Regeln zu einem übersichtlichen Ganzen zusammen zu fassen, möge hier kurz die Herstellnng einer neuen Decke nach einer Methode, die sich in jeder Beziehung gut bewährt hat, beschrieben werden.

Um sich vollständig über das Verfahren klar zu werden, muß noch vorausgeschickt werden, daß die von Mac Adam mit großer Wärme empfohlene und mit vieler Energie und Hartnäckigkeit versuchte Methode der Befestigung der Steinschlagbahnen ohne jedes erdige Bindematerial sich für Straßen mit starken Verkehr als nicht durchführbar erwiesen hat.

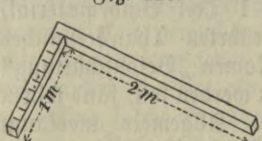
Eine solche Steinbahn entspricht nicht den Erfordernissen der Neuzeit und beruht eigentlich immer noch auf dem als verwerflich längst anerkannten Prinzip der Befestigung der Steinbahn durch das Fuhrwerk. Abgesehen aber von den damit verbundenen Belästigungen des Verkehrs, muß zugegeben werden, daß eine Steinschüttung, welche sich vier Wochen lang mehr oder weniger lose unter dem Drucke der Walze und der Räder befindet, vollständig in ihren einzelnen Steinen zerfahren und zerrieben wird. Es sind also große Verluste an Material mit diesem Verfahren verbunden. Als ein weiterer Nachteil muß genannt werden die große Kostspieligkeit, die durch ein übermäßig langes Walzen verursacht wird. Endlich ist dieses Verfahren wegen seiner außerordentlichen Langsamkeit in Gegenden mit regem Verkehr gar nicht anzuwenden, denn wenn eine 1000 bis 1200 m lange Decke herzustellen ist, so müßte einschließlich der Schüttungsarbeiten der Sommerweg etwa 3 Monate lang den Verkehr aufnehmen, was im Frühjahr und Herbst, den besten Jahreszeiten für neue Decken, wohl schwer zu erreichen sein möchte.

Eine Folge der langen Dauer der Walzungen ist auch, daß solche Decken häufig ganz ohne Wasserfahren hergestellt werden mußten, denn hierdurch wären die Kosten noch bedeutend erhöht, und zwar unnütz erhöht, denn das reine Wasser vermag nicht etwas zur Befestigung und Dichtung des Steinmaterials beizutragen.

Alle diese Uebelstände drängten in Gegenden mit lebhaftem und schwerem Verkehr dazu, eine andere schnellere und sicherere Befestigungsmethode aufzusuchen. Da kam man auf den eigentlich sehr nahe liegenden Gedanken, das Einbringen des Bindematerials nicht erst von der Zerstörung des Steinschlags und von dem Fuhrwerk zu erwarten, sondern das Bindematerial gleich von vornherein besonders zu beschaffen und einzubringen. Am weitesten ging in dieser Beziehung ein französischer Ingenieur Monnet, der einem Beton bildete, bestehend aus 4 Teilen Steinen und 1 Teil Bindematerial, wozu er sich des mit Wasser angerührten Chausseestaubes bediente. Sein Verfahren, das den Namen „Betonschüttung“ erhielt, hier aber nicht weiter beschrieben werden soll, fand keinen Eingang, weil es zu kompliziert war. Allgemein anerkannt ist jetzt aber in Frankreich die Notwendigkeit eines schlammigen Bindematerials. Im Departement der Seine et Oise, wo ein sehr quarziger Granit verwendet wird, bedient man sich der Kreide, in Paris nimmt man Kalk- und Chausseestaub. Die neuen Decken werden gewalzt, eingeschlämmt und tüchtig gewässert, und werden dann in einer Nacht so gut und fest hergestellt, daß sie am Morgen sofort fähig sind, den ganzen lebhaften und auch schweren Verkehr aufzunehmen, ohne daß auch nur ein Steinchen lose wird. Dieses Ziel zu erreichen unter gleichzeitiger möglichster Schonung des Schüttmaterials muß auch für Chausseen außerhalb der Städte angestrebt werden.

Die Arbeiten der Neudeckungen beginnen mit dem Aufmetern des Materials. Die geringste Stärke neuer Decken ist 0,08 m, und es müssen somit bei einer 5 m breiten Steinbahn mindestens 40 cbm Steine pro Station von 100 m Länge angeliefert werden. Die Steine werden auf den Materialienbankett, nachdem dasselbe gereinigt und geebnet ist, aufgemetert, jedoch wegen der auf den Banketten stehenden Bäume und Nummersteine, der einmündenden Rampen und Zuwege, im besonderen aber auch wegen der Verteilung an einzelne Arbeiter beim Schlagen, nicht in einem langen Haufen, sondern in einzelnen Haufen von 2 bis 6 cbm. Eine angemessene Höhe ist 0,50 m, da bei größerer Höhe die Haufen zu leicht umgeworfen werden und zerfallen. Macht man dann die Haufen 2 m breit, so stellt die Länge in der Richtung der Straße immer die Anzahl der Kubikmeter dar, weshalb sich diese Art der Aufmeterung besonders auch im Interesse einer leichten Abnahme empfiehlt. Empfehlenswerte Maße sind auch $\frac{2}{3} = 0{,}66$ m Höhe und 1,50 m Breite. Die Haufen müssen im Grundriß rechtwinklig gebildet sein, und man bedient sich zum Anlegen der Haufen mit Vorteil eines hölzernen Winkels, dessen einer Schenkel 1 m und dessen anderer Schenkel 2 m lang ist (Fig. 126). Diese Schenkellängen geben dann gleich die Maße an für die einzelnen Kubikmeter der Unterhaltungssteine, wenn die Höhe 0,50 m ist. Das Aufmetern geschieht so dicht als möglich, doch darf das angelieferte Material zu diesem Behufe nicht zerschlagen werden, da sonst eine Uebereinstimmung mit den Angaben des Lieferanten nicht möglich ist. Es kann angenommen werden, daß ein Arbeiter täglich 10 cbm Bruchsteine dicht aufzumetern imstande ist. Nachdem alle Steine angeliefert, aufgemetert, abgenommen und mit Weißkalk tüchtig besprengt sind, werden die einzelnen Haufen an die Steinschläger verteilt. Das Steinschlagen geschieht im Akkord, dessen Preis sich nach der

Fig. 126.



Festigkeit des Materials richtet. Als Anhalt dafür, welcher Preis pro Kubikmeter zu zahlen ist, möge die Angabe dienen, daß von dem festesten Material ein mittlerer Steinschläger an einem Arbeitstage in mittlerer Jahreszeit mindestens 1 cbm schlagen kann, von weichem Material kann ein Arbeiter über 2 cbm täglich schlagen, Material, von dem sich täglich mehr als 1,50 cbm schlagen lassen, sind zu guten Chausseen kaum noch brauchbar.

Für die Lieferung der Steine ist es notwendig, darauf zu halten, daß dieselben nicht zu klein, aber auch nicht zu groß angeliefert werden. Bei Bruchsteinen wird nicht zu fürchten sein, daß sie zu klein geliefert werden, bei Flußkieselsteinen aber, oder Findlingen, muß als Bedingung vorgeschrieben werden, daß die Steine nach keiner Richtung hin weniger als 0,08 m messen. Als äußerstes Maß der Größe nach oben hin ist ein Volumen von 0,02 cbm anzusehen, das sind Steine von etwa 0,34 m Länge, 0,30 m Breite und 0,20 m Höhe. Größere Steine sind schwer zu hantieren und verteuern das Vorschlagen der Steine. Zum Vorschlagen der großen Steine in Stücke von Faustgröße bedient sich der Steinschläger des Vorschlaghammers, großer stählener Hämmer an etwas langem Stiele, deren Gewicht aber nicht mehr als 4 kg betragen soll, da sonst kein sicherer Schlag mehr damit geführt werden kann. Für die Neubeschaffung wird man immerhin bis zu 5 kg Gewicht hinauf gehen müssen mit Rücksicht auf die Abnutzung.

Die Bedingungen, welche an einen guten Steinschlag gestellt werden müssen, sind zweierlei: erstens möglichste Gleichmäßigkeit in bezug auf die Größe der einzelnen Steine unter sich, zweitens möglichste Würfelform der einzelnen Steine. Es gibt zwei Arten, die Steine von Hand zu zerkleinern, entweder mit dem Hammer mit kurzem Stiel auf Amboß, wobei die Arbeiter sitzen und jeden einzelnen Stein in die Hand nehmen, oder mit dem Schwunghammer auf dem Haufen. Die erstere Art ist in vielen Beziehungen die vorzüglichere. Beim Schlagen mit dem Schwunghammer geht ein großer Teil der angewendeten Kraft verloren, weil nicht jeder Schlag dahin trifft, wo er hintreffen soll, ferner ist das Wegspringen einzelner Steine, die dann wieder zusammengelesen werden müssen, sehr unangenehm, die untere Lage wird so fest in den Boden eingeschlagen, daß die Steine nur mit der Hacke wieder gelöst werden können, es kann nur schwer kontrolliert werden, ob der ganze Haufen gleichmäßig durchgeschlagen ist, und endlich ist die gebückte Stellung der Arbeiter, wobei der Magen und die Nieren in schädlicher Weise gedrückt werden, ungesund. Die Erschwernis durch das feste Lagern des Steinschlags im Erdboden drückt sich dadurch aus, daß das Aufbringen der Schüttung für eine 600 m lange Strecke zwei Tage länger dauert, als wie wenn die Steine von Haufen genommen werden, deren Steine auf dem Amboß geschlagen sind.

Die einzelnen Steine sollen nicht größer sein als ein Würfel von höchstens 0,045 m Seite. Um diese Größe zum Verständnis der Arbeiter zu bringen, ist das beste Mittel, jedem Arbeiter einen solchen Würfel aus Holz zu geben, mit dem Auftrage, ihn stets zur Stelle zu haben. Das Auge gewöhnt sich dann an die Erscheinung und der Arbeiter wird so am besten dazu geführt, das richtige Korn zu schlagen. Auch die zweite Bedingung, möglichst würfelförmig zu schlagen, läßt sich am besten auf dem Amboß erfüllen, da der Arbeiter es hier in der Hand hat, den Stein so zu legen, wie er glaubt den vorliegenden Zweck am besten zu erreichen. Mangelhaft wird bis jetzt nur die Würfelform durch die Steinbrechmaschinen erreicht, worin hauptsächlich der Grund zu suchen ist, daß sie noch wenig in den Chausseebau eingeführt sind. Der Steinschlag aus diesen Maschinen ist schieferig und besteht durchschnittlich aus Platten von 0,05 bis 0,06 m Seite und 0,02 bis 0,03 m Stärke.

Ist der ganze Steinschlag fertig gestellt, so beginnt das Aufbringen desselben, nachdem er vorher auf schrägen Sieben mit vertikalen Stäben in etwa 0,016 m Entfernung durchgesiebt ist. Die Siebe müssen verstellbar sein, weil bei feuchter Witterung die Steine schwerer herabrollen als bei trockener, und mit ihrer Unterkante so hoch über Fußboden liegen, daß eine Karre, welche gleich die gesiebten Steine aufnimmt, bequem darunter gestellt werden kann.

Sehr gut sind Siebe aus starkem Drahtgeflecht mit quadratischen Maschen von 40 mm Weite für das erste Produkt und von 26 mm Weite für das zweite Produkt, wenn der Steinschlag in zwei Lagen aufgebracht werden soll, was durchaus empfohlen werden kann.

Gleichzeitig mit dem Reinigen und Aufbringen des gesiebten Steinschlags nach dem vorgeschriebenen Profil mit geringer Ueberhöhung in der Mitte, erfolgt das Reinigen und Wundmachen der alten Steinbahn. Ueber das Reinigen ist nichts weiter zu bemerken, es geschieht mit möglichster Sorgfalt, unter Anwendung der Schlammkratze und des Besens. Das Wundmachen besteht einmal in dem Hauen der Widerlager für die neue Schüttung an den Rändern, in der Weise, daß eine Rille von mindestens 0,05 m Tiefe mit steilem Rande an der Außenseite und mit Abflachung nach der Mitte der Steinbahn zu hergestellt wird, und dann in dem Abhauen der vorhandenen Buckel und Erhöhungen. Das durch diese Arbeiten gewonnene lose alte Steinmaterial wird sorgfältig ausgeharkt, und nachdem der Schmutz entfernt, in die Vertiefungen und Schlaglöcher eingebracht. Das weitere Wundmachen durch Einhauen von 1 m langen Querrillen in etwa 1 m Entfernung voneinander muß als sehr wünschenswert bezeichnet werden, da es tatsächlich bei anhaltendem nassen Wetter vorkommt, daß die neue Decke auf ihrem Untergrund sich verschiebt, wenn keine innige Verbindung erzielt ist. Diese Arbeit erfordert jedoch viele Tagelöhne und Reparaturen der Gerätschaften und ist deshalb kostspielig. Für ein rüstiges Fortschreiten der Ausführung empfiehlt es sich, bei Anfertigung einer neuen Decke drei Siebe aufzustellen. Zu jedem Siebe gehören drei Mann mit je zwei Karren für ein Sieb. Diese neun Arbeiter führen die Arbeiten des Wundmachens der alten Steinbahn und das Reinigen und Aufbringen der Steine in Akkord aus, und zwar kann man rechnen, daß ein Arbeiter täglich 4,50 cbm aufbringt, wonach sich der Akkordsatz je nach dem üblichen Tagelohne leicht bestimmen läßt. Werden pro Kubikmeter beispielsweise 0,45 Mk. bezahlt, so verdient ein Arbeiter pro Tag $4{,}5 \cdot 0{,}45 = 2{,}025$ Mk., und es werden von den neun Arbeitern täglich etwa 100 m Schüttung fertig gestellt, wenn pro Station 40 cbm verwendbar werden. Wird die Decke im Sommer gemacht, wo die Reinigungsarbeiten geringer sind, so werden die Arbeitskräfte besser ausgenützt, wenn man zusammen nur acht Arbeiter anstellt. Die Arbeiten des fehlenden neunten Mannes werden dann von den acht Arbeitern mitgemacht, und die Leute kommen dann unter Belassung desselben Einheitssatzes zu etwas höherem Lohn, was für Akkordarbeiten immer erwünscht ist.

Sind so die Schüttungsarbeiten beendet, so wird zur Befestigung der Steinbahn geschritten durch Walzen, Wässern und Einbringen des Bindematerials. Um das Wasser möglichst in der Steinschüttung festzuhalten, werden zunächst längs der beiden Ränder der Schüttung Wasserfänge, etwa 0,15 m hoch und breit, aus reinem Chausseestaub hergestellt, bei denen streng darauf zu halten ist, daß sie frei von Humusboden und vegetabilischen Stoffen sind. Auf der Innenseite dieser Wasserfänge, wo der nötige Platz bis zur Steinschüttung gelassen sein muß, wird dann ein etwa 0,10 m starker Streifen Kies, am besten Grubenkies mit etwas lehmigen Bestandteilen, angefüttert. Die Menge des als Binde- und Deckmaterial anzuliefernden Kieses beträgt ein Fünftel des zur Verwendung kommenden Steinmaterials. Nachdem so die Steinschüttung auf etwa 400 m Länge vorbereitet ist, auch die Wasserwagen und die Walze zur Stelle, beginnen früh morgens die Befestigungsarbeiten. Die ganze Strecke wird in neun Längen zu etwa 45 m eingeteilt, und in jeder Abteilung wird ein Arbeiter angestellt, dem die Befestigung der 45 m obliegt. Zur Bedienung der Walze und des Wasserwagens ist dann noch je ein Mann notwendig, also im ganzen 11 Arbeiter, abgesehen von den Arbeitern, welche beim Wasserschöpfen beschäftigt sind. Zu letzterer Arbeit werden gewöhnlich drei Mann gebraucht, einer, der schöpft, einer, der den Eimer hoch gibt, und einer, welcher einfüllt. Unter gleichzeitigem Aufbringen von Wasser geht die noch unbelastete Walze über die Steinschüttung und bewirkt das Vorwalzen, während welcher Zeit nichts anderes an der Schüttung vorgenommen wird. Die nicht beschäftigten Arbeiter bereiten unterdessen die nächsten 400 m Walzstrecke vor. Dieses Vorwalzen, wie auch das spätere Walzen, geschieht in der Weise, daß die Walzstreifen an den Rändern anfangen und nach der Mitte zu fortgesetzt werden, und zwar müssen die Steine stets in derselben Richtung getroffen werden, die Walze muß also regelmäßig an einer Seite hin, an der andern zurückgehen. Das Walzen wird so lange fortgesetzt, bis jede Stelle mindestens fünfmal unter der Walze gewesen ist. Da die Geschwindigkeit der Walze, einschließlich der Zeit für das Umspannen, etwa 1900 m in einer Stunde beträgt, so muß eine 5 m breite und 400 m lange Strecke, wenn sie in fünf Streifen eingeteilt wird, $\frac{5 \cdot 400 \cdot 5}{1900} = 5$ Stunden und 16 Minuten gewalzt werden. Hierbei ist das Uebergreifen der Walze über den 1 m breiten Streifen, da die Walzen je 1,10 bis 1,30 m breit zu sein pflegen, nicht berücksichtigt. Es wird somit das Vorwalzen wenigstens $^3/_4$ Pferde-Arbeitstag in Anspruch nehmen.

Einen ganzen Tag naß vorzuwalzen, kann nur bestens empfohlen werden. Durch das Vorwalzen erhalten die unteren Schichten eine feste Lagerung, nicht ganz widerstandsfähiges Material und splitterige Steine werden durch die Walze zerquetscht, und der sich bildende Steingrus trägt vorteilhaft zur Dichtung des Steinschlags bei.

Da sich jetzt bereits Wasser längs der Wasserdämme angesammelt haben wird, so muß nunmehr das Hinauffegen dieses Wassers auf die Steinbahn durch die neun angestellten Arbeiter erfolgen. Gleichzeitig mit dem Wasser wird etwas Kies und eine geringe Menge des im Wasser gelösten Chausseestaubes mitgerissen. Es ist streng darauf zu halten, daß die Flüssigkeit dünn bleibt und nicht etwa eine breiige Form annimmt. Das Einfegen geschieht stets in der Richtung vom Rande nach der Mitte zu und schreitet nur ganz allmählich vorwärts. Auch das Walzen beschränkt sich nur auf die Ränder und darf bis zum Mittag des zweiten Tages nur einen Streifen von $^1/_3$ Breite der ganzen Schüttung zu jeder Seite umfassen, so daß also das mittlere Dritteil noch nicht mitgewalzt wird. Am Morgen des zweiten

Tages werden die bereits etwas befestigten beiderseitigen Streifen zunächst dünn mit dem ausgesiebten Steingrus und dann mit dem als Bindematerial bereit liegenden Kiese bestreut, wobei nicht streng genug darauf gehalten werden kann, daß jedes nesterweise und haufenweise Aufbringen durchaus vermieden wird. Vom Mittag des zweiten Tages ab wird nun auch die Mitte der Steinbahn in die Bearbeitung durch Walzen, Wässern, Bestreuen und Einfegen hineingezogen und damit fortgefahren bis zum Mittag des dritten Tages. Jetzt erhält die ganze Decke durch allmähliches dünnes Einstreuen, und nachdem sie vorher noch einmal tüchtig mit Wasser abgespült ist, bei ununterbrochenem Walzen eine Lage Kies von 0,015 bis 0,02 m Stärke und wird nun auf die ganze Breite gerade so nachgewalzt, als sie am Vormittag des ersten Tages vorgewalzt wurde, nur mit dem Unterschiede, daß jetzt die Walze voll belastet ist und Wasser nicht mehr gefahren wird. Die Belastung der Walze erfolgt bereits am Abend des ersten Tages, so daß am Morgen des zweiten Tages die Walze schon mit voller Belastung fährt.

Eine so hergestellte Decke kann sofort dem Verkehr übergeben werden und bedarf weiter keiner anderen Wartung, als der des Verlegens. Sie enthält nicht mehr als das durchaus notwendige Bindematerial, die Steine sind nicht zerquetscht und abgerundet, sondern haben die Form behalten, welche ihnen durch das Schlagen gegeben ist. Auch die Haltbarkeit ist eine so vorzügliche, daß unter normalen Verhältnissen erst im dritten Jahre kleine Unterhaltungsarbeiten notwendig werden, in Gegenden mit leichtem Verkehr erst im vierten und fünften Jahre.

Die Kosten ergeben sich für die 400 m lange Strecke mit:

$3 \cdot 10 = 30$ Arbeitstage bei der Deckenbefestigung und der Walze à 2,25 Mk. =	67,50 Mk.
$2^1/_2 \cdot 4 = 10$ Arbeitstage beim Wasserschöpfen und Bedienung des Wasserwagens à 2 Mk. =	20,00 „
$3 \cdot 6 = 18$ Pferdetage bei der Walze à 6 Mk. =	108,00 „
$2^1/_2 \cdot 4 = 10$ Pfdtge. b. Wasserfahren à 6 Mk. =	60,00 „
zusammen	255,50 Mk.

oder pro Meter Länge 0,64 Mk.

Hierzu kommen an Nebenarbeiten:

Anfuhr der Walze und des Wasserwagens, sowie Einrichtung der Baustelle	10 Mk.
(wobei darauf gerechnet ist, daß die Gesamtlänge der neuen Decke mehr als 400 m beträgt)	
400 m die beiderseitigen Bankette zu regulieren à 0,08 Mk. =	32 „
400 m den Sommerweg zu regulieren à 0,20 Mk. =	80 „
10 Arbeitstage für Verlegen der neuen Decke à 2 Mk. =	20 „
für außerordentliche Abnutzung der Geräte	10 „
zusammen	152 Mk.

oder pro Meter 0,38 Mk.

Es kostet also ein Meter neue Steinschlagdecke von 5 m Breite festzuwalzen, einschließlich der Wasserfuhren, des Aufbringens und der Verteilung des Bindematerials und aller sonstigen mit der Neudeckung verbundenen Nebenarbeiten, 0,64 + 0,38 = 1,02 Mark.

Ergibt die Einteilung der Walzstrecken kürzere Längen als 400 m, so darf doch an der aufzuwendenden Zeit und an der Zahl der Arbeiter gegen obige Angaben nichts gespart werden, da die Länge von 400 m als größte zulässige Länge bezeichnet werden muß. Weniger als 330 m Länge sollen die Walzstrecken jedoch nicht haben.

Erwähnt sei noch, daß die vorstehende Beschreibung der Deckenfertigung sich lediglich auf Chausseen mit schwerem Verkehr bezieht und ein festes Material aus der Gruppe der massigen Steine voraussetzt. Für Chausseen mit leichtem Verkehr, bei denen dann auch die Verwendung von kalkigen und mergeligen Steinen zulässig ist, liegen die Verhältnisse anders, und wenn beispielsweise oben als Bindematerial Grubenkies mit lehmigen Bestandteilen empfohlen wurde, so muß für Chausseen aus Kalksteinen möglichst reiner Flußkies vorgeschrieben werden. Um Chausseen letzterer Art, deren Herstellung und Unterhaltung Schwierigkeiten nicht bieten, handelt es sich überhaupt aber bei unseren Betrachtungen nicht, sondern um Chausseen mit schwerstem Verkehr. Bei ihnen allein läßt sich das Prinzip feststellen; ist dieses aber richtig erkannt, so wird es nicht schwer sein, dasselbe an betreffender Stelle auch richtig anzuwenden.

Die Dampfwalze. Die fortwährend zunehmenden Schwierigkeiten, gute Zugtiere für die Walze zu beschaffen, und der Uebelstand, daß die Hufe der Tiere die in der Befestigung begriffene Steindecke immer wieder angreifen und lockern, hat immer mehr dazu geführt, anstatt der Pferdewalze die Dampfwalze einzuführen. Das Gewicht der Dampfwalzen beträgt im belasteten Zustande etwa 15000 kg. Infolge dieses bedeutend größeren Gewichts ist die Wirkung der Dampfwalze eine größere, und die aufzuwendende Zeit somit eine kürzere. Es kann angenommen werden, daß bei einem Material mittlerer Festigkeit in 12 Arbeitsstunden etwa 240 m einer neuen 5 m breiten Schüttung fertiggestellt werden. Für die Herstellung einer 400 m langen Strecke sind somit notwendig $\frac{400}{240} \cdot 12 = 20$ Arbeitsstunden, und die Kosten ergeben sich dann, wenn die Dampfwalzenstunde 5 Mk. kostet, wie folgt:

20 · 10 = 200 Arbeitsstunden der Arbeiter à 0,225 Mk. =	45,00 Mk.
20 · 4 = 80 Arbeitsstunden beim Wasserschöpfen à 0,20 Mk. =	16,00 „
20 Dampfwalzenstunden à 5 Mk. =	100,00 „
20 · 4 = 80 Pferdestunden beim Wasserfahren à 0,60 Mk. =	48,00 „
zusammen	209,00 Mk.

oder pro Meter Länge rot 0,53 Mk. und pro qm rot 0,11 Mk.

Die Herstellungsweise bleibt im allgemeinen sonst dieselbe, nur drängen sich infolge der größeren Schnelligkeit die Arbeiten mehr zusammen und müssen deshalb mit besonderer Tatkraft und Umsicht ausgeführt werden. Um die Dampfwalze besser auszunutzen, kann die Arbeitszeit auf 12 Stunden ausgedehnt werden. Darüber hinauszugehen, ist unzulässig, weil dann die Arbeiter über ihre Kräfte angestrengt werden, was wieder eine Minderwertigkeit ihrer Leistungen zur Folge hat.

3. Die Ausbesserungen der Steinschlagbahn.

Trotz der sorgfältigsten Unterhaltung durch Abschlämmen und Reinigen der Steinbahn läßt es sich nicht durchführen, daß die Ausbesserungen nur in der Herstellung neuer Decken bestehen, sondern es werden kleinere Ausbesserungen, besonders wenn die Decken dem Zeitpunkte ihrer Erneuerung nahe sind, sich nicht vermeiden lassen. Die Steine für die Ausbesserungen werden etwas kleiner geschlagen als für neue Decken und zwar nicht größer als ein Würfel, dessen Seiten 0,04 m lang sind. Während man für Herstellung der neuen Decken in der beschriebenen Weise nicht an eine bestimmte Jahreszeit gebunden ist, dürfen die Ausbesserungen nur in der nassen Jahreszeit ausgeführt werden, und zwar werden die Arbeiten so eingeteilt, daß im Herbst, am besten in den Monaten Oktober und November, die größten Senken ausgefüllt werden und gegen Ende des Winters, in den Monaten Februar und März, eine Nachausbesserung vorgenommen wird. Die zu bessernden Stellen werden zunächst mit der Hacke in ihren Umrissen markiert, dann sauber von Schmutz gereinigt und an ihren Rändern mit einer 0,05 bis 0,08 m tiefen Rille versehen, deren äußerer Rand senkrecht stehen bleibt, und deren innerer Rand abgeflacht wird, ganz wie bei den neuen Decken die beiderseitigen Widerlagsrillen. Auch hier werden wieder die gewonnenen Steine ausgeharkt, vom Schmutz gereinigt und dann wieder verbaut. Das neue Steinmaterial wird gesiebt und dann in solcher Stärke auf die Ausbesserungsstellen aufgebracht, daß die fertige Ausbesserung nicht höher liegt, als die anschließende Chaussierung. Ist die Schüttung nicht stärker als eine Lage, so muß streng darauf gesehen werden, daß die Steine ganz dicht nebeneinander zu liegen kommen. Die so hergestellte Ausbesserung darf nicht eingefegt werden, denn die Räder des Fuhrwerks führen das Bindematerial in genügender Menge mit sich.

Nachdem die gebesserten Stellen 3 bis 5 Tage befahren sind, werden sie mit einer am unteren Ende mit Eisen beschlagenen Handramme besonders an den aufgefahrenen Stellen festgerammt und mit dem ausgesiebten Steingrus und etwas Deckkies überstreut. Durch ein sorgfältiges Verlegen werden die Fuhrwerke gezwungen, möglichst die neuen Besserungen zu befahren, während gleichzeitig mit der Handramme, wo es nötig ist, nachgearbeitet wird. Der Bedarf an Unterhaltungsmaterial ist sehr verschieden; während eine Chaussee mit leichtem Verkehr nicht mehr als 1 bis 2 cbm auf 100 m Länge notwendig hat, erfordern Chausseen mit schwerem Verkehr durchschnittlich 3 bis 4 cbm auf dieselbe Länge. Wenn auch infolge ganz außerordentlicher Abnutzung einzelne kurze Strecken einmal 6 bis 8 cbm Unterhaltungssteine erfordern können, so soll man im Durchschnitt doch mehr als 4 cbm pro 100 m Länge niemals aufwenden, da man dann schon das System der Deckenwirtschaft verläßt und sich dem Flicksystem nähert.

4. Die Brauchbarkeit der Steine zu Chaussierungen.

Nicht nur der Grad der rückwirkenden Festigkeit des Materials zu den Straßenbefestigungen entscheidet über seine Verwendbarkeit, sondern es ist weiter zu berücksichtigen sein Widerstand gegen Reibung und seine Wetterbeständigkeit. Der Chausseeverkehr, die Güte des Materials und der Preis sind die drei Gesichtspunkte, die genau erwogen werden müssen, bevor ein gewisses Material beschafft wird. Da die bezüglichen Versuche noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden können, so möge hier nur eine Nachweisung folgen, aus der immerhin schon ein Anhalt für die Wahl des Materials wird entnommen werden können.

Es läßt sich annehmen, daß in bezug auf den Widerstand der Materialien gegen Abnutzung 1 cbm Basalt von der rückwirkenden Festigkeit von 1500 kg pro Quadratzentimeter gleichwertig ist mit:

1,08 cbm Material von der rückwirkenden Festigkeit von 1400 kg pro Quadratzentimeter (Basalt), 1,20 cbm Material von der rückwirkenden Festigkeit von 1300 kg pro Quadratzentimeter (Diorit, die aphanitischen Grünsteine, Melaphyr, Augitporphyr, Gabbro),

1,32 cbm Material von der rückwirkenden Festigkeit von 1200 kg pro Quadratzentimeter (Granit, Syenit, dichte Quarzporphyre),

1,59 cbm Material von der rückwirkenden Festigkeit von 1100 kg pro Quadratzentimeter (Porphyre der Granitgruppe),

1,84 cbm Material von der rückwirkenden Festigkeit von 1000 kg pro Quadratzentimeter (quarzige Grauwacke, Kohlensandsteine),

2,15 cbm Material von der rückwirkenden Festigkeit von 900 kg pro Quadratzentimeter (Grauwacke),

2,57 cbm Material von der rückwirkenden Festigkeit von 800 kg pro Quadratzentimeter (quarzige Kalksteine, dichte Buntsandsteine),

4,00 cbm Material von der rückwirkenden Festigkeit von 600 kg pro Quadratzentimeter (die Kalksteine der Juraformation),

7,00 cbm Material von der rückwirkenden Festigkeit von 500 kg pro Quadratzentimeter (die Sandsteine der Juraformation),

12,00 cbm Material von der rückwirkenden Festigkeit von 400 kg (Kreidekalke).

Das außerordentlich schnelle Steigen der Abnutzung im Vergleich zur Festigkeit des Materials zeigt, wie wichtig es ist, in der Wahl der Materialien mit Sorgfalt voran zu gehen. In der vorstehenden Zusammenstellung sind Mittelwerte angegeben, und es sind gleiche klimatische und gleiche Verkehrsverhältnisse vorausgesetzt. Unter verschiedenen äußeren Umständen werden sich die Verhältnisse so gestalten, daß die Unterschiede in der Brauchbarkeit der Materialien um so kleiner werden, je geringer der Verkehr und je günstiger die Lage und die Witterungsverhältnisse der Chausseestrecken sind.

Es werden dann die weniger festen Materialien, wenn sie billiger sind, am vorteilhaftesten sein. Je stärker aber der Verkehr ist, je mehr Schmutz durch den Verkehr der Chaussee zugeführt wird, und je feuchter die Strecke liegt, um so größer wird der Unterschied in der Abnutzung der Materialien sein, und es müssen unter solchen Umständen stets nur die festesten und besten Materialien gewählt werden.

5. Die gepflasterten Steinbahnen.

Wenn auch zugegeben werden muß, daß für den durchgehenden Verkehr die Steinschlagbahn die angenehmste und vorzüglichste Befestiguugsweise für Chausseen ist, so kann doch der lokale Verkehr so vorherrschend werden, daß der durchgehende Verkehr dahinter zurücktreten muß. Dies wird der Fall sein in Gegenden mit schwerem Boden, wenn gleichzeitig die Ackerwirtschaft derart eingerichtet ist, daß der schwerste Verkehr gerade in die Monate von Oktober bis April fällt, wo an und für sich schon die Steinschlagbahnen unter dem Einfluß von andauernder Nässe und unter dem fortwährenden Wechsel von Frost und Tauwetter außerordentlich leiden. Unter solchen Verhältnissen ist das Pflaster die einzig richtige Befestigungsweise. Es sollen deshalb hier noch die hauptsächlichsten Gesichtspunkte, unter denen das Pflaster herzustellen ist, kurz Erwähnung finden.

Der Grund, welcher für die Chaussierungen maßgebend war, durch eine schwächere Wölbung des Erdplanums unter der Steinbahn in der Mitte eine größere Stärke zu geben, ist für die Pflasterungen nicht mehr von Bedeutung, und da man die Wölbung des Pflasters noch flacher herstellen kann, als bei der Chaussierung, nämlich mit $^1/_{40}$ bis $^1/_{60}$ Teil der ganzen Breite, so ist es am vorteilhaftesten, auch dem Planum des Pflasterkoffers dieselbe Wölbung zu geben. Hierdurch wird erreicht, daß die Kiesbettung überall dieselbe Stärke erhält, und somit die Möglichkeit eines Setzens des Pflasters durch Komprimierung der Kiesbettung auf der ganzen Breite gleich ist. Die horizontale Abgleichung des Planums hat zur Folge, daß in der Mitte die Kiesbettung stärker ist als an den

Seiten, und da nun auch naturgemäß der Verkehr in der Mitte der Steinbahn größer ist, so ist unvermeidlich, daß auch das Setzen des Pflasters in der Mitte größer ist als an den Seiten, wovon das Verderben des beabsichtigten Querprofils die unmittelbare Folge ist. Noch eindringlicher als für die Chaussierung muß für das Pflaster die Parabel als Form der Wölbung empfohlen werden, weil hier wegen der Glätte der Oberfläche die Gefahr des Herabrutschen der Wagen an den steilen Rändern noch größer ist als bei der Chaussierung. Auf das sorgfältig hergestellte und womöglich festgestampfte Planum wird der möglichst erdfreie Pflasterkies aufgebracht, und zwar nicht, wie dies leider noch oft geschieht, in einer Lage, sondern in einzelnen Lagen von ca. 0,12 m Stärke. Was die Mächtigkeit der Kiesschicht anbetrifft, so ist sie sehr verschieden. Bei einem ganz festen, steinigen und gegen die Witterungsverhältnisse unempfindlichen Boden genügt eine Schicht von 0,10 m Höhe unter dem Fuße des fertigen Pflasters. Solche Verhältnisse sind jedoch selten, und es muß angenommen werden, daß bei erdigem und lehmigem Untergrunde, der das eindringende Wasser nicht hindurchläßt, die Kiesbettung mindestens noch 0,25 m unter dem Fuße des fertigen Pflasters stark ist. Die einzelnen 0,12 m starken Schichten werden tüchtig gewässert und mit einer 15 bis 20 kg schweren Ramme festgestampft.

Durch das Wässern und Stampfen wird die Höhe des lose eingebrachten Kieses um etwa ein Drittel vermindert, so daß also eine Lage von 0,12 m nach dem Befestigen nur noch 0,08 m stark ist. Der Wasserbedarf pro Quadratmeter ist etwa 40 l, und ein Arbeiter kann an einem Tage 36 qm in drei Lagen eingebrachte Kiesbettung vorschriftsmäßig herstellen.

Berücksichtigt man, daß durch die Masse der Steine ein gewisses Quantum Kies verdrängt wird, daß aber andererseits auch zum Absanden des fertigen Pflasters Kies notwendig ist, so wird man nicht fehl greifen, wenn man für Veranschlagungen den gesamten Pflasterkoffer von Oberkante Planum bis Oberkante fertiges Pflaster als mit Kies vollgefüllt annimmt.

17*

Die jetzt fast allgemein angenommene Form der Pflastersteine ist die parallelepipedische, mit einem oblongen glatt bearbeiteten Kopf und etwas Verjüngung nach dem Fuße hin. Zu kleine Steine sind nicht brauchbar, weil einmal ihre Handhabung beim Verarbeiten nicht angenehm ist, und dann weil sie zu wenig Widerstand leisten; zu große Steine dagegen bieten den Hufen der Zugtiere zu wenig Fugen, bilden ein glattes Pflaster und haben außerdem die Neigung, bei Belastung ihrer Kanten sich schräg zu stellen, ein Uebelstand, der bei Straßen, in denen ausschließlich rechts gefahren wird, sich sehr fühlbar macht. Die beste Größe für den Kopf ist eine Fläche von nicht weniger als 150 qcm und von nicht mehr als 300 qcm, das sind Steine von 0,10 m Breite und 0,15 m Länge, bis zu Steinen von 0,15 m Breite und 0,20 m Länge. Entsprechend der Kopffläche ist die Höhe auf 0,16 bis 0,20 m anzunehmen, doch soll die Höhe der einzelnen Steine für ein und dasselbe Pflaster nicht mehr als um 0,02 m differieren. Je gleichmäßiger die Steine, um so besser. Da jedoch mit den größeren Ansprüchen, die an die Steine gestellt werden, auch die Lieferungspreise steigen, so können die Lieferungsbedingungen etwas weiter gefaßt werden. Die Steine müssen dann aber auf der Baustelle, und zwar bevor die Pflasterarbeiten beginnen, in drei bis vier Arten sortiert werden, so daß immer größere Flächen derselben Art im Pflaster zusammenkommen. Auf das vorbereitete Kiesbett werden die Steine reihenweise nach der Schnur so aufgestellt, daß die Lagerfugen rechtwinklig zur Straßenachse laufen, die Stoßfugen aber sich in einem regelmäßigen Verbande befinden, bei dem niemals Fuge auf Fuge treffen darf. Der Steinsetzer bedient sich zum Pflastern eines besonderen Hammers, der auf der einen Seite die Form eines gewöhnlichen Schlagehammers hat, auf der anderen Seite aber breit oder herzförmig ausläuft nach Art einer Schaufel oder Schippe. Mit diesem breiten Teile höhlt der Steinsetzer vorsichtig ein kleines Loch für den Fuß des Steines im Kiese aus, setzt den Stein ganz gerade ein, biegt ihn ein wenig an, hinterfüllt unter Gebrauch der Breitseite seines Hammers den Stein etwas mit Kies, legt ihn dann wieder zurück, treibt den Stein an den Nachbarstein seiner Reihe fest heran, so daß die Stoßfugen möglichst dicht schließen, während die Lagerfugen 0,01 bis 0,015 m weit bleiben, unterstopft den Stein von allen Seiten mit dem Hammer und führt nun mehrere Male einen kräftigen Hammerschlag auf den Kopf des Steines, bis er mit den übrigen Steinen in einer Höhe steht. Die Oberfläche des Pflasters liegt nun immer noch etwa 0,04 m über der Oberfläche des fertigen Pflasters. Diese Differenz heißt der Rammschlag, und sie wird beseitigt durch das Rammen.

Neben diesem Pflaster, das Reihenpflaster genannt wird, kann auf Chausseen auch das Kopfsteinpflaster mit Vorteil ausgeführt werden. Die Kopfflächen der hierzu zu verwendenden Steine haben nicht eine regelmäßig bearbeitete oblonge Form, sondern sind polygonal gestaltet, die Abmessungen der Steine aber bewegen sich gleichfalls in den oben angegebenen Grenzen. Der Kopf muß auch hier glatt bearbeitet sein, und die Fußfläche muß noch $^2/_3$ der Kopffläche betragen. Der Preis der Kopfsteine ist etwa 40 % niedriger, als der Preis der Reihensteine.

Die Rammarbeit zerfällt in das zweimalige Vorrammen mit einer leichteren Ramme von etwa 25 bis 30 kg Gewicht, und in das Nachrammen mit einer Ramme von 40 kg Gewicht. Das Rammen muß mit Sachkenntnis ausgeführt werden, und es muß darauf gesehen werden, daß die Ramme stets gleich hoch gehoben wird und jeder Stein annähernd gleichviel Schläge erhält. Steine, die leichter ziehen, erhalten etwas weniger, solche, die schwerer ziehen, etwas mehr Schläge, doch darf dieser Unterschied kein großer sein, und es müssen solche Steine, welche besonders vom Durchschnitt in der Nachgibigkeit abweichen, wie auch solche Steine, die beim Rammen platzen sollten, sofort herausgenommen und durch andere ersetzt werden. Beim Nachrammen mit der schweren Ramme dürfen solche Unterschiede in bezug auf den mehr oder weniger festen Stand schon gar nicht mehr vorkommen. Bevor das Nachrammen erfolgt, wird das vorgerammte Pflaster in der Weise eingeschlemmt, daß Kies mit Wasser auf das Pflaster gebracht und in die Fugen eingefegt wird. Eine Pflaster-strecke ist gut eingeschlemmt, wenn beim Aufgießen von reinem Wasser sich in den Fugen nirgends mehr kleine Löcher bilden, in welche das Wasser einsickert. Auch beim Nachrammen läßt sich die Tüchtigkeit des Einschlemmens daran erkennen, daß der Kies aus den Fugen nach oben hervorquillt.

Zur Schonung des neuen fertigen Pflasters wird dasselbe mit einer 0,02 m starken Kiesschicht bedeckt, und während der ersten Zeit, nachdem es dem Verkehr übergeben, sorgfältig mit Sperrsteinen verlegt, wie dies bei der Chaussierung beschrieben worden ist.

Das Kleinpflaster. Eine dritte Art Pflaster für Chausseen ist das Kleinpflaster. Bei dem fortwährend zunehmenden Verkehr tritt sehr häufig der Fall ein, daß eine Chaussierung, die bis dahin in jeder Beziehung genügte, nicht mehr in einem ordnungsmäßigen Zustande erhalten werden kann und somit zu einer widerstandsfähigeren Befestigung der Fahrbahn übergegangen werden muß. In solchen Fällen erscheint überall da, wo der Untergrund fest ist, die Ausführung des Kleinpflasters angebracht. Die vorhandene Steinbahn wird durch Ausgleich in den Erhöhungen und Vertiefungen, unter Anwendung eines Materialzuschusses von etwa 15 bis 20 cbm neuen Steinschlag auf 100 m Länge und unter Beobachtung des Verfahrens, welches für die Herstellung neuer Decken angegeben ist, wieder in einen vollständig guten Zustand gebracht, mit einer ganz glatten und festen Oberfläche, worauf die größte Sorgfalt zu verwenden ist. Auf diese Unterlage wird eine 2 bis 3 cm starke Schicht scharfer, von allen lehmigen und erdigen Teilen freier Pflasterkies, der auch keine größeren Steine enthalten darf, aufgebracht, und hierauf werden im besten Verband die Kleinpflastersteine gesetzt. Diese Steine, von möglichst kubischer Form, haben im Kopf und in der Höhe die Abmessungen von 8 bis 10 cm. Daß diese Steine alle eine möglichst gleiche Höhe haben, ist eine Hauptbedingung für ein gutes Kleinpflaster, und wo sich diese Gleichmäßigkeit nicht bei der Lieferung erfüllen läßt, muß ein Sortieren der Steine stattfinden. Die größeren Steine werden dann in der Mitte, die kleineren an den beiden Seiten verwendet. Da so die ganze Steinbahn nun

12 bis 13 cm gehoben wird, so müssen auch vor der Herstellung des Pflasters die beiderseitigen Bordsteinreihen und die Banketts um ein gleiches Maß gehoben werden, um das normale Profil der Chaussee wieder herzustellen. Im übrigen gelten alle die Regeln, welche bei der Herstellung von Pflaster zu beobachten sind. Kosten 1 cbm geschlagene Steine 11 Mark, 1 cbm Kies 3,50 Mark, der Pflasterlohn pro qm 0,70 Mark und die Kleinpflastersteine pro qm 2,00 Mark, so stellen sich die gesamten Herstellungskosten für 1 qm Kleinpflaster, einschließlich aller Nebenarbeiten, auf etwa 4,00 Mark.

Man hat schon vor längerer Zeit Pflaster-Rammmaschinen konstruiert und damit mehrfache Versuche angestellt. Die Maschine besteht aus einem zwischen zwei Rädern ruhenden eisernen Gestell, in welchem der 250 kg schwere Rammbär mit einer unteren Fläche von 150 auf 320 cm so hängt, daß er hoch gewunden werden kann. Ist der Bär in einer Höhe von etwa 0,30 m angekommen, so rückt die Kurbel aus und der Bär fällt frei herab. Zur Bedienung sind drei Arbeiter notwendig, zwei, welche an der Kurbel drehen und einer, welcher die Maschine führt. Das Wenden und das Vor- und Rückwärtsbewegen der Maschine geschieht mechanisch und läßt sich leicht bewirken; auch die Stellung des Bärs nach der Neigung des Pflasters ist möglich, so daß in dieser Beziehung kaum Ausstellungen an der Maschine zu machen sein würden.

Die Maschine kommt zur Anwendung, nachdem vorgerammt worden ist. Ihre Wirkung ist jedoch eine so bedeutende, daß, eine gut gedichtete Kiesbettung vorausgesetzt, die bereits gerammten Nachbarreihen wieder gehoben werden. Hierdurch entsteht eine Unregelmäßigkeit im Pflaster, die nun wieder mit leichten Handrammen beseitigt werden muß. Eine Ersparnis wird somit durch die Rammmaschine (Preis 500 Mark) nicht erzielt, sondern es kommen im Gegenteil die Kosten des Maschinenrammens noch zu den anderen Rammkosten hinzu. Die Fläche, welche sich täglich mit der Maschine rammen läßt, beträgt 110 bis 130 qm.

6. Die Schienenstraßen.

Wie aus der Zusammensetzung des Wortes schon geschlossen werden kann, sollen mit Schienenstraßen solche Straßen bezeichnet werden, auf denen Gelegenheit gegeben ist, das Fuhrwerk auf Geleisen, die aus zwei in einer bestimmten Entfernung, Spurweite genannt, von einander liegenden Schienen bestehen, fortzubewegen. Die Spurbahnen sind so alt, als es kultivierte Völker gibt. Schon die Griechen des Altertums hatten ihre Tempelstraßen, auf denen die Opferwagen fortbewegt wurden, als steinerne Spurstraßen ausgebildet. Ganz allgemein waren die hölzernen Spurstraßen in den Bergwerken, und als der Verkehr auf den sehr schlecht unterhaltenen Landstraßen immer lebhafter wurde, ging man dazu über, Spurbahnen zu legen, die zuerst aus Holz und später aus Eisen bestanden. Die ersten gußeisernen Schienenbahnen auf Straßen wurden in England im Jahre 1738 verlegt, in Form von eisernen Platten, die dann im Jahre 1776 durch Angießen eines kleinen Randes verbessert wurden. Hiermit wurde die Spurweite von 5 Fuß englisch eingeführt, die auch jetzt noch für die Eisenbahngeleise gültig ist. Nachdem man seit Mac Adam gelernt hatte, die Steinbahnen so zu befestigen, daß auch schwer belastetes Fuhrwerk ohne übermäßige Inanspruchnahme der Zugtiere darauf fortbewegt werden konnte, war das System der Schienenstraßen vollständig verlassen, und wenn jetzt die Versuche wieder in größerem Umfange aufgenommen werden, so ist dies ein Anzeichen für die nicht ruhenden Bemühungen, dem Verkehr, in diesem Falle besonders dem Lastenverkehr, immer weitergehende Erleichterungen zugute kommen zu lassen.

Die Zahl der verwendeten Schienen-Profile ist eine ziemlich große, und mit Rücksicht darauf, daß die Brauchbarkeit eines Profils immer von örtlichen Verhältnissen in bezug auf den Verkehr und die Bodenbeschaffenheit abhängig ist, läßt sich kaum erwarten, daß es jemals zu einem einheitlichen Profil kommen wird. Die beiden Profile, die am meisten Verwendung gefunden haben, sind die in den nachstehenden Figuren 127 und 128 dargestellten; das erstere Profil ist hauptsächlich in der Provinz Sachsen, die zweite Schiene in der Provinz Hannover üblich. Für die Stegschienen in Fig. 127 findet die Verlaschung zweier Schienen

Fig. 127.

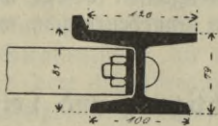
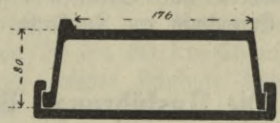


Fig. 128.



1:5

ganz in der Weise, wie für Eisenbahnschienen statt, während die ⊏ Schienen durch Hakenlaschen, wie in Fig. 128 dargestellt, miteinander verbunden sind. Da die nur 8 mm starke obere Platte den Rädern schwer belasteter Wagen keinen genügenden Widerstand leisten würde, so muß das Innere der ⊏ Schiene noch mit Zementbeton ausgefüllt werden, und soll die Schiene im Pflaster verlegt werden, so muß auch noch eine Unterlage aus Klinkersteinen oder Beton auf den vorher gut zu dichtenden Pflasterkies aufgebracht werden. Am meisten geeignet für das Verlegen beider Arten Schienen ist das Kleinpflaster. Da die Schienen nur wenig niedriger sind, als die Kleinpflastersteine, so braucht auch die Kiesunterbettung unter den Schienen nur die geringe Stärke von 3 bis 4 cm zu haben. Ein großes Hindernis für die gedeihliche Entwickelung der Schienenstraßen ist der Mangel einer einheitlichen Spurweite. Für Mitteldeutschland scheint die Spurweite von 1250 mm von Innenkante Führungsleiste zu Innenkante Führungsleiste die geeignetste zu sein. Die Kosten sind im wesentlichen von den Eisenpreisen abhängig, und es mag deshalb genügen, hier anzugeben, daß ein laufendes Meter Gleis der Stegschienen, einschließlich der Querverbindungen, von denen auf eine Schienenlänge von 12 m 3 bis 4 anzubringen sind, etwa 54 kg und ein Meter Gleis mit ⊏ Schienen etwa 44 kg wiegt, wozu noch die Kosten für die Betonfüllung mit 0,75 Mk. hinzutreten. Ein Meter Gleis zu verlegen, einschließlich aller Nebenarbeiten, kostet etwa 0,35 Mk.

Ueberall da, wo Schienenstraßen vorhanden sind, ihre Gesamtlänge beträgt jetzt etwa 85 km, werden sie sehr gelobt, und es ist gar nicht zu leugnen, daß, wenn alle Chausseen und Straßen mit Schienengleisen belegt wären, die Ersparnis an Zugkraft eine ganz ungeheure sein würde.

7. Die Ausführung, Beaufsichtigung und Leitung der Chausseebauarbeiten.

Es ist noch mehrfach üblich, die Chausseeunterhaltungsarbeiten angestellten Straßenwärtern, denen eine bestimmte Instruktion gegeben ist, anzuvertrauen. Eine derartige Beaufsichtigung und Pflege der Chausseen entspricht aber nicht mehr den gegenwärtigen ausgedehnten Verkehrsverhältnissen. Der Straßenwärter ist geistig zu wenig befähigt, um alle die bei der Straßenwartung vorkommenden Arbeiten mit technischem Verständnis behandeln zu können.

Es ist deshalb derjenigen Organisation der Vorzug zu geben, bei welcher die Verantwortlichkeit für den guten Zustand der Chausseen zunächst einem angestellten Beamten übertragen wird, der als Chausseeaufseher die ständigen Arbeiten beaufsichtigt, und nach dessen Anordnungen die Arbeiten ausgeführt werden. Weil aber das Arbeisfeld auch für diese Beamte immer ausgedehnter wird und es notwendig erscheint, die Chausseeaufsichtsbeamten, in einem großen Teile Deutschlands jetzt Wegemeister genannt, auch mit der Leitung anderer Ausführungen, besonders auf dem Gebiete des Brücken- und Wasserbaues, beauftragen zu können, so ist eine möglichst sorgfältige technische Ausbildung dieser Beamten zu erstreben. Zur Erreichung dieses Zwecks sind bei der Provinzial-Verwaltung der Provinz Sachsen mit sehr gutem Erfolge zwei Prüfungen eingeführt, eine Vorprüfung, von deren Ausfall die Annahme für die Laufbahn eines Chausseeaufsehers abhängt, und eine zweite Fach-prüfung nach vollendeter Ausbildung des Anwärters auf dem Amtszimmer eines Landes-Bauinspektors.

Da gerade die beständige Kontrolle an Ort und Stelle von außerordentlichem Wert ist, so sollen die Chausseeaufsichtsbezirke nicht zu groß bemessen werden und so liegen, daß der Aufseher wenigstens jeden zweiten Tag jeden Teil seines Bezirks revidieren kann. Ein angemessener Umfang der Aufsichtsbezirke ist, je nach der Lage des Wohnortes zu den Straßenzügen, die Länge von 20 bis 30 km Chausseen. Unter dem Chausseeaufseher sind wieder ständige Arbeiter beschäftigt, von denen jeder eine Strecke von 3 bis 6 km unter eigener Verantwortung dem Chausseeaufseher gegenüber zu warten hat.

Die Chausseeaufsichtsbezirke werden dann wieder im Umfange von 8 bis 12 zu einem Bauinspektionsbezirke vereinigt, an dessen Spitze ein für den höheren technischen Dienst qualifizierter Baubeamter steht.

Vierter Abschnitt.

Einige Bestimmungen aus der Verwaltung der Chausseen in Preußen.

A. Chausseegeld-Tarif vom 29. Februar 1840.

II. In polizeilicher Beziehung.

7. Jedermann muß den Posten auf den Stoß in das Horn ausweichen, bei Vermeidung einer Strafe von 15 bis 150 Mark.

8. Fuhrwerke, welche sich begegnen, müssen sich nach der rechten Seite hin halb ausweichen. Denjenigen, welche einen Berg oder eine steile Anhöhe herunterfahren, muß jedoch von dem Hinauffahrenden ganz ausgewichen werden.

Von zwei Fuhrwerken, die sich einholen, muß das vordere nach der linken Seite hin so weit ausbiegen, daß das nachfolgende zu rechten Seite mit halber Spur vorbeifahren kann.

9. Holz darf auf Chausseen nicht geschleppt, Pflüge, Eggen und ähnliche Gegenstände dürfen nur auf Schleifen fortgeschafft werden.

10. Wer, um zu hemmen, das Umdrehen der Räder nicht bloß in seiner Schnelligkeit vermindern, sondern völlig hindern will, darf sich dazu auf Chausseen nur der Hemmschuhe mit ebener Unterfläche bedienen. Die Anwendung von Klapperstöcken, ingleichen das Anhängen und Schleifen schwerer Gegenstände am Hinterteile des Wagens ist verboten.

11. Die Fahrbahn darf nicht durch Anhalten, oder auf irgend eine andere Weise gesperrt oder verengt werden. Weder auf der Fahrbahn, den Brücken oder den Banketts, noch in den Seitengräben dürfen Gegenstände niedergelegt werden oder liegen bleiben, welche nicht der Chausseeverwaltung angehören. Ebensowenig dürfen Scherben, Kehricht, Unkraut oder anderer Unrat hinauf- oder hineingeworfen werden.

12. Niemand darf auf der Fahrbahn, den Brücken, den Banketts, Böschungen oder in den Seitengräben laufen, oder weiden lassen, oder treiben. Es ist verboten, auf den Banketts, den Böschungen und in den Gräben zu fahren oder zu reiten, oder auf den Böschungen, oder in den Gräben zu gehen.

13. Wo durch Warnungstafeln das schnelle Fahren oder Reiten untersagt ist, darf nur im Schritt gefahren oder geritten werden.

14. Der Führer eines Fuhrwerks darf sich von demselben, wenn er anhält, nicht über fünf Schritte entfernen, ohne die Pferde abzusträngen. Auch während des Fahrens muß derselbe entweder stets auf dem Fuhrwerk das Leitseil in der Hand, oder auf einem der Zugtiere oder in ihrer unmittelbaren Nähe bleiben, und das Gespann fortwährend unter Aufsicht halten.

15. Beim Fahren dürfen niemals mehr als zwei Fuhrwerke an einander gebunden sein.

16. Innerhalb zwei Fuß vom Grabenrande darf nicht geackert werden.

17. Wer den Vorschriften unter 8 bis 16 entgegenhandelt, hat außer dem Schadenersatze eine Strafe von 1 bis 15 Mark verwirkt.

18. Wer die Chaussee, die dazu gehörigen Gebäude, Brückendurchlässe oder sonstigen Vorrichtungen, als Meilenzeiger, Wegweiser, Tafeln, Schlagbäume, Prellsteine und Pfähle, ingleichen wer die Pflanzungen und Materialien beschädigt oder die letzteren in Unordnung bringt, muß, insofern er nach den allgemeinen Strafgesetzen nicht eine härtere Strafe verwirkt hat, außer dem Schadenersatze eine Strafe von 3 bis 15 Mark erlegen.

19. Beschädigungen der Chausseebäume sind, wenn die allgemeinen Gesetze keine härtere Strafe bestimmen, vorbehaltlich des Schadensersatzes mit einer Strafe von 15 Mark für jeden durch Verschulden beschädigten Baum zu ahnden.

20. In Ansehung der Radfelgenbreite und der Belastung der Frachtfuhrwerke, des Verbotes gewölbter oder mit Kopfnägeln u. s. w. versehener Radbeschläge, der zulässigen Breite der Ladung, der Länge der Hufeisenstollen und des Verbots des Spurhaltens bewendet es überall bei den Bestimmungen der Verordnung, den Verkehr auf den Kunststraßen betreffend, vom 17. März 1839 (Gesetzsammlung für 1839, S. 80 ff.).

B. Die Verordnung vom 17. März 1839, betreffend den Verkehr auf den Kunststraßen. (Auszug.)

§ 1. Beim Befahren aller zusammenhängenden Kunststraßen soll an allem gewerbsmäßig betriebenen Frachtfuhrwerk, sowohl dem zwei- als dem vierrädrigen, ohne Unterschied der Bespannung, der Beschlag der Radfelgen (d. h. der auf die Felgen gelegten Metallreifen) eine Breite von mindestens 4 Zoll haben.

§ 2. Die Ladung der gewerbsmäßig betriebenen Frachtfuhrwerke darf auf allen Kunststraßen ohne Unterschied bei einer Felgenbreite von weniger als 5 Zoll an Gewicht nicht mehr betragen, als:

In der Zeit vom 15. Nov. bis 15. April:

a) bei vierrädrigem Fuhrwerk 60 Ctr.
b) „ zweirädrigem „ 30 „

vom 15. April bis 15. Nov.:

a) bei vierrädrigem Fuhrwerk 80 Ctr.
b) „ zweirädrigem „ 40 „

§ 3. Bei einer größeren Felgenbreite ist ein stärkeres als das oben (§ 2) bestimmte Gewicht der Ladung insoweit erlaubt, daß bei einer Felgenbreite von 5, jedoch unter 6 Zoll:

In der Zeit vom 15. Nov. bis 15. April:

a) bei vierrädrigem Fuhrwerk 80 Ctr.
b) „ zweirädrigem „ 40 „

vom 15. April bis 15. Nov.:

a) bei vierrädrigem Fuhrwerk 100 Ctr.
b) „ zweirädrigem „ 50 „

bei einer Felgenbreite von 6 Zoll:

In der Zeit vom 15. Nov. bis 15. April:

a) bei vierrädrigem Fuhrwerk 100 Ctr.
b) „ zweirädrigem „ 50 „

vom 15. April bis 15. Nov.

a) bei vierrädrigem Fuhrwerk 120 Ctr.
b) „ zweirädrigem „ 60 „

höchstens geladen werden dürfen. Eine stärkere Belastung ist, auch bei Anwendung noch breiterer Felgen, nicht gestattet. Eine Ausnahme hiervon tritt jedoch dann ein, wenn die Ladung aus einer unteilbaren Last (z. B. große Bausteine) von größerem Gewicht besteht, in welchem Falle auch eine größere Felgenbreite als 6 Zoll nicht erforderlich ist.

§ 6. Wo geeignete Anstalten vorhanden sind, um das Gesamtgewicht des Wagens und der Ladung zusammen zu ermitteln, muß der Führer einer solchen Ermittelung sich unterwerfen. Es sind dabei auf das Gewicht des Wagens, einschließlich allen Zubehörs, als: Leinewand, Stroh, Ketten, Winden u. s. w.

a) bei vierrädrigem Fuhrwerk bei einer Felgenbreite
unter 5 Zoll 40 Ctr.
von 5 Zoll, jedoch unter 6 Zoll 45 Ctr.
von 6 Zoll und darüber 50 Ctr.

b) bei zweirädrigem Fuhrwerk die Hälfte dieser Sätze zu rechnen, dergestalt, daß das Gesamtgewicht des Wagens und der Ladung zusammen nicht mehr betragen darf, als sich bei Hinzurechnung der vorbestimmten Sätze zu den oben (§§ 2, 3) für die Ladung allein vorgeschriebenen Gewichtssätzen ergibt.

§ 7. Beim Verfahren von Stein- und Braunkohlen und von Getreide soll auch dasjenige Fuhrwerk, welches nicht zu dem gewerbsmäßig betriebenen Frachtfuhrwerk gehört, auf allen Kunststraßen ohne Unterschied mit wenigstens 4 Zoll breiten Radfelgen versehen sein, sobald die Ladung

a) bei vierrädrigem Fuhrwerk mehr als 50 Ctr.,

b) bei zweirädrigem Fuhrwerk mehr als 25 Ctr.

beträgt; es soll aber in dieser Hinsicht eine Getreideladung von $2^1/_2$ oder $1^1/_4$ Wispel niemals höher als zu 50 oder 25 Ctr. gerechnet werden.

Die obige Bestimmung findet jedoch auf das landwirtschaftliche Fuhrwerk aus benachbarten Staaten, in denen dergleichen Vorschriften nicht bestehen, beim Verkehr innerhalb 3 Meilen von der Grenze nicht Anwendung.

§ 9. Auf allen Kunststraßen ohne Unterschied darf mit keinem Fuhrwerk gefahren werden, an dessen Radfelgen

1. die Köpfe der Radnägel, Stifte oder Schrauben nicht eingelassen sind, sondern vorstehen oder (ein geringes Vorstehen bis zu $^1/_4$ Zoll ist später gestattet);

2. der Beschlag so konstruiert ist, daß er keine gerade Oberfläche bildet.

Das letztere Gebot (zu 2) findet jedoch auf solche Radbeschläge nicht Anwendung, welche blos infolge der Abnutzung eine gewölbte Oberfläche angenommen haben.

§ 10. Es darf auf keiner Kunststraße mit einer mehr als 9 Fuß breiten Ladung gefahren werden, und tritt die abweichende Bestimmung zu dem Chausseegeld-Tarif vom 28. April 1828 außer Kraft. (Nach obiger Bestimmung sollten Lastfuhrwerke nicht breiter als höchstens 10 Fuß geladen werden.)

C. Transport von unteilbaren Lasten über die Brücken und Fähren in den Chausseezügen.

(Auszug aus dem Min.-Reskr. vom 10. Sept. 1857 und 14. Okt. 1857. Centralbl. S. 310, Staats-Anz. S. 2241.)

1. Wenn Fuhrwerke mit unteilbaren Lasten, welche inkl. Wagen schwerer als 170 Ctr. wiegen, Brücken und Fähren passieren sollen, so ist der Absender oder Frachtführer verflichtet, davon vorher, behufs der zu treffenden Sicherheitsvorkehrung, dem betreffenden Kreis-Baubeamten unter genauer Deklarierung des Gesamtgewichtes solcher Fuhrwerke Anzeige zu machen und die Erklärung desselben abzuwarten, ob die auf dem angegebenen Wege vorhandenen Brücken und Fähren eine solche Belastung gestatten, oder welcher Kostenaufwand erforderlich ist, um sie dazu in Stand zu setzen.

2. Der Absender ist verpflichtet, die von dem Kreisbaubeamten aufgegebenen wahrscheinlichen Kosten der zu treffenden Sicherheitsvorkehrungen vor der Instandsetzung der Brücke oder Fähre bei der von dem Kreisbaubeamten ihm anzuzeigenden Baukasse im voraus einzuzahlen.

3. Die Führer solcher Fuhrwerke, welche die ad 1 vorgeschriebene Anzeige und Deklarierung unterlassen, oder die Deklaration unrichtig bewirken und vor erfolgter Benachrichtigung, daß die Brücken, Fähren 2c. in einen der Belastung entsprechenden Stand gesetzt sind, dieselben passieren, haben nicht nur allen Schaden, welcher dem Fuhrwerk oder an der Ladung entstehen möchte, sich selbst beizumessen, sondern auch alle Beschädigungen an den Brücken oder Fähren zu tragen und verfallen jedenfalls, auch wenn ein Schaden nicht entsteht, in eine Geldstrafe bis zum Betrage von 30 Mark.

Demgemäß werden die Kreisbaubeamten anzuweisen sein, beim Eingehen einer solchen Anzeige, sofort die Kosten der nötigen Verstärkung zu veranschlagen, dieselben durch die betreffende Baukasse von dem Absender einziehen zu lassen, die Verstärkung der Brücke vorzunehmen und den Absender von der erfolgten Vollendung dieser Vorkehrung mit dem

Beifügen, daß der Passage nichts entgegenstehe, zu benachrichtigen.

Wo der Zustand der auf den Chausseen vorhandenen Brücken oder Fähren es unbedenklich gestattet, bleibt der Regierung überlassen, das Gewichtsquantum von 170 Ctr., bei dessen Ueberschreitung durch Transporte unteilbarer Lasten eine solche vorgängige Anzeige zu machen ist, in der zu erlassenden Bekanntmachung oder in anderer geeigneter Weise entsprechend höher zu bestimmen. Die Chausseeaufseher der angrenzenden Chausseestrecken sind von dem Kreisbaubeamten zu benachrichtigen, bis zu welchem Gewichtsmaximum der Belastung Fuhrwerke mit unteilbaren Lasten auf der betreffenden Brücke oder Fähre zugelassen werden. Dieselben sind mit Anweisung zu versehen, die Wagenführer von schweren unteilbaren Lasten hierauf, wie auch auf die erlassene Bestimmung aufmerksam zu machen, eventuell auch den Weitertransport anzuhalten und bei Nichtbefolgung dieser Anweisung zur Verantwortung zu ziehen.

D. Gesetz
betreffend den Verkehr auf Kunststraßen.

Gegeben Berlin, den 20. Juni 1887.

§ 2.

Das höchste zuläſſige Ladungsgewicht beiträgt bei einer Breite der Felgenbeschläge von:

5 bis $6^1/_2$ cm	2000 kg
$6^1/_2$ bis 10 cm . . .	2500 „
10 bis 15 cm	5000 „
15 cm und darüber . .	7500 „

§ 3.

Ladungsgewichte von mehr als 7500 kg dürfen nur dann, wenn die Ladung aus einer unteilbaren Last besteht, und nur unter Genehmigung der Straßenverwaltung und Innehaltung der von derselben gestellten Bedingungen transportiert werden.

Entwurf zu Grundsätzen
bei Gewährung von Kreisbeihülfen an die Wegebau- und Wegeunterhaltungspflichtigen.

I. Allgemeine Bestimmungen.

§ 1.

Die Bewilligung von Unterstützungen wird vom Kreisausschuß in der Regel nur für das nächste Rechnungsjahr ausgesprochen. Sie gilt, falls nicht eine längere Frist bewilligt ist, als zurückgenommen, wenn die Ausführung nicht bis zum 1. November stattgefunden hat.

Ueber Gewährung höherer Prämien, als nachstehend festgesetzt sind, hat der Kreistag zu beschließen.

Soweit es sich um in früheren Jahren ohne erhebliche Kreis-Unterstützung ausgeführte Wegebauten handelt, können bei größeren, kostspieligeren Ausbesserungen und Umbauten Unterstützungen, wie bei Neubauten gewährt werden.

§ 2.

Die Anträge auf Bewilligungen sind bis zum 1. Januar an den Vorsitzenden des Kreisausschusses zu richten. Eine Wiederholung der Anträge bei Nichtausführungen der Bauten für das nächste Jahr ist zwar zuläßig, doch ist der Kreisausschuß zur Ablehnung derselben ohne weiteres berechtigt.

§ 3.

Die Auszahlung der Beihülfen erfolgt, nachdem durch eine Bescheinigung des Landes-Bauinspektors, bezw. des

Wege-Aufsichtsbeamten nachgewiesen ist, daß die Ausführungen in anschlagsmäßiger und vorschriftsmäßiger Weise bewirkt sind. Der Antrag auf Abnahme ist sofort nach Vollendung der Ausführung an den Vorsitzenden des Kreisausschusses zu richten. Bei mangelhafter und nicht rechtzeitiger Ausführung, oder bei Verwendungen minderwertigen Mineralien ist der Kreisausschuß berechtigt, die in Aussicht gestellten Kreisbeihülfen ganz oder teilweise zurück zu behalten.

II. Der Neubau von Chausseen.

A. Technische Grundsätze.

§ 4.

Der Ausführung muß nach Entscheidung des Landes-Bauinspektors ein von einem Beamten der Wegebauverwaltung angefertigter und von dem Landes-Bauinspektor geprüfter Kostenanschlag zu Grunde liegen.

Anträge auf Anfertigung von Projekten und Kostenanschlägen sind stets an den Vorsitzenden des Kreisausschusses zu richten, der durch Vermittelung des Landes-Bauinspektors die Projekte und Kostenanschläge beschaffen und das Weitere veranlassen wird.

§ 5.

Unter Bezugnahme auf die Bedingungen für die Unterstützung des Gemeinde- und Kreiswegewesens, sowie auf die allgemeinen Regeln über den Bau von Chausseen in der Provinz, die zu beachten sind, wird festgesetzt, daß mindestens folgende Breitenverhältnisse innegehalten werden:

a) Die Breite der Steinbahn . . . 4,50 m
b) Die Breite der beiderseitigen Banketts 1,50 „
c) Die Breite der Grabensohlen . . . 0,50 „
d) Die Tiefe der Gräben . . . . . 0,40 „
e) Die Breite der Schutzstreifen vom Rande der Böschungen oder der Gräben aus gemessen . . . . 0,25 „

Wenn ein Sommerweg angelegt wird, so soll derselbe eine Breite von mindestens 2,50 m haben.

§ 6.

Die Ausführung muß nach Entscheidung des Landes-Bauinspektors von einem in § 4 genannten Baubeamten geleitet werden.

B. Die Bemessung der Kreisbeihülfen.

§ 7.

Die Unterstützung aus Kreismitteln erfolgt nach Maßgabe der Kosten für die Herstellung der Steinbahn, bezw. unter Berücksichtigung der Güte des verwendeten Materials.

Für größere Erdarbeiten und einzelner kostspieligen Bauwerke kann eine besondere Beihülfe gegeben werden.

a) Chaussierung.

§ 8.

1. Bei Chaussierung mit einem Material der Gegend für das Quadratmeter bis 0,50 Mk.

2. Bei Chaussierung mit einem plutonischen Gestein: Basalt, Granit, Melaphyr, dichter Porphyr, Gabbro, Syenit oder mit Grauwacken, dessen Festigkeit derjenigen der genannten Materialien gleich ist, für das Quadratmeter bis zu 0,70 Mk.

b) Pflasterung.

§ 9.

1. Bei Pflasterung mit einem Material der Gegend für das Quadratmeter 1 Mk.

2. Bei Pflasterung mit einem Gestein, wie zu a 2 für das Quadratmeter 1,50 Mk.

III. Die Unterhaltung von Chausseen.

A. Technische Grundsätze.

§ 10.

Die fertigen Chausseen müssen in dem Zustande erhalten werden, in welchem sie hergestellt sind. Zu diesem Zwecke werden für die Unterhaltungsarbeiten auf den Chausseen ständige Arbeiter angestellt, die unter der Aufsicht eines besonderen Wegeaufsichtsbeamten stehen.

§ 11.

Nur für fertige Chausseen können Wegeunterhaltungs-Beihülfen gewährt werden, und zwar für Herstellung neuer Steinschlagdecken, für Pflasterumlegungen und für Neupflasterungen.

a) Neue Steindecken.

§ 12.

Es gilt als neue Decke die Wiederherstellung einer abgenutzten chaussierten Strecke, bei welcher mindestens 40 cbm Steine, wenn es sich um Material der Gegend handelt, und mindestens 35 cbm, wenn es sich um festes Material nach § 8, 2 handelt, und mindestens 5 cbm Kies oder Sand als Dichtungsmaterial auf je 100 m Länge verwendet werden. Die zusammenhängende Länge einer Neudeckung darf in der Regel nicht unter 200 m betragen.

Die Steine müssen möglichst in Würfelform, bei weicherem Material von 4 bis 5 cm, bei festerem von $3^1/_2$ bis 4 cm Seitenlänge geschlagen werden. Der Steinschlag muß vor dem Aufbringen durchgesiebt (gerollt) sein. Derselbe ist nach der Aufschüttung sorgfältig einzuebnen und ordnungsmäßig unter Verwendung von Wasser zu walzen.

§ 13.

Im unmittelbaren Anschluß an die Herstellung der Neudeckung sind die Banketts gründlich zu hacken und einzuebnen und die Brücken und Durchlässe zu reinigen. Erde und Schlammhaufen sind abzufahren.

b) Um- und Neupflasterungen.

§ 14.

In der Regel werden nur für solche Pflasterungen Beihülfen gewährt, deren zusammenhängende Länge mindestens 40 m und deren Breite mindestens $3^1/_2$ m betragen. Als höchste Breite gelten 5 m.

Bei Umpflasterungen sind mindestens 5 cbm neues Material zu verwenden.

Die Tiefe des Pflasterkoffers, das ist die Höhe von der Oberkante des fertigen Pflasters bis zum Erdplanum, muß überall 40 cm betragen, und die Kiesbettung ist in einer Stärke von 40 cm im frischen Zustande einzubringen, mit Wasser einzuschlemmen, und durch Abrammen zu dichten. Der Kies muß scharf sein und darf keine erdigen Bestandteile enthalten.

§ 15.

In bezug auf die Herstellung des Banketts, der Gossen und Gräben, das Reinigen der Brücken und Durchlässe gilt das oben unter § 13 Gesagte.

B. Bemessung der Kreisbeihülfen.

a) Neue Steinschlagdecken.

1. Die Beihülfe beträgt für das laufende Meter neue Decke 1 Mark, wenn die Ausführung mit heimischen Material erfolgt.

2. Sofern das Material auf mindestens 5 km und auf weniger als 10 km Entfernung heran zu schaffen ist, von Mitte Baustelle bis zum Bruch oder bis zum Bahnhofe gerechnet, eine Zusatzbeihülfe von 1 Mark für das cbm aufgemeterter Steine. Bei einem Transport, wie vor, von

10 km und mehr eine Zusatzbeihülfe von 2 Mark für das cbm aufgemeterter Steine.

3. Falls an Stelle des heimischen Materials ein festeres Material, wie in § 8, 2 aufgeführt, verwendet wird, eine weitere Beihülfe von 3 Mark für das cbm aufgemeterter Steine.

b) Um- und Neupflasterungen.

1. Eine Beihülfe von 0,50 Mark für das Quadratmeter Pflaster.

2. Sofern das Material 5 km und weiter herangefahren werden muß, wie unter 2a.

3. Für 1 cbm verwendeter neuer Pflastersteine aus Kalk- oder Sandstein eine Beihülfe von 1 Mark, für 1 cbm verwendete Pflastersteine der in § 8, 2 aufgeführten Materialien 3 Mark.

4. Für 1 cbm verwendeten neuen Kies nach Aufmaß 0,30 Mark.

IV. Grundsätze über die Wege-Aufsicht in Kreisen.

§ 18.

Der Landes-Bauinspektor ist der unmittelbare Vorgesetze der in § 4 genannten Aufsichtsbeamten, welche ersterem in allen den Wegebau des Kreises betreffenden Angelegenheiten unbedingte Folge zu leisten haben.

§ 19.

Der Wegeaufseher hat alljährlich nach Anweisung des Landes-Bauinspektors Kostenanschläge für die Unterhaltung der Chausseen und Wege aufzustellen und dieselben bis zum 15. Oktober an den Landes-Bauinspektor einzureichen. Die Kostenanschläge werden dann von dem Landes-Bauinspektor geprüft und den Landrat bis zum 1. Dezember übersandt.

Handelt es sich um größere Ansführungen, die Herstellung neuer Decken, Pflasterumlegungen und Neupflasterungen in zusammenhängenden Flächen von mehr als 25 qm, um Neu-anlagen und um den Neubau von Brücken und Durchlässen, so können dieselben nur mit Einwilligung der Unterhaltungspflichtigen in die Kostenanschläge aufgenommen werden.

§ 20.

Der Landrat übersendet die Kostenanschläge den Unterhaltungspflichtigen zur Einverständniserklärung.

Sind die Kostenanschläge geprüft und vom Landrat, sowie von den Unterhaltungspflichtigen genehmigt, so sind die letzteren verflichtet, die Kostenanschläge in allen Teilen auch ausführen zu lassen, und zwar unter Aufsicht und Leitung des Wegeaufsehers bezw. des Landesbauinspektors, deren Anweisungen in technischer Beziehung die auf den Chausseen und Wegen beschäftigten Arbeiter und Unternehmer unbedingt zu befolgen haben.

Insbesondere haben die Wegeaufsichtsbeamten die Befugnis und Verpflichtung, Material, welches minderwertiger ist, als dies im Kostenanschlage vorgesehen war, zu beanstanden und dessen Verwendung zu verhindern.

§ 21.

Verweigern die Unterhaltungspflichtigen die ordnungsmäßige und rechtzeitige Ausführung, so ist der Kreisausschuß berechtigt, die in Aussicht gestellte Kreisbeihülfe ganz oder teilweise zurückzubehalten.

§ 22.

Eine Mitwirkung des Landesbauinspektors bei Aufstellung und Prüfung der Zahlrollen und Rechnungen kann nur in besonderen Fällen auf Antrag des Unterhaltungspflichtigen stattfinden, dagegen ist der Wegeaufseher verpflichtet, das Rechnungswesen zu übernehmen, sofern dies vom Kreisausschuß angeordnet werden sollte.

§ 23.

Etwaige Meinungsverschiedenheiten und Klagen zwischen dem Unterhaltungspflichtigen und dem Wegeaufseher sind zunächst zur Kenntnis und Entscheidung dem Landesbauinspektor mitzuteilen.

Anhang.

Das metrische System.

1 Meter (m) = 100 Centimeter (cm) = 1000 Millimeter (mm) = 0,001 Kilometer (km). Ein Quadratkilometer (qkm) = 100 Hektar (ha); 1 ha = 100 Ar (a); 1 a = 100 Quadratmeter (qm); 1 Quadratzentimeter (qcm) = 100 Quadratmillimeter (qmm). 1 Kubikmeter (cbm) = 10 Hektoliter (hl); 1 hl = 100 Liter (l); 1 l = 1000 Kubikzentimeter (ccm); 1 ccm = 1000 Kubikmillimeter (cmm).

1 Tonne (t) = 1000 Kilogramm (kg); 1 kg = 1000 Gramm (g); 1 g = 1000 Milligramm (mg).

Bei den Zeichen werden Schlußpunkte nicht beigefügt.

Die Buchstaben werden an das Ende der vollständigen Zahlenausdrücke gesetzt.

Zur Trennung der Einerstellen von den Dezimalstellen dient das Komma.

Sachregister.

A.

B.

C.

D.

G.

H.

J.

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

T.

U.

V.

Druckfehler.

Seite 45 bei c: Eisenoxydul muß heißen Eisenoxydoxydul.
Seite 50 bei b: Dialeag muß heißen Diallag.
Seite 70 unter IX: Dintenfisch muß heißen Tintenfisch.