

W DZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

2582

L. inw.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000297395



x
1.779

ERD- UND STRASSENBAU

I. TEIL: ERDBAU


LEITFADEN
FÜR DEN UNTERRICHT AN BAUGEWERKSCHULEN
UND VERWANDTEN TECHNISCHEN LEHRANSTALTEN

VON

H. KNAUER

INGENIEUR, OBERLEHRER AN DER KÖNIGL. BAUGEWERKSCHULE IN ERFURT

MIT 63 ABBILDUNGEN IM TEXT UND 2 TAFELN

F. Nr. 28 445 



LEIPZIG UND BERLIN
DRUCK UND VERLAG VON B. G. TEUBNER

1907

236

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

112582

Akc. Nr. 1620/49

Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechts, vorbehalten.

EINLEITUNG.

Der Unterricht im Erd- und Straßenbau an den mittleren bautechnischen Fachschulen.

Bei den jüngsten Erörterungen über die Umgestaltung des Unterrichtes an den Baugewerkschulen wurde auch die Frage aufgeworfen, ob es zweckmäßig sei, im Unterrichte für den Tiefbau irgend welche Änderungen eintreten zu lassen oder eine größere Zentralisierung desselben vorzunehmen ähnlich derjenigen, die zur Zeit im Hochbauunterrichte an der Königl. Baugewerkschule in Erfurt erprobt wird. Die Zweckmäßigkeit einer tiefgreifenden Umgestaltung wurde verneint, und auf der Straßburger Versammlung deutscher Baugewerkschulmänner i. J. 1906 betonte der Direktor der Königl. Baugewerkschule in Deutsch-Krone Herr Selle in seinem Vortrage über diese Frage mit Recht, daß eine solche Umgestaltung zur Zeit nicht erwünscht sei, zumal man mit den bisherigen Ergebnissen des Unterrichtes im Tiefbauwesen im großen und ganzen recht zufrieden sein könne.

Dieser Standpunkt erscheint in der Tat als der einzig richtige. An dem ohnedies noch jungen Stamme der deutschen und insbesondere Königl. Preußischen Baugewerkschulen sind die Tiefbauabteilungen der jüngste Zweig, und es erscheint für dessen Wachstum und Gedeihen durchaus nicht angebracht, jetzt schon an ihm allzuviel herumschneiden zu wollen. Um wirkliche Mißstände in dem Unterrichte dieser Tiefbauabteilungen aufzudecken und dauernd mit Erfolg beseitigen zu können, dazu hat man in der kurzen Zeit des Bestehens dieser Abteilungen meines Erachtens noch gar nicht die nötigen Erfahrungen sammeln können, so daß Neuerungsversuche nur vorübergehender Art sein würden, also auch nur eine neue Probe sein könnten, der bald wieder eine andere folgen würde, so daß man aus dem Probieren sobald nicht herauskäme. Das aber würde einen Zustand bedeuten, der für den gedeihlichen Unterricht vom größten Schaden sein müßte. Jeder, der Lehrerfahrung besitzt, wird zugeben, daß er einen häufigen Wechsel in der Unterrichtsmethode am eigenen Leibe schwer verspürt hat, und daß dieser niemals zum Segen eines einheitlichen und geordneten Unterrichtsganges ausgeschlagen ist.

Die schwierigste Frage, die für den Lehrer entsteht, ist die, seinen Stoff richtig zu begrenzen und dem Unterrichte ein vernünftiges Ziel zu stecken, das den Bedürfnissen der Praxis und der Schule in gleicher Weise Rechnung trägt. Die Lösung dieser Frage für den Unterricht im Tiefbau wie für den technischen Unterricht überhaupt ist mitunter eine außerordentlich verwickelte, weil man dabei verschiedene Gesichtspunkte berücksichtigen muß und ausreichende Erfahrungen sowie aus diesen abgeleitete allgemein anerkannte Grundsätze fehlen.

Da ist zunächst die außerordentliche Vielseitigkeit der Berufsstellungen, in welche unsere Schüler nach dem Austritte aus der Schule hinein gelangen. Man kann sie zur Zeit in drei große Gruppen teilen: die Stellungen als mittlere Staatstechniker, die Stellungen bei städtischen Behörden, und endlich die Stellungen bei privaten Unternehmern. In diesen einzelnen Gruppen kann es vorkommen, daß einzelne

der im Schulunterrichte gelehrt Fächer vollständig ausgeschlossen sind. Dennoch müssen die Schüler auf alle gleichmäßig vorbereitet werden, weil es zur Zeit unmöglich ist, den Unterricht nach den einzelnen Interessengruppen zu trennen, und weil auch die Schüler von vornherein noch gar nicht wissen, welcher dieser Gruppen sie sich dereinst zuwenden werden. So nimmt in unserem Unterrichte der Eisenbahnbau einen breiten Raum ein und ist natürlich ganz auf die Bedürfnisse des staatlichen Eisenbahnwesens zugeschnitten. Für den städtischen Tiefbautechniker dagegen könnte derselbe so gut wie entbehrlich werden, denn für ihn handelt es sich höchstens um das Straßenbahnwesen, das wieder vom staatlichen Eisenbahnwesen durchaus verschieden ist.

Aus diesem einen Beispiele kann man erkennen, wie außerordentlich schwierig es für den Lehrer ist, den drei genannten Interessentengruppen durch die passende Vorbereitung seiner Schüler Rechnung zu tragen, ohne diese mit einem allzugroßen Ballast an unnötigem Wissen zu belasten.

Ganz besonders schwer ist es nun für den Unterricht im Erd- und Straßenbau die richtige Grenze finden. Denn während die anderen Fächer, Brückenbau, Eisenbahnbau und Wasserbau, viel schärfer umgrenzt sind und wirkliche selbständige Stoffgebiete bilden, gilt dies für jenen nicht. Der Erd- und Straßenbau ist in seinem ersten Teile allen dreien gemeinsam, bildet für sie gewissermaßen die Grundlage, und auch der Straßenbau hängt hinsichtlich der allgemeinen Grundsätze der Linienführung eng mit dem Eisenbahnbau und Wasserbau (Kanäle) zusammen.

Es handelt sich bei diesem Fache also darum, den richtigen Weg zu finden, der allen Gruppen möglichst gerecht wird, ohne zu stark ins einzelne zu gehen. Aus diesem Gesichtspunkte heraus ist der vorliegende Leitfaden des Verfassers dieser Zeilen entstanden, der sich dabei auf eine zehnjährige Lehrtätigkeit in diesem Fache an verschiedenen Schulen stützen und berufen kann.

Ehe näher auf einige Einzelheiten des Leitfadens eingegangen wird, soll aber noch ein Umstand erwähnt werden, der für die Abfassung und die Umgrenzung des Stoffes mitentscheidend war. Vorwiegend ist das Büchlein ja für den Unterricht an den Königl. Preussischen Baugewerkschulen bestimmt, und deshalb auch der preussische Lehrplan zugrunde gelegt. Ganz besonders sind an den einzelnen Stellen immer die Vorschriften der Preussischen Instruktion zum Bau der Kunststraßen vom 17. Mai 1871, sowie die in einzelnen Provinzen der preussischen Monarchie etwa geltenden Sondervorschriften angezogen worden. Da die weitaus größte Mehrzahl unserer Schüler innerhalb des preussischen Staates dereinst Stellung suchen wird, so ist dies ja ganz selbstverständlich. Wir haben aber auch in den an der südlichen Grenze Preußens gelegenen Schulen (in Erfurt, Kassel, Idstein, sowie der im nächsten Jahre neuzugründenden Schule in Frankfurt a. M.) stets eine Reihe von Schülern aus den süddeutschen Staaten zu erwarten, die wieder dahin zurückkehren und denen im vorliegenden Leitfaden, wenn auch im beschränkten Maße, gleichfalls Rechnung getragen ist. Auch ist es ein Wunsch des Verfassers, daß der Leitfaden sich nicht nur bei den preussischen, sondern auch bei den süddeutschen Fachkollegen Freunde erwerben und durch sie zur Einführung in den Schulen gelangen möchte. Diesen Erwägungen ist bei der Stoffbehandlung Rechnung getragen worden.

Doch wenden wir uns nach diesen einleitenden Bemerkungen zum Leitfaden selbst!

Da ist zunächst zu sagen, daß der städtische Straßenbau völlig ausgeschieden ist. Er wird in einem besonderen Werkchen behandelt werden. Diese Trennung war durchaus gerechtfertigt, da durch sie einmal der Straßenbau, zum anderen auch der Wasserbau (durch Kanalisation, Wasserversorgung) entlastet wurde. Die bisherige Methode, die eben genannten Fächer im Wasserbau und die Ausführung städtischer Straßen im Straßenbau gesondert zu behandeln, bedeutete eine ganz unnötige Zerreißung dieser eng zusammengehörigen Dinge, die bei der beschränkten Unterrichtszeit in den genannten Hauptgegenständen erfahrungsgemäß noch obendrein recht stiefmütterlich behandelt wurden. Das erscheint in Zukunft ausgeschlossen, da für den städtischen Tiefbau im neuen Lehrplan ein breiter Raum vorgesehen ist.

Sodann ist einiges über den mathematischen Teil des Leitfadens zu sagen. Auch hier entstanden Schwierigkeiten. Sie beruhen in erster Linie auf der mangelhaften Ausbildung unserer Schüler in der Mathematik. Sämtliche Fachkollegen haben dieselbe bisher festgestellt. Sie hängt eng zusammen mit dem Übelstande, daß unsere Tiefbauschüler in den beiden untersten Klassen mit den Hochbauschülern zusammen unterrichtet werden. Nun ist bekanntlich aus dem mathematischen Unterrichte dieser beiden unteren Klassen seinerzeit alles für den Hochbau entbehrliche ausgeschieden, er also für eine ganz bestimmte Fachrichtung durchaus einseitig zugeschnitten worden. Als dann später die Tiefbauabteilungen hinzukamen, machte sich diese Einseitigkeit außerordentlich störend fühlbar. Sie ließ sich aber bei dem bestehenden Lehrplane nicht mehr abändern. Leider ist auch bei dem neuen Lehrplane hierin eine Besserung nicht zu erwarten, da auch in ihm eine Trennung der beiden Abteilungen wieder erst in den beiden oberen Klassen erfolgen wird, und eine angemessene Berücksichtigung des Umstandes, daß an den Schüler der Tiefbauklassen wesentlich höhere Anforderung in bezug auf mathematische Kenntnisse gestellt werden, wie an den Hochbautechniker nicht ersichtlich ist. Es ist also unten eine Klasse vorgesetzt, anstatt oben eine solche aufzubauen. Die Schüler werden also in Zukunft drei Klassen hindurch gemeinsam unterrichtet werden, anstatt wie bisher durch zwei, ohne daß eine nennenswerte Erweiterung des mathematischen Unterrichtes stattfände. Die einzige Besserung wird vielleicht darin bestehen, daß der bisherige Stoff etwas fester sitzt, weil für ihn eine größere Zeit zur Verfügung steht.

Aus diesem Grunde sind nun im Leitfaden nur für diejenigen Formeln mathematische Ableitungen gegeben, die an das Verständnis des Schülers die geringsten Anforderungen stellen, und es bleibt dem Lehrer überlassen, weitere vorkommende Formeln herzuleiten, wenn ihm die Vorkenntnisse seiner Schüler dafür noch ausreichend erscheinen, vorausgesetzt, daß er die nötige Zeit dazu hat. Dieser Standpunkt scheint mir auch umso gerechtfertigter, als wir im Tiefbau ja überhaupt gezwungen sind, den Schülern eine Reihe von Formeln zu geben, deren Herleitung nur auf dem Wege der höheren Mathematik möglich, also für unseren Unterricht ausgeschlossen ist.

Die Berechnung der Erdarbeiten ist möglichst ausführlich behandelt und dabei insbesondere auch auf das graphische Verfahren zur

Ermittlung der Massen sowohl, wie auch zu deren Verteilung eingegangen worden. Es könnte hier vielleicht eingewendet werden, daß die zeichnerische Methode überflüssig sei, weil sie bei den preußischen Behörden nur ganz vereinzelt gebraucht wird. Aber gerade hier schien mir Rücksicht auf unsere süddeutschen Schüler geboten, da diese Methode in Süddeutschland weiter verbreitet ist. Sodann kann auch nicht bestritten werden, daß man mit ihr entschieden rascher und sicherer zum Ziele gelangt, als auf rechnerischem Wege, was ganz besonders für die Verteilung der Massen gilt. Und so kann ich den Grund nicht einsehen, weshalb ich nicht durch Aufnahme eines zweckmäßigen Verfahrens in den Leitfaden zu dessen weiterer Verbreitung hätte beitragen sollen.

Um dem Schüler ein klares Bild von dem Verlaufe und der Berechnung der Erdarbeiten zu geben, habe ich auch diejenigen Stellen berücksichtigt, bei denen beide am schwierigsten sind, nämlich da, wo Auftrag und Abtrag ineinander übergehen. Die Darstellung einer solchen Stelle ist durch Erläuterung der Zeichnung der Auskeilungslinie an einem Beispiele genau erklärt worden. Ich habe mich zur Aufnahme einer solchen Erklärung entschlossen, da ich wiederholt ältere Schüler hatte, welche dieses Verfahren in der Praxis bereits hatten anwenden müssen. Ein Beweis also dafür, daß seine Aufnahme nicht ungerechtfertigt war.

Endlich fand auch noch eine für die Berechnung der Erdarbeiten im Flachlande sehr geeignete Methode Berücksichtigung, die bislang noch in keinem mir bekannten Lehrbuche enthalten ist. Sie stammt von dem früheren Direktor der hiesigen Baugewerkschule, Herrn Direktor Selle in Deutsch-Krone her, und ist im Zentralblatt der Bauverwaltung (Jahrgang 1900, S. 202) von ihrem Erfinder ausführlich beschrieben.

Auch auf die Berechnung des Grunderwerbes ist, wenn auch nur kurz, eingegangen worden.

Ausführlich behandelt ist die Ausführung der Erdarbeiten, weil ja gerade dieses Kapitel für unsere Schüler von der größten Wichtigkeit ist. Denn dem in der Praxis stehenden Techniker wird ja in erster Linie die Überwachung der hier einschlägigen Arbeiten obliegen, so daß er mit ihnen bereits möglichst vertraut sein muß, wenn er die Schule verläßt. Aber auch nur die Schule kann ihm hierfür die nötigen Anweisungen geben, weil nur in ganz vereinzelt Fällen unsere Schüler die für den Besuch der Baugewerkschulen vorgeschriebene Praxis sich im Tiefbau angeeignet haben, während alle übrigen lediglich auf Bau- und Zimmerplatz gearbeitet haben, für die praktischen Fragen des Tiefbaues also, wenn sie zu dessen Unterricht gelangen, nicht das mindeste Verständnis besitzen. Das Gleiche kann auch von dem im zweiten Teile des Leitfadens enthaltenen Kapiteln über den Bau und die Unterhaltung der Landstraßen gesagt werden.

In dem zuletzt genannten II. Teile, dem „Landstraßenbau“, ist die Ermittlung des kleinsten Krümmungshalbmessers und der größten zulässigen Steigung ausführlicher behandelt worden, damit der Schüler erkennen kann, daß, wie überall in der Technik, so auch hier, nichts zufällig, sondern nach ganz bestimmten Gesetzen, die unmittelbar aus den Bedürfnissen der Praxis hervorgehen, abgeleitet ist. Der Ermittlung des kleinsten Krümmungshalbmessers ist gleichzeitig eine größere Abhandlung über die Konstruktion der Wendepplatten, die für gebirgige

Gegenden so wichtig ist, beigefügt worden. Dies ist wiederum hauptsächlich aus dem bereits angeführten Grunde geschehen, daß das Büchlein sich auch in weiteren Kreisen Eingang verschaffen möchte.

Aus dem Leitfaden ausgeschieden sind alle diejenigen Dinge, die in andere Fächer einschlagen und in folgedessen in anderen Leitfäden behandelt werden. Dahin gehören in erster Linie alle Arbeiten auf feldmesserischem Gebiete, die in der „Vermessungskunde“ ausführlich beschrieben sind. Ferner einzelne Kapitel, die in dem bereits erschienenen Leitfaden „Grundbau“ aufgenommen wurden, wie z. B. die Mittel für Bodenuntersuchungen. Aus dem Brückenbau fanden nur die allernötigsten Angaben über kleinere Straßendurchlässe Aufnahme.

Nun noch ein Wort zu den Abbildungen. Getreu den vom Herausgeber aufgestellten Grundsätzen sind nur solche Abbildungen aufgenommen worden, die entweder zum unmittelbaren Verständnis des Textes erforderlich sind, was besonders von den Abbildungen zu den Kapiteln über Berechnungen gilt und für Wiederholungen oder späteres Nachschlagen von Bedeutung ist, oder welche zur Anzeichnung an der Wandtafel mehr Zeit in Anspruch nehmen würden, als ihrem technischen Bildungswerte entspricht. Es erscheint mir und den erfahrenen Amtsgenossen nicht zweifelhaft, daß diese Aufnahme von Prinzips- und Erläuterungsskizzen in technische Schulleitfäden eigentlich etwas Selbstverständliches ist.

Aus diesen Grundsätzen heraus ist also der Leitfaden entstanden. Sein Hauptzweck soll darin bestehen, dem Lehrer und dem Schüler eine Erleichterung zu gewähren, indem er das lästige Diktat überflüssig macht und so die nötige Zeit zur Verfügung stellt, die erforderlich ist, um in noch größerem Maße wie bisher den Schwerpunkt auf die Durcharbeitung des Entwurfes zu legen. Dieser wird im allgemeinen in der Ermittlung einer einfachen Linie auf Grund eines gegebenen Schichtenplanes bestehen. Man wird nunmehr aber auch wohl die bisher fehlende Zeit gewinnen, die für die ermittelte Trace notwendigen Erdarbeiten zu berechnen, was für den Schüler von der größten Wichtigkeit ist. Daneben wird man auch noch Zeit haben, andere Sachen, etwa eine Wegeverlegung, wie sie bei Eisenbahnlinien häufig vorkommen, zeichnen zu lassen.

Ich gebe mich der Hoffnung hin, daß die Herren Fachkollegen mit den Grundsätzen, nach denen die Abfassung des Leitfadens erfolgte, sich einverstanden erklären, und das Büchlein in weiteren Kreisen sich Freunde erwerben wird.

Zum Schlusse aber möchte ich noch einer Dankespflicht genügen. Eine wesentliche Erleichterung ward mir nämlich dadurch zu Teil, daß ich an unserer Erfurter Schule einen von meinem Kollegen, Herrn Oberlehrer Dipl.-Ing. Friedrichs, der neben mir in den Parallelklassen den Unterricht im Straßenbau erteilte, verfaßten Umdruck zur Verfügung hatte, dessen Benutzung er mir in liebenswürdiger Weise freistellte, wie er mir auch sonst bei meiner Arbeit mit seinem gleichfalls durch mehrjährige Erfahrungen wertvollen Rate zur Seite stand.

Gleichfalls danke ich Herrn Professor Girndt-Magdeburg für seine umfangreiche Unterstützung bei der Korrektur, wie dem Verlage für die vortreffliche Ausstattung des Büchleins.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite		Seite
A. Vorarbeiten und Berechnung der Erdarbeiten . . .	1	B. Ausführung d. Erdarbeiten	40
I. Einleitung, Bodenkunde . . .	1	I. Lösen des Bodens.	40
II. Vermessungsarbeiten	2	a) Arten der Bodenlösung und Kosten derselben	40
III. Bodenuntersuchungen	2	1. Schwimmender Boden	40
a) Die Bodenarten und ihre Eigenschaften	2	2. Milder Boden	40
b) Mittel zur Bodenuntersuchung; Ergebnisse derselben	3	3. Weicher Boden mit großem Zusammenhalte	40
IV. Berechnung der Erdarbeiten.	5	4. Übergang zu Fels	40
a) Allgemeines	5	5. Fels in Bänken von nicht zu großer Mächtigkeit.	40
b) Die Bestandteile des Erdkörpers	5	6. Felsarten in geschlossenen Bänken	41
1. Planum	5	7. Abkeilungsverfahren	42
2. Böschungen	6	8. Grabmaschinen	43
3. Bermen	6	b) Arten der Bodenförderung	45
4. Seitengräben	7	1. Werfen mit der Schaufel	45
c) Erforderliche Vorarbeiten	7	2. Schiebkarrentransport	45
1. Schichtenpläne	7	3. Handkippkarren	45
2. Profile	8	4. Pferdekippkarren	46
d) Berechnung der Querprofile	9	5. Kippwagen auf Schienengleisen	46
1. durch Zerlegung	9	6. Besondere Arten der Bodenförderung	47
2. durch Tabellen	9	II. Bildung der Dämme	47
3. durch Flächenmaßstab	12	a) Allgemeines	47
4. durch Beziehung der Flächen auf gleiche Grundlinie	15	b) Schüttungsarten	50
5. durch Planimeter	16	1. Lagenschüttung	50
6. Ergänzung zur Profilberechnung	16	2. Kopfschüttung	51
e) Berechnung der Rauminhalte der Massen	17	3. Vereinigte Kopf- u. Lagenschüttung	52
1. Allgemeines	17	4. Seitenschüttung	53
2. Rechnerische Ermittlung der Massen	20	c) Sicherung der Dämme	54
3. Zeichnerische Ermittlung der Massen	22	1. Rutschungen im Damme selbst	54
4. Ablesemethode nach Direktor Selle	23	2. Rutschungen auf der Unterfläche	55
5. Berechnung von Rampen	24	3. Rutschungen im Untergrunde	55
f) Massenverteilung	24	d) Dämme auf Moor-Untergrund	56
1. durch Rechnung	25	III. Bildung der Einschnitte	58
2. durch Zeichnung	25	a) Allgemeines	58
3. Anwendung der zeichnerischen Massenverteilung	35	b) Herstellung der Einschnitte	58
g) Grunderwerb	36	1. durch Handarbeit	59
1. Berechnung der zu erwerbenden Flächen	36	2. durch Grabmaschinen	61
2. Aufstellung der Grunderwerbsregister	38	c) Sicherung der Einschnitte	62
		1. Schutz der Böschungen	62
		2. Schutz gegen Rutschungen	63

A. Vorarbeiten und Berechnung der Erdarbeiten.

I. Einleitung, Bodenkunde.

Man unterscheidet ebenes Land oder Flachland und Bergland (letzteres Hügelland bei Erhebungen von nicht mehr als 500 m).

Eine ebene Fläche, auf der infolge andauernder Feuchtigkeit gewisse Wasserpflanzen wachsen, heißt Sumpf (Morast). Ist die Fläche dagegen nur zeitweilig vom Wasser durchdrungen, und erleiden die Pflanzen eine teilweise Zersetzung und Verwesung, so nennt man sie ein Moor. Die alljährlich absterbenden Pflanzen bilden mit ihren Überresten eine an Stärke immer mehr zunehmende filzige Decke, und man unterscheidet je nach der Entstehung Unterwassermoore oder Grünlandsmoore und Überwassermoore oder Hochmoore. Trockene und mit niederem Pflanzenwuchs bestandene Ebenen heißen Haiden oder Steppen. Liegt das Flachland nur wenig (etwa bis 200 m) über dem Meeresspiegel, so nennt man es Tiefebene, bei größerer Höhenlage Hochebene (Plateau, Tafelland). In der norddeutschen Tiefebene unterscheidet man noch Marsch und Geest. Letztere Bezeichnung dient für sandige, haideartige, unfruchtbare, meist hochwasserfreie Ebenen, während die Marschen durch Meeresanschwemmungen entstandene fruchtbare Niederungen an den Flußmündungen sind, die durch Eindeichung vor Überschwemmung geschützt werden müssen.

Im Bergland unterscheidet man Massengebirge und Kettengebirge, je nachdem sich die Erhebungen um einen Mittelpunkt gruppieren oder reihenweise aufeinanderfolgen. Die in der Längenausdehnung eines Gebirges verlaufenden Täler heißen Längentäler, die von der Seite einmündenden Quertäler. Zwischen den Berghängen (Talhängen, Talwänden) breitet sich die Talsohle aus, deren tiefste Punkte den Talweg bilden.

Von den Gebirgskämmen fällt der Boden nach beiden Seiten hin ab, so daß auch das Wasser beiderseits abrinnt. Die Kammlinie bildet infolgedessen zugleich die Wasserscheide (Haupt- und Nebengewässerscheiden). Die tiefsten Stellen einer Wasserscheide heißen Sättel, Pässe, Joche, Scharten, Scheidecken.

Die größeren Wasserläufe (Flüsse und Ströme) entstehen durch das Zusammenfließen kleinerer Wasserläufe, der Nebenflüsse, Bäche; diese wieder entstehen aus kleineren Rinnsalen. Alle diese Gewässer beherrschen zusammen eine größere Bodenfläche, indem sie die auf dieselbe niederfallenden Niederschläge, soweit sie nicht versickern oder verdunsten, dem Hauptflusse oder Ströme zuführen. Den Grundriß dieser Bodenfläche kann man aus Karten entnehmen; er heißt das Niederschlagsgebiet (Fluß- oder Stromgebiet des Hauptwasserlaufes).

II. Vermessungsarbeiten.

Zu den Vermessungsarbeiten gehören alle zur Aufnahme des Geländes erforderlichen feldmesserischen Arbeiten, welche für die Ermittlung der Erdmassen und die Linienführung grundlegend sind. Sie finden ihre Besprechung daher beim „Feldmessen“ und werden hier nicht weiter berücksichtigt.

III. Bodenuntersuchungen.

Sie sind stets erforderlich, weil man aus ihnen den nötigen Aufschluß über die Eigenschaften der zu bearbeitenden Bodenmassen erhält, wovon wiederum die Gestaltung der zu bildenden Erdkörper abhängig ist. Sie haben sich zu erstrecken auf die Bestimmung der zu bewegenden Bodenarten, das Alter der Schichten, deren Lagerung, Tragfähigkeit und Wasserhaltigkeit.

a) Die Bodenarten und ihre Eigenschaften.

Man unterscheidet sie nach der Art ihres Zusammenhanges. Unbrauchbar für die Erdarbeiten sind Schlamm, Torf und loser Schlick. Die übrigen bilden 3 Gruppen Erdarten und 3 Gruppen Felsarten.

1. Zunächst sind zu erwähnen die Erdarten ohne Zusammenhang: Sand, Gartenerde, loser, feiner Kies ohne Bindemittel. Sie bedürfen keiner Lösung.

2. Sandiger Lehm, schmutziger Sand, Ton mit Moorzusatz, sandiger Ton, Kies mit weichem Bindemittel haben geringen Zusammenhang, sind weich und können noch mit dem Spaten gestochen werden.

3. Reiner Letten, Lehm und Ton, weicher Mergel, mit Steinen vermengte Bodenarten, Kies mit festem Bindemittel haben starken Zusammenhang, aber schwachen Härtegrad, und bedürfen schon besonderer Arbeiten zur Lösung.

4. Gerölle, verwiterte Tagesschichten festeren Gesteins, stark lagerhafte Sandsteine, Schiefer mit weicher Füllung der Lagen bilden den Übergang zu den 3 Felsarten:

5. Felsarten mit schwachen Bänken, deren einzelne Lagen noch durch unmittelbaren Angriff zu lösen sind.

6. Felsarten mit starken Bänken.

7. Massengesteine ohne oder mit wenig natürlichen Trennungen.

Wichtig ist die Kenntnis vom Alter der Schichten, da Massen aus demselben Materiale in verschiedenen Formationen gänzlich verschiedene Eigenschaften haben können.

Die Lagerung der Schichten muß erforscht werden, weil in den Trennungsflächen leicht Bewegungen eintreten können; die Neigung gegen die wagrechte Ebene heißt das Einfallen oder Fallen, und die Abweichung gegen die Richtung der Längenausdehnung Streichen. Beide müssen auch in größerer Entfernung von der Baustelle bekannt sein, damit man für den Fall irgend einer Störung des Gleichgewichts Maßregeln treffen kann.

Bei Überlastung einer Schicht kann ein zu starkes Zusammengehen derselben erfolgen; deshalb muß auch die Tragfähigkeit ermittelt werden. Sie ist wesentlich abhängig von der Mächtigkeit der Schicht, d. h. dem senkrechten Abstand der Ober- und Unterfläche. Auch ist sie entscheidend dafür, ob aus den angetroffenen Massen Baumaterialien entnommen werden können.

Rutschungen erfolgen zuweilen, wenn dünne, wasserführende Lagen auf undurchlässigem Untergrunde in geneigter Lage vorkommen. Diese bedingen kostspielige Vorkehrungsmaßregeln. Die Untersuchung hat sich daher auch auf die Wasserhaltigkeit und Wasserdurchlässigkeit der Schichten zu erstrecken.

Wichtig ist weiter die Kenntnis der Beständigkeit der Bodenmassen gegen die Einflüsse des Wassers und der Luft, der Tiefenlage des tragfähigen Baugrundes und der wechselnden Beschaffenheit nebeneinanderliegender Bohrlöcher (s. Abb. 2). Diesen Tiefenuntersuchungen hat sich anzuschließen eine genaue Erforschung der Oberflächengestaltung. Von früheren Bodenbewegungen finden sich nämlich regelmäßig noch Spuren (z. B. plötzliche Brüche in sonst ebener Oberfläche, Verdrückungen von Wasserläufen). Die Ursachen dieser früheren Bodenbewegungen bestehen aber in der Regel noch fort trotz des augenblicklichen Gleichgewichtszustandes der Massen, so daß in solchen Fällen größte Vorsicht erforderlich ist.

b) Mittel zur Bodenuntersuchung; Ergebnisse derselben.

Die Mittel zur Untersuchung, wie das Sondieren und das Bohren, sind im Grundbau*) S. 5—7 eingehend besprochen und wird darauf ver-

*) Der Baugewerkschulunterricht, Heft 8: M. Benzel, Grundbau Leipzig, B. G. Teubner, M. 0,90.

wiesen. Ergänzend sei nachgetragen, daß man beim Sondieren auch aus dem Klang desselben beim Aufstoßen die Beschaffenheit des Bodens erkennen kann, indem heller Klang auf festen Boden, dumpfer Klang auf lockeren, hohler Klang auf mit Torf unterlagerten schließen läßt. Bei Sand und Kies knirscht das Eisen beim Drehen, auf Stein entsteht ein scharfer, heller Klang.

Ein weiteres Mittel ist das Abteufen von Versuchsschächten (Schürflöcher).

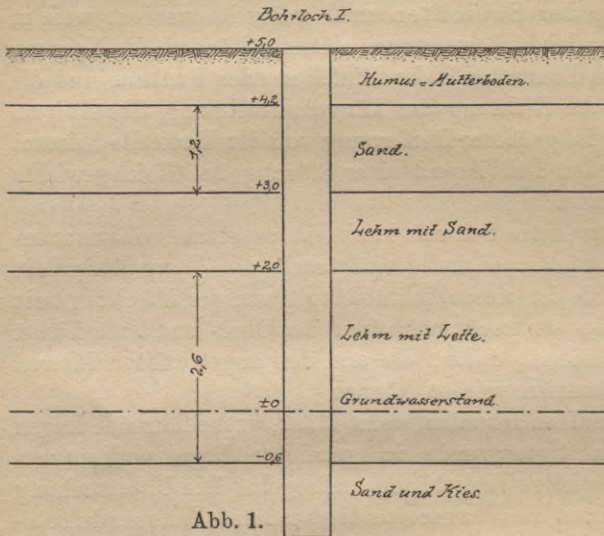


Abb. 1.

Schürflöcher geben von allen Untersuchungen den sichersten Aufschluß und sollten trotz der Kostspieligkeit überall da angewendet werden, wo sie der Wasserandrang nicht verbietet. Es sind rechteckige Löcher von etwa $1,5 \times 2,0$ m Seitenlänge, an deren Seiten-

Humus-	boden.		H.	H.	
Sand			S.	S.	
Lehm mit	Sand.		L. m. S.	L. m. S.	
Lehm oder	Lette.		L. (L.)	L. (L.)	
			L. (L.)	Grund-	Wasser.
Kies und	Sand.		K.	K.	

Abb. 2.

wänden man ein genaues Bild der durchfahrenen Schichten erhält. Das Auszimmern der Löcher kann nötig werden.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen stellt man in Bohrregistern zusammen. Auf Grund dieser Register erfolgt ihre Eintragung in die Profile (s. Abb. 1 u. 2).

IV. Berechnung der Erdarbeiten.

a) Allgemeines.

Die Berechnung der Erdarbeiten ist die Grundlage für die zweckmäßige Verteilung der Massen, den Kostenanschlag und die Verdingung. Sie erfolgt an der Hand der Querprofile, die man zweckmäßig i. M. 1:200 aufträgt, wobei man bei Bahn- und Wegebauten auf Auflockerung und Sackung keine Rücksicht nimmt, den dadurch begangenen Fehler aber bei der Rechnung durch einen prozentualen Zuschlag ausgleicht. Für die zulässige Neigung der Böschungen gilt folgende Tabelle:

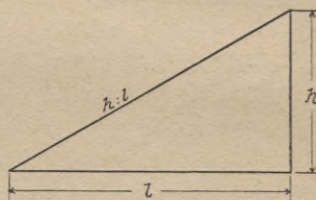


Abb. 3.

für lose, dem Wasser ausgesetzte Bodenarten	$h:l = 1:4$
für losen, feinen Sand, Gartenerde, trockenen Torf	$h:l = 1:2$
für groben Sand und trockenen Lehm	$h:l = 1:1\frac{1}{2}$
für Ton, groben Kies und Gerölle	$h:l = 1:1\frac{1}{4}$
für weiches Gestein, Mergel und dergl.	$h:l = 1:1$
für festes Gestein, im Auftrage geschüttet	$h:l = 1:\frac{3}{4}$
für festes Gestein, im Auftrage gepackt	$h:l = 1:\frac{1}{2}$,

wobei h die Höhe, l die Horizontalprojektion der Böschung bedeutet.

Einschnitte im Gestein werden möglichst steil, ja selbst lotrecht ausgeführt oder sogar unterschritten, damit die Fläche der Verwitterung besser widersteht und kein Wasser eindringt.

Durch die Lösung werden die Bodenmassen aufgelockert und erhalten ihre frühere Dichtigkeit nie wieder, so daß man also aus einem Einschnitt mehr Dammmaterial gewinnt, als dem Inhalte des gewachsenen und berechneten Bodens entsprechen würde. Diese bleibende Auflockerung, um die man in der Berechnung die Einschnittsmassen vermehren muß, beträgt erfahrungsgemäß:

bei reinem Sand und Kies	1— 1,5%	des Abtrags,
bei Erde, Lehm, Gartenerde	3 %	„ „
bei Mergel, sandigem Ton u. dergl.	4— 5 %	„ „
bei reinem Ton, festem Mergel	6— 7 %	„ „
bei Fels, je nach der Zerkleinerung	10—25 %	„ „

b) Die Bestandteile des Erdkörpers.

Dies sind:

1. Das Planum und die Krone. Unter Planum versteht man die obere Fläche des Erdkörpers, unter Krone (Straßenkrone,

Deichkrone) die obere Fläche der Planumsdecke (siehe Abbildungen 4 und 5).

2. Die Böschungen, d. h. die seitlichen Begrenzungen des Erdkörpers. Die nicht mit Mutterboden bekleideten Böschungen der aus reinem Sand bestehenden Dämme werden im Verhältnisse 1:2 angelegt, bei anderen Bodenarten 1:1 $\frac{1}{2}$.

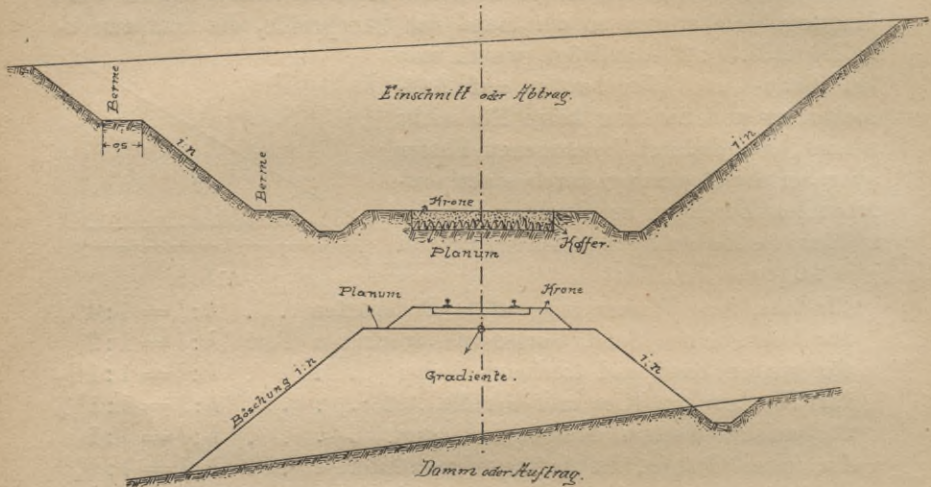


Abb. 4 und 5.

3. Bermen (auch Banketts oder Bänke) finden Ausführung bei hohen Dämmen und tiefen Einschnitten. Ihre Vorteile bestehen darin, daß das an der Böschung herabströmende Wasser im Falle gebrochen wird, daß man die Böschungen leicht bewirtschaften kann, daß ferner der Druck auf eine größere Fläche verteilt wird; sie verteuern

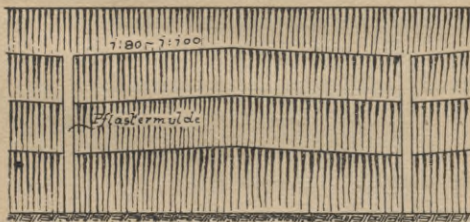


Abb. 6a.



Abb. 6b.

aber die Anlage, da die Profile sowohl für Einschnitt wie auch für Auftrag erheblich größer werden, sie also mehr Erdarbeiten und Grunderwerb erforderlich machen. Sie erhalten 0,5—1,0 m Breite und ein Längsgefälle von 1:80 bis 1:100, werden auch wohl gegen

den Damm geneigt gepflastert (Abb. 6). Das angesammelte Wasser wird in Pflastermulden nach dem Hauptgraben geleitet (Abb. 7).

4. Seitengräben im Einschnitt stets beiderseitig (Abb. 5), wohl auch mit Berme am Fuße des Einschnittes zum Auffangen des herabstürzenden Gesteins (Abb. 8).

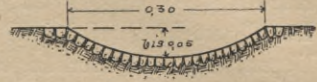
Bei Dämmen werden Gräben auf der Bergseite angelegt, um das Wasser vom Fuße des Damms abzuhalten.

Nach der preußischen Instruktion sollen bei Aufträgen unter 0,6 m beiderseitig Gräben ausgeführt werden. Ihre Böschung soll $1\frac{1}{2}$ fach, nur ausnahmsweise 1 fach sein; die Sohlenbreite mindestens 0,5, gewöhnlich 0,6 m, die Tiefe 0,5 bis 1,0 m betragen.

Das Längengefälle folgt gewöhnlich dem Planum; es soll

mindestens 1:600 sein. Bei geringerem Planumsgefälle sind die Gräben in der Gefällrichtung zu vertiefen. Der Wasserspiegel der Gräben soll mindestens 30 cm unter der Unterkante der Steinbahn, bei Eisenbahnen unter Schwellenunterkante liegen. Oberhalb eines Anschnittes (s. unter Querprofile) ordnet man Fange- oder Hintergräben an (Abb. 9), um große Wassermengen von der Böschung abzuhalten.

Häufig dienen die Gräben nur zur Begrenzung und Einfriedigung des Straßenkörpers; dann sind ihre Abmessungen möglichst gering zu wählen.



Pflastermulde.

Abb. 7.

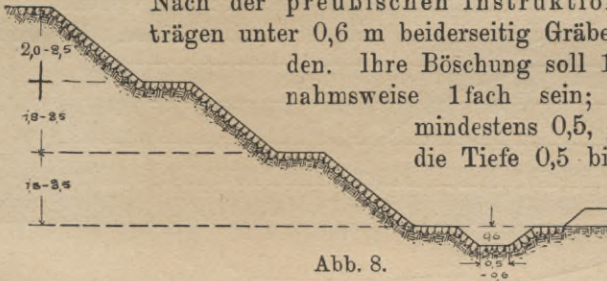
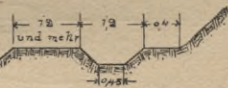


Abb. 8.



Fange- oder Hintergraben.

Abb. 9.

c) Erforderliche Vorarbeiten.

Der eigentlichen Berechnung muß man die Ergebnisse gewisser Vorarbeiten zugrunde legen. Diese erstrecken sich neben den bereits erwähnten Bodenuntersuchungen auf die Bestimmung und Anfertigung von Schichtenplänen und Längen- und Querprofilen (Bodenschnitten).

1. Schichtenpläne. Aus ihnen erkennt man die gegenseitige Höhenlage der einzelnen Punkte der Geländeoberfläche. Man denkt

sich Ebenen parallel zum Meeresspiegel durch die Geländeoberfläche gelegt (Abb. 10) und verbindet die Punkte gleicher Höhenlage durch Kurven (Höhenkurven, Horizontalkurven, Schichtenlinien). Im allgemeinen wird jede dieser Kurven innerhalb der nächstniedereren liegen, nur bei überhängendem Gelände kann ein Überschneiden der Kurven stattfinden. Aus ihrem gegenseitigen Abstände kann man dann leicht die Steigungsverhältnisse des Geländes erkennen. Je näher die Kurven aneinander liegen, um so steiler ist es. Über die Aufnahme und Anfertigung solcher Pläne sagt das „Feldmessen“ das Nähere.

2. Profile oder Bodenschnitte. Unter einem Profil versteht man den Schnitt einer lotrechten Ebene mit der Erdoberfläche. Es wird

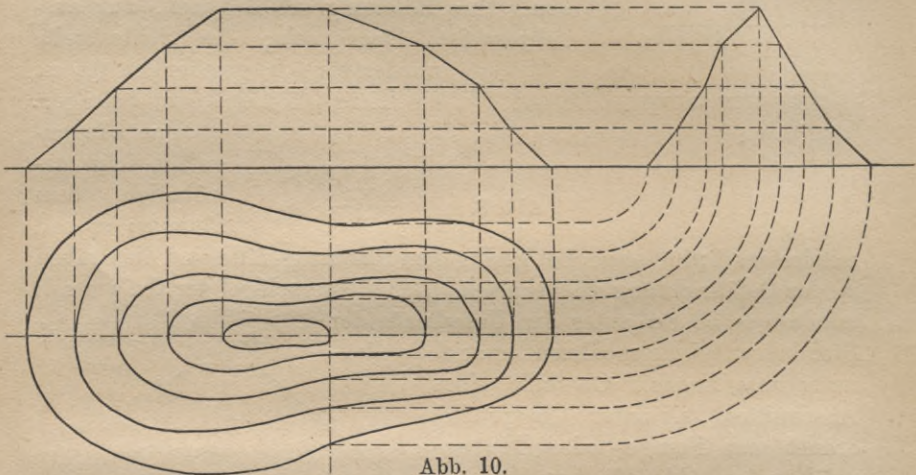


Abb. 10.

durch Grund- und Aufriß bestimmt. Letzterer enthält alle Knickpunkte des Geländes. Zu diesen Zwischenpunkten kommen alsdann bei größerer Ausdehnung noch sogen. Hauptpunkte, durch welche die Grundrißlinie des Durchschnittes in gleiche Abschnitte zerlegt wird. Man nennt dies „stationieren“. Die Stationierung erleichtert einmal die Längenmessung des Durchschnittes und zum andern die Ortsbestimmung der Zwischenpunkte. Zu diesen Hauptpunkten treten auch endlich noch Anfangs- und Endpunkte der gebogenen Straßenstrecken. Es empfiehlt sich, die Hauptpunkte (Stationen) alle 100 m zu nehmen, da man dann in einfacher Weise jeden Zwischenpunkt vom Anfangspunkt der Strecke (dem Nullpunkte) bestimmen kann. Befinden sich z. B. zwischen den Hauptpunkten 6 und 7, also zwischen 600 und 700 m vom Anfangspunkte, 3 Zwischenpunkte, durch welche dieser 100 m große Abschnitt in die Unterabschnitte von den Längen 30,0 m, 20,5 m, 36,2 m und 13,3 m zerlegt wird, so erhalten diese Zwischenpunkte die Bezeichnungen $6 + 30,0$, $6 + 50,5$,

$6 + 86,7$ und man sieht sofort, daß ihre Entfernungen vom Nullpunkte 630 m, 650,5 m und 686,7 m betragen.

Die wichtigsten Bodenschnitte sind das **Längenprofil** und die **Querprofile**. Das erstere ist ein Schnitt, lotrecht durch die Straßenachse gelegt und in eine Ebene ausgebreitet. Der Grundriß (unter dem Längenprofil aufzutragen) heißt das Kurvenband. Es besteht aus geraden Strecken und Kreisbögen, deren Längen und Radien dazugeschrieben werden. Um die Neigungsverhältnisse des Bodens deutlicher hervorzuheben, trägt man das Längenprofil verzerrt auf, d. h. man wählt für die Höhen einen größeren, den 10—25fachen (letzteren nach der preuß. Instruktion) Maßstab, wie für die Längen (z. B. Längen 1:2000, Höhen 1:200). Die Längenentfernungen werden auf einer Wagerechten als Abszissen, die Höhen dazu in den betr. Punkten als Ordinaten aufgetragen, und zwar nimmt man für die Wagerechte eine zweckentsprechende bestimmte Höhe über N. N. (Normal-Null, d. h. dem Nullpunkte des zugrunde zu legenden Pegels) an. Durch diese Annahme wird, wie leicht einzusehen ist, an der Gestalt der Geländeoberfläche im Profile nichts geändert.

In unmittelbarem Zusammenhange zu dem Längenprofil stehen die **Querprofile**, d. h. Querschnitte senkrecht zur Achse; sie dienen in erster Linie zur Ermittlung der Erdmassen. Man nimmt sie in jedem Haupt- und Zwischenpunkte des Längenschnittes. Damit man die zu beiden Seiten des letzteren liegenden Teile des Querschnittes nicht verwechselt, trägt man sie so auf, wie sie beim Begehen der Achse vom Nullpunkte aus dem Beschauer erscheinen. Die Querprofile werden in richtigem Maßstabe (also nicht verzerrt), am besten in 1:200, aufgetragen. Die Achse gibt den Nullpunkt, von diesem nach links und rechts die Abstände der wichtigsten Punkte als Abszissen, deren Höhen als Ordinaten.

d) Berechnung der Querprofile.

Dieselbe kann erfolgen:

1. durch **Zerlegung** zusammengesetzter Profile in Dreiecke, Trapeze und Parabelabschnitte. Die Maße hierzu werden aus der Zeichnung abgegriffen. Sehr ungenau und zeitraubend.

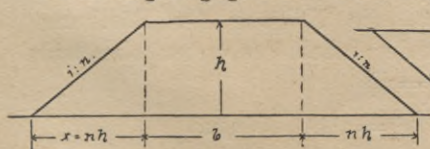


Abb. 11.

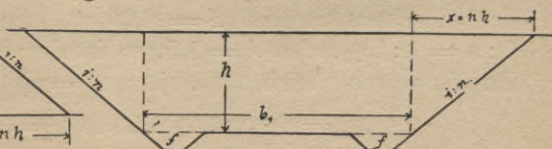


Abb. 12.

2. durch **Tabellen**. Für Auf- und Abträge in wagerechtem Gelände (Abb. 11 u. 12) erhält man die Profillinhalte wie folgt:

1. bei Aufträgen $F = bh + 2 \cdot \frac{x \cdot h}{2}$
 $\frac{x = nh}{F = bh + nh^2} \dots \dots \dots (1)$

2. bei Abträgen, wenn f den meist konstant anzunehmenden Grabenquerschnitt bedeutet:

$$F_1 = b_1 h + 2f + nh^2 \dots \dots \dots (2)$$

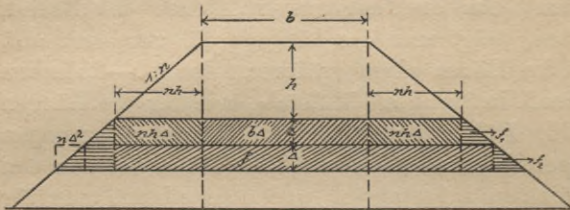


Abb. 13.

Nimmt, wie in Abb. 13, die Höhe h immer um gleiche Maße Δ zu, so erhält man für den ersten Streifen von dieser Höhe Δ den Inhalt bei Aufträgen

$$f_1 = b\Delta + 2nh\Delta + n\Delta^2 \dots \dots \dots (3)$$

und bei Abträgen

$$f_1 = b_1\Delta + 2nh\Delta + n\Delta^2 \dots \dots \dots (4)$$

Der Inhalt des nächsten Streifens setzt sich offenbar zusammen aus dem Inhalte des vorangegangenen, einem Rechteck von der Grundlinie $n\Delta$ und der Höhe Δ und 2 kongruenten rechtwinkligen Dreiecken (zusammen also auch gleich einem Rechteck) von der Grundlinie $n\Delta$ und der Höhe Δ . Er ist demnach

$$f_2 = b\Delta + 2nh\Delta + n\Delta^2 + 2n\Delta^2 = f_1 + 2n\Delta^2.$$

Wie leicht einzusehen ist, bildet dieses letzte Glied $2n\Delta^2$ den Unterschied zwischen dem Inhalte eines jeden Streifens und dem des vorhergehenden. Für beide Ausdrücke ist also der stets gleichbleibende zweite Unterschied

$$2n\Delta^2 \dots \dots \dots (5)$$

Auf Grund dieser Formeln kann man leicht Tabellen der Inhalte für verschiedene Höhen ausrechnen, was am besten an einem Beispiele gezeigt wird.

Es sei z. B. für einen Auftrag $b = 6$ m, die Höhenunterschiede der einzelnen Streifen $\Delta = 0,05$ m, die Neigung der Böschung $1:n = 1:1\frac{1}{2}$, also $n = 1,5$, so ist der Inhalt des ersten (obersten) Streifens nach Gleich. 1 (da jetzt $\Delta = h$)

$$f_1 = 6 \cdot 0,05 + 1,5 \cdot 0,05^2 = 0,30375 \text{ qm.}$$

Der Inhalt des 2. Streifens, also der Unterschied zwischen einem Auftrag von 5 cm und einem solchen von 10 cm Höhe ist nach Gleich. 3

$$f_2 = 6 \cdot 0,05 + 2 \cdot 1,5 \cdot 0,05 \cdot 0,05 + 1,5 \cdot 0,05^2 = 3,31125 \text{ qm.}$$

Der 2. Unterschied ist nach Formel 5

$$2n\Delta^2 = 2 \cdot 1,5 \cdot 0,05^2 = 0,0075 \text{ qm.}$$

Somit erhält man folgende Tabelle:

h	F	1. Unterschied	2. Unterschied
0,05	0,30375	—	—
		0,31125	—
0,10	0,61500	—	0,0075
		0,31875	—
0,15	0,93375	—	0,0075
		0,32625	—
0,20	1,26000	—	0,0075

usw. b und b_1 sind für Auftrag bzw. Abtrag bei einer und derselben Verkehrslinie meist unveränderlich; man braucht daher nur einige Tabellen für verschiedene Werte von n aufzustellen, um jeden beliebigen Inhalt dann entnehmen zu können. Bei Einschnitten hat man nur b_1 für b einzuführen und den meist konstanten Grabenquerschnitt $2f$ beim 1. Streifen (hier dem untersten) hinzuzuzählen.

Besitzen die Querprofile die in Abb. 14 u. 15 gegebene Gestalt, so ergibt sich deren Inhalt

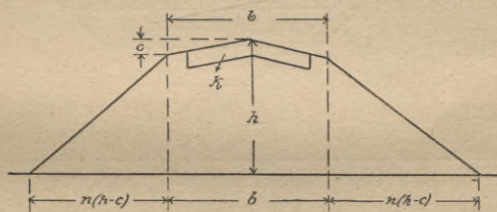


Abb. 14.

für Aufträge: $F = bh - \frac{bc}{2} + n(h-c)^2 - K \dots \dots \dots (6)$

für Abträge: $F_1 = b_1h + 2f + \frac{bc}{2} + nh^2 + K \dots \dots \dots (7)$

was sich gleichfalls leicht in Tabellen verwerten läßt;

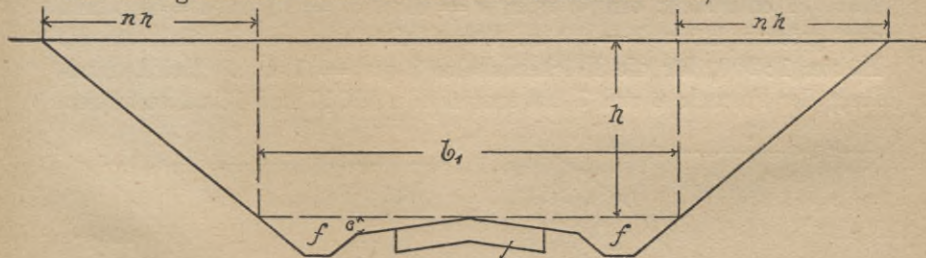


Abb. 15.

3. durch Flächenmaßstab. Die Gleichungen 1, 2, 6 und 7 lassen sich nach Prof. Goering bequem zur Auftragung von Flächenmaßstäben benutzen. Trägt man nämlich auf einer Senkrechten die Höhen als Abszissen und in deren einzelnen Punkten die Inhalte nach

einem beliebigen Maßstabe als Ordinaten auf, so ergibt sich durch Zeichnung, daß der 1. Teil der Ausdrücke bh bzw. b_1h durch eine Gerade, der 2. Teil nh^2 durch eine Parabel darzustellen ist. Am besten rechnet man die Werte für F und F_1 in Gleichg. 1 und 2 für den größten vorkommenden Wert von h aus und verbindet, nachdem man diese F -Werte als Ordinaten aufgetragen hat, deren Endpunkte mit dem der Höhe $h = 0$ entsprechenden Fußpunkte der Ab-

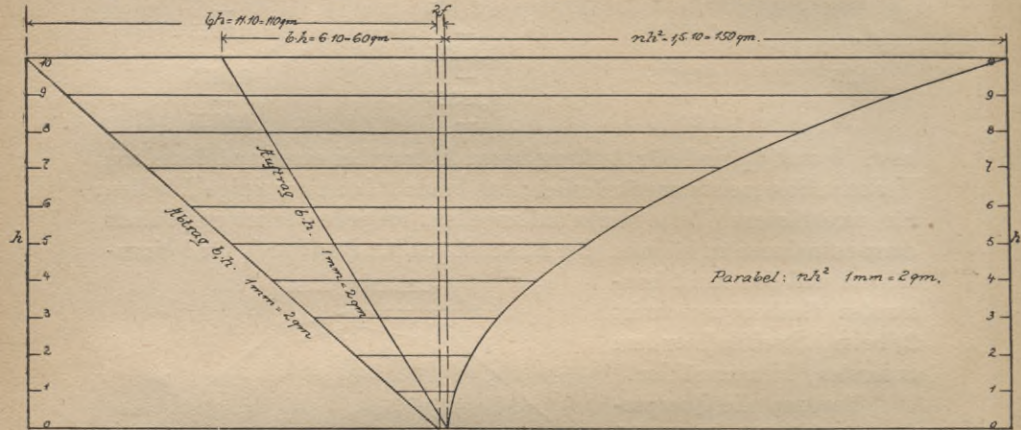


Abb. 16.

szissenachse durch eine Gerade und eine Parabel, wie dies Abb. 16 zeigt. Bei Abträgen kommt noch der konstante Grabenquerschnitt $2f$ hinzu. Die in einem bestimmten Punkte, der einer gewissen Höhe entspricht, gemessenen Abstände zwischen der Geraden und der Parabel geben dann sofort den Inhalt eines Dammes bzw. Einschnittes von der betreffenden Höhe. Der Maßstab in Abb. 16 entspricht den Werten $b = 6$ m, $b_1 = 11$ m, $n = 1,5$ und der größten Höhe $h = 10$ m. Als Maßstab wurde gewählt für die Höhen 1:200, für die Flächeninhalte $2 \text{ qm} = 1 \text{ mm}$. Bei Darstellung der Formeln 6 und 7 hat man nach Abb. 17 und 18 zu verfahren.

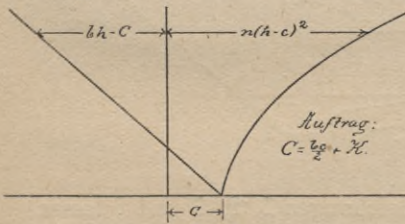


Abb. 17.

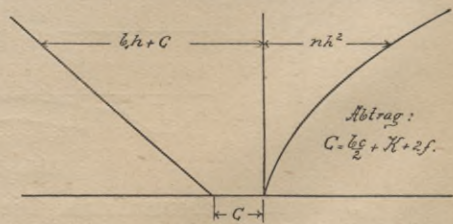


Abb. 18.

Die unter 2 und 3 geschilderten Verfahren lassen sich für Einschnitte nur bei konstantem Grabenquerschnitte anwenden. Haben

die Gräben dagegen ein anderes Gefälle als das Planum, so ändert sich auch b_1 fortwährend mit dem Grabenquerschnitt. In diesem Falle ermittele man die Inhalte nach dem unter 4 beschriebenen Verfahren der Beziehung auf gleiche Grundlinie (S. 15 ff.).

Für beide Methoden war wagerechte Begrenzung durch das Gelände Voraussetzung. Eine solche kommt im Hügel- oder Gebirgsland fast nie vor, vielmehr sind hier die Begrenzungen völlig unregelmäßig. Solche Profile verwandelt man nach Abb. 19 zunächst

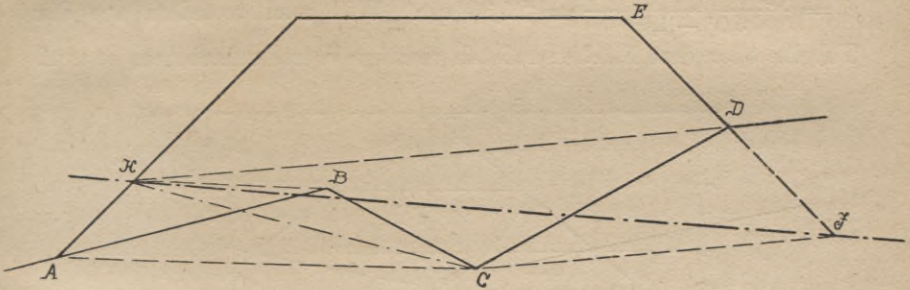


Abb. 19.

in Profile mit geradlinigem Abschluß, wobei man kleine Ausrundungen zwischen Geraden vernachlässigen kann. Auf diese Weise kann man jedes Profil etwa mit der Neigung $1:m$ geradlinig begrenzen und zur Ermittlung der Inhalte dann ohne weiteres die Tabelle oder den Flächenmaßstab benutzen, wobei man die mittlere Höhe h in Abb. 20 zugrunde legt. Diese Inhalte werden aber, wie man aus der Abbildung leicht erkennt, um das $\Delta BB'G$ zu klein. Bei großem m , also bei schwach geneigtem Gelände, spielt dieser Fehler keine Rolle; wird m aber etwa gleich $10 m$ und weniger, so darf man das Dreieck nicht mehr vernachlässigen sondern muß seinen Inhalt dem

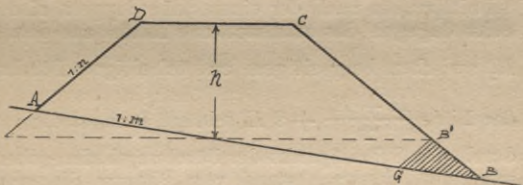


Abb. 20.

aus Tabelle oder Flächenmaßstab entnommenen Werte hinzuschlagen. Den Inhalt erhält man aus folgenden Formeln:

$$\text{für Auftrag } f_1 = \frac{\left(\frac{b}{2} + nh\right)^2 n}{m^2 - n^2} \dots \dots \dots (8)$$

$$\text{für Abtrag } f_2 = \frac{\left(\frac{b_1}{2} + nh\right)^2 n}{m^2 - n^2} \dots \dots \dots (9)$$

Den Unterschied des Fehlers für großes und kleines m erkennt man am besten aus einem Beispiele.

Es sei bei einem Auftrage etwa $b = 6,0m$, $n = 1,5$, $h = 10,0m$, $m = 15$, so erhalte man aus Tabelle und Flächenmaßstab

$$F = 210,0 \text{ qm}$$

mit einem Fehler von $f_1 = \frac{\left(\frac{6}{2} + 1,5 \cdot 10\right)^2 \cdot 1,5}{15^2 - 1,5^2} = 2,18 \text{ qm}$. Wäre m aber gleich 5, das Gelände also stark geneigt, so betrüge der Fehler

$f_1 = \frac{\left(\frac{6}{2} + 1,5 \cdot 10\right)^2 \cdot 1,5}{5,0^2 - 1,5^2} = 21,36 \text{ qm}$. Will man trotzdem aus der Tabelle oder dem Flächenmaßstab richtige Werte entnehmen, so muß

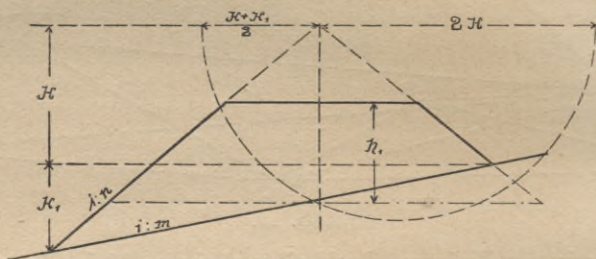


Abb. 21.

man die Höhe erst nach Abb. 21*) auf h_1 berichtigen. Auch für Anschnitte kann man weder Tabelle noch Flächenmaßstab unmittelbar verwenden. Man verfährt dann nach Abb. 22**) für Auf- und Abtrags-

*) Man verlängert die Böschungslinien bis zu ihrem Schnittpunkt und trägt von diesem den Abstand H des bergseitigen Böschungsfußes von dem Schnittpunkte nach der einen Seite doppelt, also $= 2H$ auf, nach der anderen Seite dagegen das arithmetische Mittel aus dem Abstand H und dem Abstand H_1 zwischen bergseitigem und talseitigem Böschungsfuße, also $\frac{H + H_1}{2}$. Über

der Linie $\frac{H + H_1}{2} + 2H$ schlägt man alsdann einen Halbkreis, welcher die durch den Schnittpunkt der Böschungslinien gehende Lotrechte in einem Punkte schneidet, dessen Abstand vom Planum die gesuchte berichtigte Höhe h_1 ist.

**) Man verlängert die Böschungslinien des Erdkörpers bis zu ihren Schnittpunkten mit der durch den Schnittpunkt zwischen Planum und Gelände gezogenen Senkrechten. Hierauf stellt man die Abstände zwischen Planum und diesen Schnittpunkten fest und erhält dadurch H^e und H^a , alsdann die Abstände zwischen dem Planum und den Böschungsfußpunkten, wodurch man H_1^e und H_1^a erhält. Um die berichtigte Höhe für Auftrag zu erhalten, trägt man sich nun, genau wie in Abb. 21 bereits geschehen, vom Schnittpunkte zwischen der obengenannten Senkrechten und der verlängerten Böschungslinie für Auftrag nach der einen Seite $\frac{H^a + H_1^a}{2}$, nach der anderen $2H^a$ auf und

schlägt über der Summe dieser beiden Strecken einen Halbkreis, welcher die Senkrechte im Punkte E schneidet, dann ist der Abstand GE gleich der gesuchten Höhe h_1^a . In gleicher Weise verfährt man mit den Abständen H^e und H_1^e für Abtrag und erhält für die gesuchte Höhe h_1^e den Abstand AG .

teil gesondert, entnehme die h_1^a entsprechende Fläche aus den halben Auftrags-, die h_1^e entsprechende aus den halben Abtragsflächen und

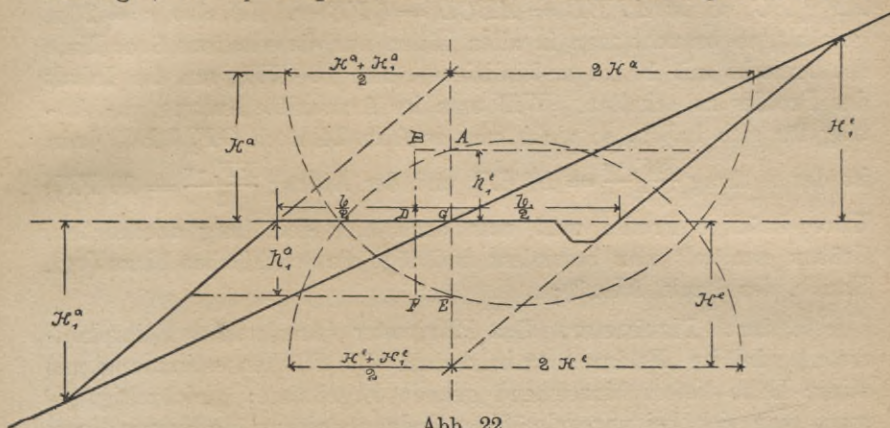


Abb. 22.

füge ersterer das Rechteck $CDEF$ hinzu und vermindere letztere um das Rechteck $ABCD$, so erhält man die genaue Auf- und Abtragsfläche (vgl. auch Handb. der Bauk. Abt. 3);

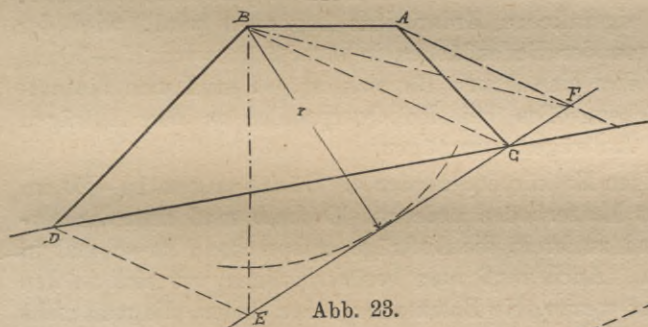


Abb. 23.

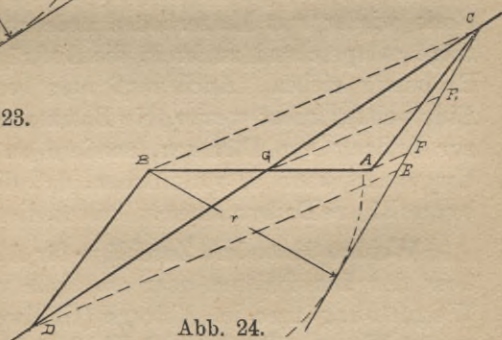


Abb. 24.

4. durch Beziehung der Flächen auf gleiche Grundlinie. Dieses Verfahren läßt sich für alle Auf- und Abtragsprofile und ebenso für alle Anschnittprofile ohne weiteres anwenden. Man wählt einen Halbmesser, am besten $r = 20m$ (Abb. 23 u. 24) und verwandelt nun in Abb. 23 den Auftrag (ein Trapez) in ein Dreieck von der

Höhe r , d. h. man zieht BC , durch C die Berührende an den Kreisbogen mit dem Halbmesser r , von B aus geschlagen, und DE und $AF \parallel BC$, so ist $\triangle FEB = ABCD = \frac{1}{2}FE \cdot r$. Ist also $r = 20m$ gewählt, so braucht man in allen Fällen nur die erhaltene Grundlinie des Dreiecks mit 10 zu multiplizieren (hier $10 \cdot FE$), um den Inhalt des Profiles zu erhalten. Will man im Anschnitte Auftrag und Abtrag für sich haben, so ziehe man in Abb. 24 noch $GF_1 \parallel BC$, dann ist der Auftrag $\frac{EF_1 \cdot r}{2} = 10 EF_1$ und der Abtrag $\frac{FF_1 \cdot r}{2} = 10 FF_1$.

Unregelmäßige Profile muß man auch hier geradlinig abschließen. Gräben ermittelt man besonders und fügt sie den Flächen hinzu (vgl. Handb. der Bauk. Abt. 3);

5. durch Planimeter. Das Planimeter (Amslersches Polarplanimeter) wird im „Feldmessen“ behandelt. Die Flächenbestimmung mit seiner Hilfe liefert hinreichend genaue Ergebnisse; gleichzeitig erspart man sich bei unregelmäßiger Bodengestaltung die Verwandlung unregelmäßiger Querschnitte in 4eckige. Es wird in der Praxis vielfach verwendet.

6. Ergänzung zur Profilberechnung. Bei der Ermittlung der Flächeninhalte der Profile hat man noch folgendes zu beachten: Bevor mit den eigentlichen Erdarbeiten begonnen wird, wird der Mutterboden von den Bodenflächen in einer Stärke von 15—50 cm abgehoben. Da dies eine Arbeit für sich ist, so muß man die entsprechenden Flächengrößen bei den Querprofilen in den Abträgen abziehen, in den Aufträgen hinzufügen.

In den fertigen Erdkörpern werden die Böschungen 15—20 cm stark wieder mit Mutterboden bedeckt. Deshalb muß man die Abträge entsprechend zu breit, die Aufträge entsprechend zu schmal in Rechnung ziehen. Auch muß man berücksichtigen, ob sich in den Einschnitten nicht wertvolle Baumaterialien finden, die man nicht zur Bildung von Dämmen, sondern zu anderen Zwecken verwendet. Umgekehrt kann es vorkommen, daß die Einschnitte gänzlich unbrauchbare Bodenmassen enthalten, die daher seitlich auszusetzen sind.

Weitere besondere Zuschläge für Abtrag liefern: Schutzgräben über den Einschnitten oder am Fuße von Dämmen, Einschnitte für Wegeübergänge im Abtrage (Hohlwege), ebensolche für Seitenwege, Wege-, Bach- und Flußverlegungen. Für Aufträge sind als Zuschläge zu berücksichtigen: Seitenanschüttungen für Wärter- und Chausseehäuser, für Rampen, für Dämme von Parallelwegen, für Schneewälle bei flachen Einschnitten. Kommen in einem Damm Bauwerke, z. B. Durchlässe, vor, so ist beim Dammhalte ein entsprechender Abzug zu machen.

Laufen derartige Nebenanlagen auf größere Entfernung neben der Linie hin, so erscheinen sie in den Querprofilen. Alsdann genügt es, am Anfange und Ende einer solchen Anlage ein Querprofil einzuschalten. Kürzere Anlagen, wie Überwegsrampen, zählt man den Massen des Abschnittes, in dem sie liegen, besonders hinzu. Ebenso verfährt man mit Abzügen in Dämmen, wenn dieselben geringe Ausdehnung haben; ist diese größer, so schaltet man am Anfange und am Ende des Bauwerkes je ein Querprofil ein.

e) Berechnung der Rauminhalte der Massen aus den Profilen und Längen.

1. Allgemeines. Zum Zwecke der Massenberechnung denkt man sich Dämme und Einschnitte durch passend gewählte Lotebenen in einzelne Teile zerlegt, wobei man vor allem die Querschnittsebenen beibehält, sodann aber auch andere parallel zur Achse gelegte Lotebenen annimmt, wodurch die zwischen je 2 Querprofilen befindlichen Erdmassen in gewisse Körper zerlegt werden, nämlich in Prismatoide und Pyramiden.

In Abb. 25 ergeben sich durch diese Lotebenen 1—1, 2—2, 3—3, 4—4, 5—5 offenbar 4 Prismatoide und 2 seitliche Pyramiden. Außerdem können aber auch noch keilförmige Körper auftreten, nämlich da, wo zwischen 2 Querprofilen der Damm in einen Einschnitt übergeht, wie in Abb. 26, wo, wie man leicht ersieht, die durch die Kanten AA' und CC' gelegten Lotebenen eine Erdmasse begrenzen, welche sich aus einem Auftrags- und einem Abtragskeil zusammensetzt, da die Straßenoberfläche im 1. Profil über, im 2. unter der Erdoberfläche liegt, diese also in einer geraden Linie durchschneiden muß. Eine derartige Schnitt-

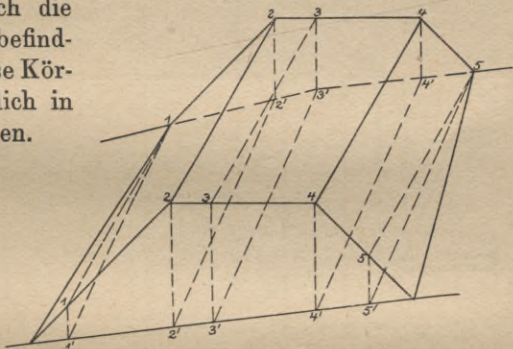


Abb. 25.

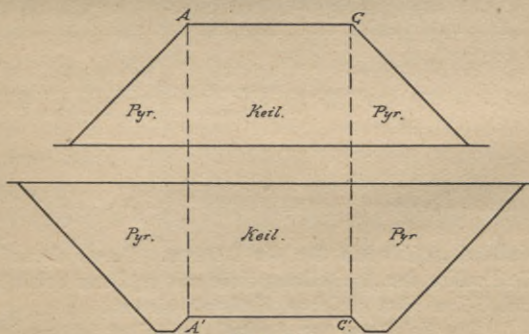
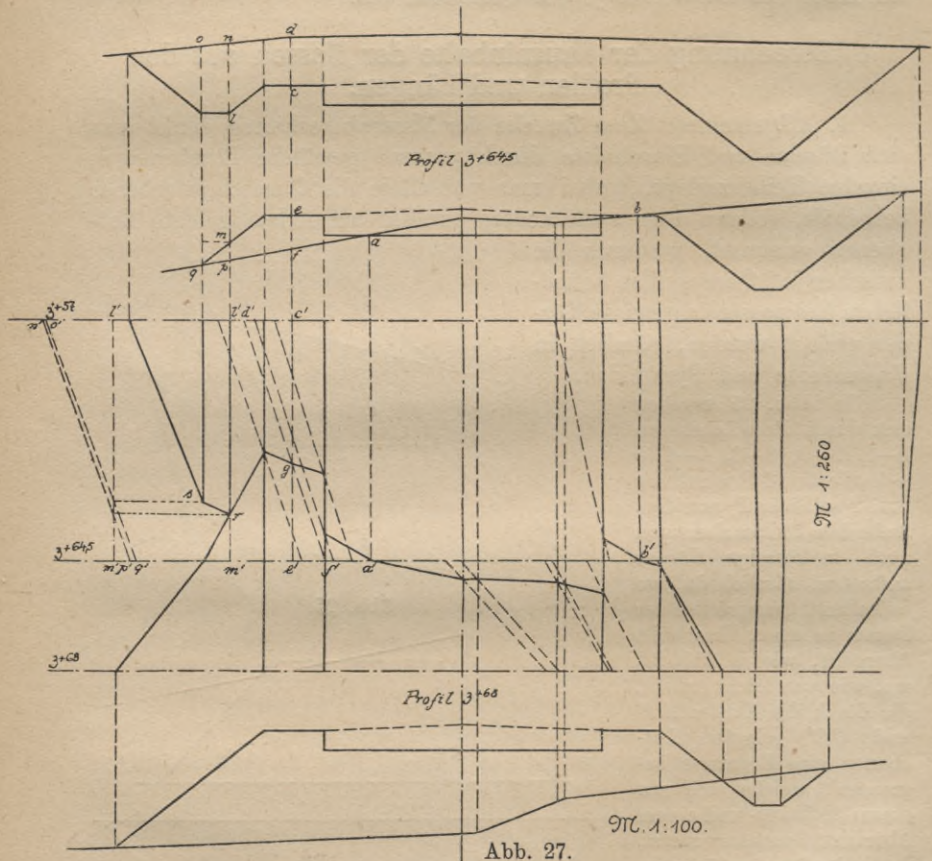


Abb. 26.

linie, durch die man genauen Aufschluß über die zwischen 2 benachbarten Querprofilen, von denen eines im Auftrag, das andere im Abtrag liegt, vorkommenden Erdkörper erhält, heißt **Auskeilungslinie**. Sie sind dann leicht nach stereometrischen Formeln zu berechnen, indem man die Höhen

solcher Körper bezw. die Kanten der Keile durch diese Linie erhält, ihre Grundflächen aber in den Querprofilen enthalten sind. In Abb. 27 ist die Zeichnung einer Auskeilungslinie gegeben. Dieselbe liege zwischen 2 Profilen 3 + 57 und 3 + 68, so daß ihre Entfernung also 11 m beträgt. Für die Deutlichkeit der Darstellung wählt man am besten einen verzerren Maßstab, obgleich dies sonst für Lagepläne nicht üblich ist. In vorliegendem Falle sind die Profile in 1:100, ihre Entfernungen in 1:250 gezeichnet. Man könnte auch die Profile verzerren zeichnen, indem man für die Höhen einen größeren

Profil 3+57



Maßstab wählt als für die Längen. Durch derartige Verfahren ergeben sich die Punkte der Auskeilungslinie mit größerer Schärfe, als wenn man für Längen und Höhen den gleichen Maßstab nimmt.

Das Zeichnen der Auskeilung selbst ist, nachdem man die Entfernungen der Profile im Grundriß richtig aufgetragen hat, eine sehr einfache Aufgabe. Man denkt sich nämlich durch jeden wichtigen Punkt eines Profils eine Lotebene parallel zur Achse gelegt und zeichnet deren Schnitt mit dem Gelände in die Zeichenfläche des Lageplanes umgeklappt. Solche Ebenen legt man durch jeden Brechpunkt des Geländes, sowie durch jede Kante des Straßen-

körpers. Die Punkte, in welchen die Profilinien des Geländes von den Begrenzungslinien des Straßenkörpers geschnitten werden, kann man ohne weiteres auf die entsprechenden Profilinien im Lageplan herabloten, wie dies z. B. mit den Punkten *a* und *b* in Abb. 27 geschehen ist. Zur Erläuterung des weiteren Verfahrens genügt das Beispiel einer Lotebene, die durch den Brechpunkt *d* des Geländes gelegt ist. Diese Ebene schneidet das mittlere Profil längs *ef*. Man klappt also diesen Schnitt um die der Lotebene im Grundriß entsprechende Linie *c'e'* um, d. h. man trägt auf der dem Profil 3 + 57 entsprechenden Profilinie im Grundriß das Maß *dc* aus dem Querprofil nach der einen Seite und ebenso auf der mittleren Profilinie das Maß *ef* des entsprechenden Profils nach der andern Seite ab. Durch Verbindung der so erhaltenen Punkte *d'* und *f'* erhält man den Punkt *g* als einen Punkt der Auskeilung. In gleicher Weise werden die übrigen Punkte bestimmt.

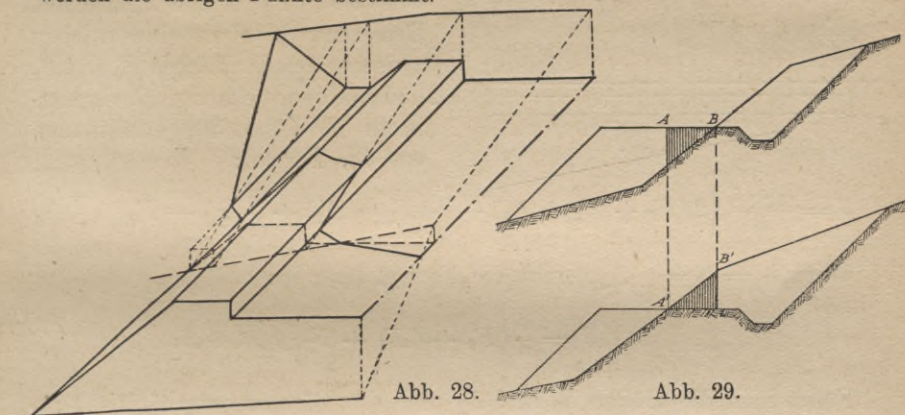


Abb. 28.

Abb. 29.

Will man nicht zu viele Linien im Grundrisse erhalten, so kann man einen besonderen Längenschnitt zeichnen, wie dies in Abb. 27 für den Graben geschehen ist. Hier ist *l'm'* die verlängerte Spur der Ebene der Grabensohle und *l'n' = ln*, sowie *m'p' = mp*, endlich *l'o'* und *m'q' =* den Abständen der Punkte *o* und *q* von der durch *l* und *m* gehenden Wagerechten. Durch wagerechtes Herüberführen im Grundrisse ergeben sich dann die Punkte *r* und *s* für den Auslauf der Grabensohle. Der besseren Veranschaulichung wegen, namentlich um den Verlauf der Auskeilungslinie längs der senkrechten Begrenzungsfläche des Grundbaukastens zu zeigen, ist in Abb. 28 die eine Hälfte der Auskeilung isometrisch dargestellt. Es ist klar, daß die Auskeilungslinie, wenn man wie hier 3 Profile hat, niemals zwischen den Stellen im Grundriß verlaufen kann, wo 2 Profile im Aufriß entweder nur Auftrag oder nur Abtrag gleichzeitig zeigen. Bei allen Stellen, wo eine Auskeilungslinie entsteht, legt man zweckmäßig die Profile möglichst nahe aneinander.

Hat man endlich 2 Nachbarquerschnitte, welche sich beide aus Auftrags- und Abtragsflächen zusammensetzen, wie in Abb. 29, so braucht man nur die Haupttrennungsebenen *AA'* und *BB'* um diesen

Fall auf den letzten zurückzuführen. Links und rechts von den genannten Lotebenen hat man dann gleichartige Querschnittsflächen, dazwischen aber ungleichartige, also auch keilförmige Körper.

2. Rechnerische Ermittlung der Massen. Sie erfolgt auf Grund der Flächenermittlung der Querprofile. Zunächst zieht man in den Anschnittsprofilen Auftrag und Abtrag voneinander ab, wodurch man den Querausgleich erledigt und den fehlenden bzw. überschüssigen Boden bestimmt. Die zwischen 2 benachbarten Querprofilen nun vorkommenden Erdkörper sind durchweg als Prismatoide anzusehen. Den genauen Inhalt eines solchen zwischen den Endflächen F_0 und F_2 und mit dem bekannten Zwischenprofil F_1 (Abb. 30) erhält man aus der Formel:

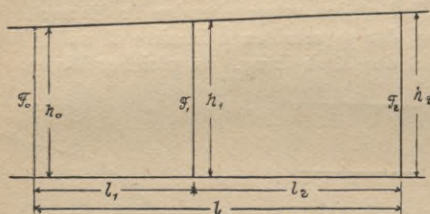


Abb. 30.

$$J = \frac{l_1 + l_2}{6} \left\{ 2(F_0 + F_1 + F_2) + \frac{l_1}{l_2}(F_1 - F_2) + \frac{l_2}{l_1}(F_1 - F_0) \right\} \quad (10)$$

Wird $l_1 = l_2 = \frac{l}{2}$, so geht die Formel über in:

$$J = \frac{l}{6} \left\{ F_0 + 4F_1 + F_2 \right\} \dots \dots \dots (11)$$

Führt man die Höhen h_0 und h_2 und das Böschungsverhältnis $1:n$ ein, so läßt sich diese Formel schreiben:

$$J = \frac{F_0 + F_2}{2} \cdot l - \frac{nl}{6} (h_0 - h_2)^2 \dots \dots \dots (12)$$

In der Praxis vernachlässigt man den Subtrahenden und rechnet meist nach der Formel:

$$J = \frac{F_0 + F_2}{2} \cdot l \dots \dots \dots (13)$$

Da die Werte nach dieser Formel um $\frac{nl}{6} (h_0 - h_2)^2$ zu groß werden, so muß man bei großem Unterschiede der Höhen Zwischenprofile nehmen. Genauer ist es nach der Formel zu rechnen:

$$J = F_m \cdot l \dots \dots \dots (14)$$

worin $F_m = b \cdot \frac{h_0 + h_2}{2} + n \cdot \left(\frac{h_0 + h_2}{2} \right)^2$. Man berechnet hier also eine Profilfläche aus einer mittleren Höhe $\frac{h_0 + h_2}{2}$. Die mit Hilfe dieser Formel erhaltenen Werte sind zu klein um $(h_0 - h_2)^2 \cdot \frac{nl}{12}$.

Die genauere Formel, die also die gleichen Werte liefert wie Gleich. 12, würde dann lauten:

$$J = F_m \cdot l + \frac{n l}{12} (h_0 - h_2)^2 \dots \dots \dots (15)$$

Beispiel: Bei einem Damme sei $b = 6$ m, $n = 1,5$ und $l = 50$ m. Ferner $h_0 = 6$ m und $h_2 = 8$ m, dann erhält man nach Gleich. 1: $F_0 = 6 \cdot 6 + 1,5 \cdot 6^2 = 90,0$ qm und $F_2 = 6 \cdot 8 + 1,5 \cdot 8^2 = 144,0$ qm. Demnach ist nach Gleich. 13:

$$J = \frac{90,0 + 144,0}{2} \cdot 50 = 5850 \text{ cbm, während man nach Gleich. 12 erhalte:}$$

$$5850 - \frac{1,5 \cdot 50}{6} \cdot (6 - 8)^2 = 5800 \text{ cbm, also 50 cbm weniger. Nach Gleich. 14}$$

wäre $J = \left\{ 6 \cdot \frac{6+8}{2} + n \cdot \left(\frac{6+8}{2} \right)^2 \right\} \cdot 50 = 115,5 \cdot 50 = 5775$ cbm, also um 25 cbm zu klein. $J = 5800$ cbm hätte man auch aus Gleich. 15 erhalten. Doch erkennt man aus dem Beispiele, daß trotz des auf die kurze Entfernung schon bedeutenden Höhenunterschiedes der Fehler nach Gleich. 13 etwa nur 1 0/0, nach Gleich. 14 nur 1/2 0/0 beträgt, daß man diese Gleichungen in der Praxis also ruhig anwenden kann.

Rechnet man nach Formel 13, so kann man die Berechnung nach folgender Tabelle I vornehmen:

Tabelle I.

Laufende Nummer	Station des Querprofils		Wahre Höhe des		Tiefe des Grabens:		Berichtigte Profilfläche						Profilfläche für		Gemittelte Profilfläche		Entfernung der Profile	Masse des			Bemerkungen				
	Abtrages	Auftrages	rechts	links	Abtrag			Auftrag			Querausgleich	Längsförderung	Querausgleich	Längsförderung	Querausgleichs	Längstransportes		Masse vom Beginn d. Strecke an							
					bis Planum	Graben		Summe	Damm	besondere Zuschläge						Summe			Boden verfügbar	Boden fehlt					
						rechts	links			besondere Zuschläge												Summe			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Die Spalten 3 bis 6 geben nur Anhalt für die Höhenbestimmungen bei der Ausführung. In Spalte 7 bis 14 werden die Ergebnisse der Flächenermittlungen eingetragen unter Berücksichtigung alles früher Gesagten und der bleibenden Auflockerung bei Abträgen. In Spalte 15 und 16 wird Querausgleich von Längsförderung geschieden (Anschnittsprofile). Spalte 17 und 18 enthalten die gemittelten Profilflächen aus den Spalten 15 und 16 und geben durch Multiplikation der in Spalte 19 enthaltenen Abstände der Profile die endgültigen Massen, die dann in die Spalten 20 bis 23 entsprechend einzutragen sind. Die Spalten 23 und 24 dienen für die spätere Massenverteilung. Sie geben vom Anfangspunkte ausgehend für jeden weiteren Punkt an, wieviel Masse bis zu diesem verfügbar ist bzw. als fehlend von anderweit beschafft werden muß.

In der Praxis findet auch vielfach folgende Tabelle II Verwendung, die sich, wie die vorige, über 2 Seiten erstreckt und leicht zu erklären ist.

Tabelle II.

Station	Abtrag				Abtrag von Nebenanlagen				Auftrag			Bemerkungen
	Länge m	Profil- Quer- schnitt qm	Ge- mittel- ter Quer- schnitt qm	In- halt cbm	Mittlere			cbm	Profil- Quer- schnitt qm	Ge- mittel- ter Quer- schnitt qm	Inhalt cbm	
					Länge	Breite	Tiefe					
					m	m	m					

(linke Seite)

(rechte Seite)

Will man von der Konstruktion der Auskeilungslinie absehen, so muß man selbstverständlich in allen Punkten, wo Auftrag und Abtrag ineinander übergehen, ein Profil nehmen, da sich bei alleiniger Berücksichtigung je zweier Profile vor und hinter solchen Stellen häufig grobe Fehler ergeben würden.

3. Zeichnerische Ermittlung der Massen (nach Prof. Goering). Trägt man unter dem Längenprofil von einer parallel zur Mittellinie des Planums (der Gradienten) gezogenen Linie den jeder Ordinate des Längenprofils entsprechenden Inhalt des Querprofiles nach einem beliebigen Maßstabe nach oben bzw. nach unten ab und verbindet die so gewonnenen Punkte durch eine entsprechende Kurve, so erhält man das sog. **Flächenprofil**. Multipliziert man für jeden Auftrag und Abtrag den Inhalt dieses Profils mit dem Verhältnis der Verzerrung der Höhen zu den Längen des Längenprofils, so erhält man den Rauminhalt der betreffenden Auf- und Abträge. Den Inhalt des Flächenprofils selbst bestimmt man entweder durch Planimetrieren der einzelnen Flächen, oder man zerlegt diese in Trapeze von gleicher Breite (z. B. von einer Station oder bei ausführlichen Vorarbeiten in solche von 20—25 m Breite). Die mittleren Höhen dieser Trapeze trägt man dann an den Anfangs- oder Endordinaten der Dämme und Einschnitte senkrecht übereinander auf. Diese senkrechten Längen ergeben, am Maßstabe abgelesen, mit der Breite der Trapeze multipliziert die Massen. Die Flächen der Querprofile kann man beim Auftrage entweder aus dem Flächenmaßstabe abgreifen oder nach den in Spalte 11 und 14 ermittelten Zahlen auftragen. Im ersteren Falle kann

man die Höhen der Dämme bzw. Einschnitte unmittelbar aus dem Längenprofil in den in gleichem Höhenmaßstabe gezeichneten Flächenmaßstab übertragen, ohne die Querprofile zu benutzen, doch ist dies nur bei Überschlägen zulässig; bei genauer Feststellung muß man die berichtigten Höhen aus genauen Querprofilen entnehmen. Auf Tafel I ist das überschlägliche Verfahren angewendet.

Vor dem Auftragen ist natürlich Querausgleich von Längsförderung zu sondern. Doch kann man dies auch in der Zeichnung vornehmen, indem man in allen Ordinaten, wo Querausgleich vorkommt, Auf- und Abtrag nach verschiedenen Seiten gesondert abträgt und dann zeichnerisch den Unterschied zwischen beiden bildet, wodurch man die Sonderung in übersichtlicher Weise erhält. Bei besonderen Zuschlägen, wie Erdkörper für Wärterhäuser, Seitenrampen und dergl., verlängert man die eingrenzenden Ordinaten um die entsprechenden Flächengrößen, bei Bauwerken vermindert man dieselben.

Die Auftragsmassen sind vorher auf Abtrag zu reduzieren, wozu man sich eines sogen. Reduktionsmaßstabes bedienen kann.

4. Die Ablesemethode (nach Direktor Selle). Näheres darüber ist im Zentralblatt der Bauverwaltung, Jahrgang 1900, S. 202 mitgeteilt. Das Ablesen erfolgt mit Hilfe von Maßstäben aus Pauspapier. Man nimmt die Gradienten $1 : \infty$, berechnet für $F = 10,0 \text{ qm}$, $20,0 \text{ qm}$, $30,0 \text{ qm}$ usw. die zugehörigen Höhen und trägt diese für Aufträge nach unten, für Abträge nach oben ab (Abb. 31). Wird $F = 10,0 \text{ qm}$ und $a = 100 \text{ m}$ gewählt, so ist der Inhalt eines Parallelogramms $F = 10 \cdot 100 = 1000 \text{ cbm}$. Diese Parallelogramme zerlegt man noch durch Senkrechte und Parallele zur Gradienten in kleinere Abteilungen von je 10 cbm Inhalt. Alsdann legt man den Maßstab so auf den Höhenplan, daß sich seine Null-Linie mit der Gradientenlinie deckt, und zählt nun einfach die Parallelogramme zwischen Gradienten und Geländelinie ab. So erhält man den Inhalt. Die Bruchteile von Parallelogrammen werden dabei einfach abgeschätzt. Der Inhalt der Gräben ist hinzuzufügen.

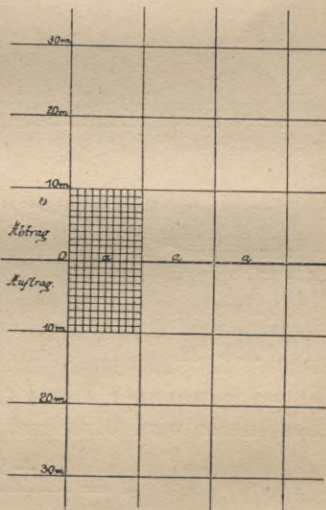


Abb. 31.

Für geneigte Gradienten hat man nur die Null-Linien und die zu ihr parallelen in der entsprechenden Neigung aufzutragen. Die Ablesung bleibt die gleiche. Die Methode empfiehlt sich vornehmlich

für Erdarbeiten im Flachland, wo keine starken Querneigungen des Geländes vorkommen.

5. Berechnung von Rampen. a) bei senkrechter Wand. Sie erfolgt aus Gleich. 11:

$$F = \frac{l}{6} \{F_0 + 4F_1 + F_2\}$$

Hierin ist nach Abb. 32:

$$F_0 = bh + nh^2; F_2 = 0; F_1 = \frac{bh}{2} + \frac{nh^2}{4}; l = mh \text{ (aus } 1:m = h:l),$$

folglich:

$$J = \frac{mh}{6} \cdot \left\{ (bh + nh^2) + 4 \left(\frac{bh}{2} + \frac{nh^2}{4} \right) \right\}$$

$$\text{oder } J = \frac{mh^2}{6} \{3b + 2nh\} \dots \dots \dots (16)$$

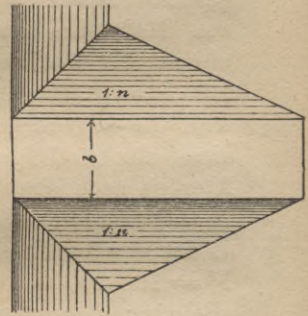
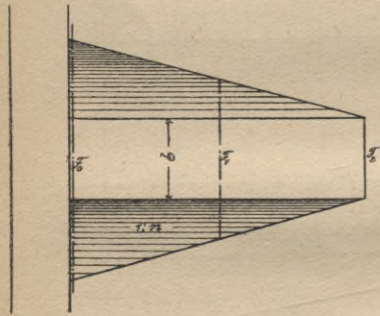
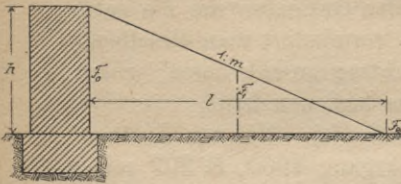


Abb. 32.

Abb. 33.

b) bei geneigter Wand (Rampe an Damm) Abb. 33:

Der Inhalt wird berechnet aus:

$$J = \frac{3b + 2nh \left(1 - \frac{n}{m}\right)}{3} \cdot (m - n) \cdot \frac{h^2}{2} \dots \dots \dots (17)$$

f) Massenverteilung.

Nach der Berechnung der Massen stellt man den Verteilungsplan oder die Massendisposition auf, d. h. man bestimmt, wo am zweckmäßigsten die aus Abträgen gewonnenen Massen in Aufträgen Verwendung finden. Die Massenverteilung übt einen wesentlichen Einfluß auf die Kosten der Erdarbeiten aus, ist daher möglichst

günstig zu gestalten. Im allgemeinen wird ein Ausgleich der Massen angestrebt, d. h. Auftrag und Abtrag sollen sich möglichst decken. Um dies zu erreichen, legt man unter Berücksichtigung der größten zulässigen Steigung die Gradienten durch Probieren im Längsprofil fest, rechnet Auftrag und Abtrag aus und sieht zu, ob die Massen beider einander tunlichst gleich sind. Ist dies nicht der Fall, so verändert man die Gradienten durch Verschieben nach oben oder unten, oder durch Heben oder Senken um einen ihrer Punkte. Durch einen derartigen Ausgleich der Massen werden die Gesamtmassenbewegung und die Ausführungskosten am kleinsten. Zur Seitenentnahme für Dämme oder Seitenablagerung für Einschnitte schreitet man nur dann, wenn man dadurch eine Kostenverringerung erzielen kann oder Abtragsmassen zur Dammbildung ungeeignet sind. In ersterem Falle muß man stets die Kosten der Seiten-Entnahme oder -Ablagerung mit den Transportkosten aus weitentfernten Einschnitten vergleichen, wobei selbstverständlich der Grunderwerb für die Ablagerung (der sogen. tote Damm) und ebenso der für die Entnahme (die sogen. Füllgrube) in Rechnung zu ziehen ist. Will man bei Anschnitten Auf- und Abtragsmassen möglichst ausgleichen, so kann man ohne Änderung der Höhenlage die Straßenachse einfach seitlich verschieben; in welligem aber nicht ansteigendem Gelände hebt oder senkt man sie.

Was endlich die Längen anbelangt, zwischen denen man einen Ausgleich der Massen anstrebt, so kommt bei größeren Verkehrslinien selten die ganze Länge der Linie auf einmal in Betracht. Es werden vielmehr durch äußere Hindernisse, z. B. große Brücken, Tunnel, spät fertig werdende große Einschnitte und Dämme größere Abschnitte gebildet, innerhalb deren der Ausgleich zu erzielen ist. So bilden in dem Beispiele der Tafel I eine Flußbrücke und ein Tunnel derartige Grenzen, zwischen denen der Ausgleich erfolgen muß.

Die Verteilung der Massen kann erfolgen durch Rechnung und durch Zeichnung.

1. Verteilung der Massen durch Rechnung. Dieses Verfahren war früher allgemein üblich und kann auf Grund der Spalten 23 und 24 der Tabelle I erfolgen. Es ist aber unübersichtlich, sehr mühsam, unsicher und zeitraubend, da es Probieren und häufiges Wiederholen erfordert, ohne die Gewähr zu bieten, daß man schließlich auch die wirklich günstigste Verteilung hat. Sicherer und sehr einfach ist die

2. Verteilung der Massen auf zeichnerischem Wege durch Anfertigung eines sogen. Verteilungsprofils. Um ein solches entwerfen zu können, muß man sich zuvor eine besondere Tabelle III anfertigen, wie sie in folgendem gegeben ist:

Tabelle III.

1	2	3	4	5	6
Station	Ganze Länge m	Auftrag cbm	Abtrag cbm	Ausgleichung cbm	Höhenzahl
2 + 0					600
2 + 08	8	—	250	— 250	350
2 + 25	25	—	160	— 160	190
2 + 47	47	20	75	— 55	135
2 + 65	65	125	40	+ 85	220
2 + 84	84	170	35	+ 135	355
3 + 01	101	68	18	+ 50	405
3 + 09	109	12	37	— 25	380
3 + 22	122	—	230	— 230	150
3 + 32	132	40	80	— 40	110
3 + 44	144	140	—	+ 140	250
3 + 54	154	55	—	+ 55	305
3 + 67	167	30	155	— 125	180
3 + 77	177	20	55	— 35	145
3 + 96	196	130	25	+ 105	250
4 + 55	255	677	102	+ 575	825
4 + 80	280	178	83	+ 95	920
4 + 94	294	25	185	— 160	760
5 + 07	307	31	201	— 170	590
5 + 28	328	184	64	+ 120	710
5 + 40	340	—	90	— 90	620
5 + 55	355	—	80	— 80	540
5 + 76	376	155	—	+ 155	695
5 + 90	390	—	40	— 40	655
5 + 99	399	—	85	— 85	570
6 + 15	415	65	—	+ 65	635
6 + 47	447	295	—	+ 295	930

Auch diese Tabelle ist unter Abzug derjenigen Massen aufzustellen, welche entweder unbrauchbar sind oder zu anderen Zwecken verwendet werden. Die bleibende Auflockerung ist gleichfalls in Rechnung zu ziehen. Es ist angenommen, daß alles dies oben gesehen ist.

In Spalte 1 sind die Stationen der Reihe nach angegeben, in denen Querprofile genommen sind, in der 2. Spalte die Längen vom Anfangspunkte des Verteilungsplanes, um die Anfertigung desselben zu erleichtern. In Spalte 3 und 4 sind die Massen des Auftrags und Abtrags zwischen je 2 Profilen unter Berücksichtigung des eben Gesagten eingetragen. Spalte 5 enthält den Querausgleich in Anschnittsprofilen, also den zur Verfügung stehenden Abtrag bzw. zu beschaffenden Auftrag. Man erhält diese Zahlen, indem man einfach die Zahlen in Spalte 3 und 4 von einander abzieht und den Auftrag mit +, den Abtrag mit — bezeichnet. In Spalte 6 endlich findet man die algebraische Summe aller vorausgehenden Ausgleichszahlen, deren Bedeutung sofort klar werden wird.

Will man nun den Verteilungsplan zeichnen, so trägt man zunächst auf einer wagerechten Linie (der Achse) die in Spalte 1 enthaltenen Stationen in einem beliebigen Maßstabe vom Anfangspunkte aus ab. Dies Verfahren ist genauer als das Aneinanderreihen. Auf Tafel II ist das Verfahren erläutert und dafür der Maßstab 1:2000 gewählt. Durch diese einzelnen Stationspunkte zieht man Senkrechte, auf denen man die Höhenzahlen der Spalte 6 ebenfalls nach einem beliebigen Maßstab (auf Tafel II ist 1 mm = 10 cbm) abträgt. Die so erhaltenen Endpunkte verbindet man durch gerade Linien. Es ist klar, daß an diesem Linienzug nichts geändert wird, wenn man die Achse parallel zu sich nach oben oder unten verschiebt. Deshalb kann man auch für den Ausgangspunkt eine ganz beliebige Höhenzahl wählen. Auf Tafel II ist als solche die Zahl 600 angenommen. Man beabsichtigt mit einer derartig großen Zahl, daß auch die tiefsten Punkte des Profils (z. B. 110 bei Station 3⁺³²) oberhalb der Achse zu liegen kommen. Die Lage der Achse an sich wäre zwar gleichgültig, doch ist es unbequem und kann zu Irrtümern Anlaß geben, wenn sie das Profil selbst durchschneidet.

Da die Höhenzahl so lange zunimmt, als der Auftrag den Abtrag überwiegt, und im entgegengesetzten Falle abnimmt, so ist auch leicht einzusehen, daß der Linienzug des Massenprofils so lange von links nach rechts steigt, als Auftragsmassen erforderlich sind, in derselben Richtung aber fällt, wenn Abtragsmassen verfügbar sind. Weiter gibt jede lotrechte Höhe zwischen 2 beliebigen Ordinaten unmittelbar die Masse an, welche an der betreffenden Stelle entweder fehlt oder verfügbar ist. Die fallenden Linien des Verteilungsprofils nennt man dem Gesagten zufolge Verbrauchslinien oder Verwendungslinien, die aufsteigenden dagegen Bezugslinien. Das Verteilungsprofil hat folgende Eigenschaften:

1. Je nachdem das Profil steigt oder fällt, entspricht ihm im Längenprofil ein Damm oder Einschnitt. Ist das Profil an einer Stelle wagerecht, so liegt die Gradiente im Gelände; es sind alsdann entweder gar keine Massen zu bewegen, oder die Massen gleichen sich in den Querprofilen selbst aus.
2. Jedem höchsten bzw. tiefsten Punkte des Verteilungsprofils entspricht im Längenprofil ein Übergang vom Auftrage in Abtrag bzw. ein solcher vom Abtrage in Auftrag.
3. Je steiler die Linie des Verteilungsprofils verläuft, desto mehr Massen sind zwischen 2 aufeinanderfolgenden Profilen vorhanden bzw. nötig und umgekehrt.
4. Jede durch das Verteilungsprofil gezogene Wagerechte teilt das Massenprofil in eine Anzahl von Buckeln und Satteln (Bergen und Tälern), innerhalb deren sich die Massen jedesmal

ausgleichen. Jede solche Wagerechte wird daher **Massengleiche** genannt, und jede zwischen ihr und der Profillinie eingeschlossene Erhebung oder Senkung bildet eine kleinere Transportabteilung für sich. In den Buckelabteilungen muß zu diesem Zwecke ein Rückwärtstransport, in den Sattelsektionen ein Vorwärtstransport stattfinden. In der Linie AA' der Tafel II ist eine Massengleiche gezeichnet.

Aus diesen Eigenschaften des Verteilungsprofils geht hervor, daß es eine Massengleiche geben muß, für welche die Herstellungskosten der Dämme und Einschnitte am geringsten werden. Zuvor muß jedoch noch erläutert werden, wie Seiten-Entnahmen und -Ablagerungen im

Profile in Erscheinung treten und in welcher Weise die Transportkosten zur Geltung gelangen.

Eine Seitenentnahme wird im Verteilungsprofile neben der betreffenden Verbrauchslinie, und zwar ebenfalls durch eine ansteigende Linie (die Entnahmelinie) dargestellt; der Abstand beider ist gleich der Transportweite zwischen Entnahme- und Verwendungsstelle. Ist die

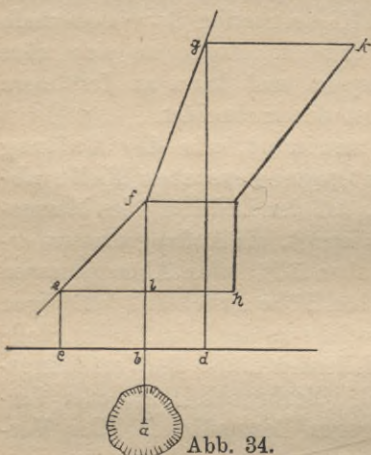


Abb. 34.

Entnahme parallel zur Achse des Verkehrsweges angelegt, so wird auch die Entnahmelinie parallel der Verbrauchslinie. Ist dies aber nicht der Fall, sondern erfolgt die Entnahme seitlich der Achse von einem Punkte a aus, von dem die Förderung in den Damm cd nur über den Punkt b erfolgen kann, so stellt für den zugehörigen Teil einer Verbrauchslinie efg die Linie hik die entsprechende Entnahmelinie dar (Abb. 34). Die Entfernungen zwischen Entnahme- und Verbrauchslinie sind auch hier gleich den Transportweiten, dementsprechend ergibt sich: $fi = ab$, $eh = ab + bc$ und $gk = ab + bd$. In gleicher Weise erfolgt die Darstellung einer Ablagerungslinie.

Bei Seiten-Entnahmen und -Ablagerungen verteilt man zweckmäßig die Kosten für den Grunderwerb gleich auf das Kubik-

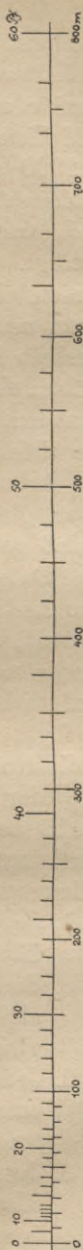


Abb. 35.

meter der zu bewegenden Masse, fügt sie dem Preise für die Erdarbeit (Lösen, Laden und Fördern) hinzu und trägt dann die Linien für Entnahme und Ablagerungen in solchen Transportentfernungen auf, welche diesen Kostensummen entsprechen. Infolgedessen hat man nur noch mit Transportkostenlängen zu rechnen, wie dies bei Abb. 34 geschehen ist.

Für die Erd- und Felstransporte, einschließlich Vorhalten der Geräte und aller Nebenkosten, kann die Preis-Tabelle (IV) zugrunde gelegt werden (Handb. der Ing.-Wiss., 1. Bd., 1. Abt., Kap. III).

Preis-Tabelle (Tabelle IV).

Transport- weite in <i>m</i>	Preis für 1 cbm gewachsenen Boden in <i>Pf.</i>	Transport- weite in <i>m</i>	Preis für 1 cbm gewachsenen Boden in <i>Pf.</i>	Transport- weite in <i>m</i>	Preis für 1 cbm gewachsenen Boden in <i>Pf.</i>
20	12	200	35	550	52
30	14	220	37	600	54
40	16	240	38	700	57
50	18	260	39	800	60
60	20	280	40	900	63
70	22	300	41	1000	66
80	23	320	42	1100	68
90	24	340	43	1200	70
100	25	360	44	1300	72
120	27	380	45	1400	74
140	29	400	46	1500	75
160	31	450	48	Für je 100 m mehr bis 5000 m Zu- lage . . .	1
180	33	500	50		

Bei Steigungen werden für jedes Meter, um welches die Massen gehoben werden müssen, pro cbm vergütet:

für Transportweiten bis 100 m	3 Pf.
„ „ von 100 bis 500 m	2 „
„ „ „ 500 „ 1000 m	1½ „
„ „ „ 1000 „ 1500 m	1 „
„ „ über 1500 m	½ „

Nach der Tabelle läßt sich nun leicht ein sogen. Transportkostenmaßstab anfertigen, wie dies in Abb. 35 geschehen ist.

Zur Bestimmung der Preise für das Lösen und Laden des Bodens kann nachstehende Tabelle V verwendet werden:

Preis-Tabelle (V)
(bei einem Lohnsatze von 20 Pf. pro Arbeitsstunde).

Bodenart:	Arbeitsaufwand pro cbm in Stunden	Kosten pro Kubikmeter der			Gesamtkosten abgerundet in Pf.
		Arbeitsleistung in Pf.	Geräte in Pf.	Sprengstoffe in Pf.	
1. Loser Sand, Dammerde etc.	0,5—1	10—20	—	—	15—25
2. Leichter Lehm, feiner Kies	1—1,6	20—32	5	—	25—40
3. Schwerer Lehm und Ton, Mergel, fester Kies.....	1,6—2,4	32—48	6	—	40—60
4. Trümmergestein, Gerölle, kleinbrüchiger Schiefer...	2,4—3,2	48—64	8	—	60—80
5. Felsen, noch mit Spitzhacke und Brecheisen lösbar....	3,2—4	64—80	10	—	80—100
6. Felsen, zu sprengen.....	3,5—6	70—120	10—15	15—30	100—170
7. Sehr fester, schwer schießbarer Felsen.....	6—8	120—160	15—20	30—50	170—250

Abb. 36.

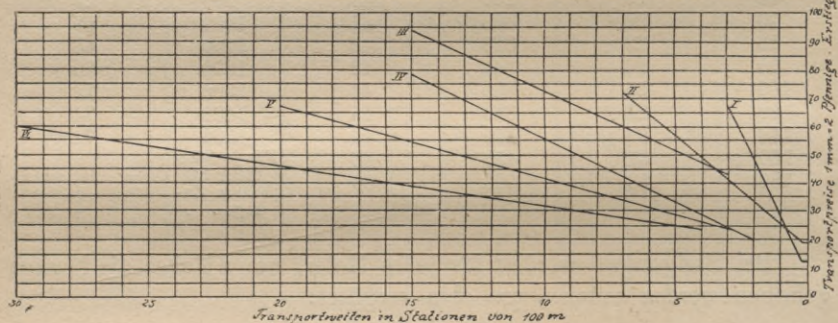
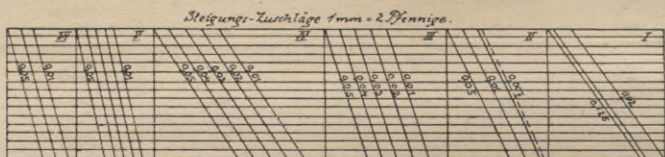


Abb. 37.

Bei hohen Transportgeräten muß das erschwerte Aufladen durch einen Zuschlag bei den Transportkosten in Rechnung gesetzt werden. Statt der Zahlentabellen kann man auch die graphischen Tabellen (nach Prof. Goering) anwenden, die in Abb. 36 und 37 gegeben sind. Die Preise können aus ihnen nach der Förderart getrennt entnommen werden, ebenso die Steigungszuschläge. Die verschiedenen Förderarten sind durch römische Ziffern bezeichnet, und es bedeutet:

- I Schiebkarrentransport,
- II Handkippkarrentransport,
- III Pferdekippkarrentransport,

IV Kippwagen auf Schienengleisen durch Menschen geschoben,

V " " " " Pferde gezogen,

VI " " Arbeitsbahnen von Lokomotiven gezogen.

Die einzelnen Förderarten sind weiter unten besprochen. Der Gebrauch der Tabellen ist sehr einfach.

Will man z. B. die Transportkosten für eine Weite von 250 m und Schiebkarrentransport ermitteln, so gehe man auf der untersten Linie vom Nullpunkte rechts nach links bis zur Mitte zwischen 2 und 3 (da je eine Station = 100 m), von da senkrecht nach oben bis zum Schnittpunkte mit der Linie I, von diesem aus endlich nach rechts, so liest man hier die Kosten = 57,5 Pf./cbm ab. Für Handkippkarren hätte man den Schnittpunkt mit II suchen müssen und gefunden 37,5 Pf. Handkippkarren sind also auf solche Weiten vorteilhafter als Schiebkarren. Sehr leicht ergeben sich auch die Zuschläge für Steigungen bei den einzelnen Förderarten aus der kleineren Tabelle. Die zu überwindenden Höhen sind senkrecht aufgetragen, die schrägen Linien geben die Steigung an (z. B. 1:100 = 0,01), ihre wagerechten Abstände von der Höhenachse den Steigungszuschlag (in der Tabelle 1 mm = 2 Pfennige).

Nunmehr kann zur Ermittlung der günstigsten Massengleiche geschritten werden. Legt man eine beliebige Massengleiche durch irgend ein Verteilungsprofil (Abb. 38), so würden die Transporte wie folgt stattfinden müssen:

1. von b nach a (Seitenablagerung),
2. " b " c ,
3. " d " c ,
4. " d " e ,
5. " f " e (Seitentnahme).

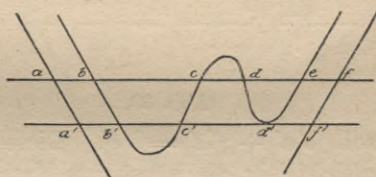


Abb. 38.

Verschiebt man nun die Massengleiche af um irgend ein Maß, z. B. 1 cbm, nach oben, so ist je 1 cbm Masse weniger auf die Entfernungen ba , dc und fe , dagegen je 1 cbm mehr auf die Entfernungen bc und de zu fördern, d. h. die Verschiebung ist gleichbedeutend mit der Verminderung der Linksförderungen auf die Längen der Sattel-sehnen und Vermehrung der Rechtsförderung auf die Längen der Buckelsehnen um je 1 cbm. Sind nun die der Verminderung entsprechenden Förderkosten größer als die Kosten für die Vermehrung, so tritt eine Ersparnis durch die Verschiebung der Massengleiche ein, die offenbar so lange fortgesetzt werden muß, bis die Erhöhung der Kosten einerseits und die Verminderung derselben nach der entgegengesetzten Richtung andererseits sich gegenseitig decken. Dies wird der Fall, wenn

$$ab + cd + ef = bc + de$$

wird, worin die Strecken die Transportkosten für die gleichlautenden Längen (einschl. Grunderwerb für Entnahme und Ablagerung, sowie Lösen des Bodens) bezeichnen. Die Kosten liest man am Transportmaßstabe ab, auf welchem die Transportweiten im Maßstabe des

Längenprofils aufzutragen sind. Nach dem Gesagten erhält man daher für die günstigste Massengleiche die Regel:

Die Massengleiche ist die günstigste, wenn die Transportkostensumme für die Sattelsehnen gleich ist der Transportkostensumme für die Buckelsehnen.

Für die Ermittlung dieser Massengleiche hat man also statt der Längen des Profils die diesen entsprechenden Transportkosten einzuführen. Es läßt sich jedoch nicht in allen Fällen die günstigste Lage der Massengleiche erreichen. Würde sich in Abb. 38 für die Massengleiche af z. B. ergeben, daß die Summe der Transportkosten für die Sattelsehnen größer wäre als die für die Buckelsehnen, so müßte man die Massengleiche herunterrücken. Dies könnte aber höchstens bis zu dem Punkte d' geschehen, und man müßte eine weitere Verschiebung aufgeben, auch wenn man das gewünschte Resultat noch nicht erreicht hätte. Eine solche Massengleiche wie $a'f'$ in Abb. 38 heißt

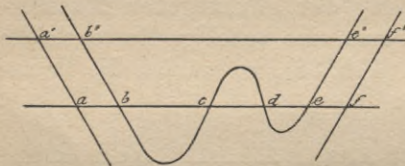


Abb. 39.

Grenzgleichliche. Würden umgekehrt die Transportkosten für die Buckelsehnen größer als für die Sattelsehnen, so müßte man (Abb. 39) af nach oben, wenn nötig, auch über c' hinaus verschieben bis zur Lage $a'f'$, für welche stattfinden

soll $b'a' + f'e' = b'e'$. Diese Grenzgleichliche wäre in diesem Falle gleichzeitig die günstigste Massengleiche, weil für sie die Transportkosten am kleinsten werden.

Will man nun, um das Verfahren an einem Beispiele zu erläutern, für das auf Tafel II aufgetragene Massenprofil die günstigste Massengleiche ermitteln, so geht man folgendermaßen vor. *)

Man zieht zunächst die Grenzgleichlichen gg , zwischen denen sich die Versuche zu bewegen haben. Man findet sie, indem man die äußersten Buckel- und Sattelsehnen zieht, welche das Profil noch auf beiden Seiten treffen. Die Anzahl der Grenzgleichlichen bestimmt gleichzeitig die Anzahl Längsförderungsabschnitte. Dabei kommt es öfters vor, daß eine solche Grenzgleichliche mehrere Buckel und Sättel überspannt (z. B. g^7 überspannt Einschnitt E_4 bis Damm D_6). Alsdann ist der Ausgleich über diese Buckel und Sättel hinweg billiger als Ablagerung und Entnahme hinter und vor ihnen. Im Bereiche einer solchen Grenzgleichliche wie g^7 liegen aber noch mehrere Grenzgleichlichen

*) Dabei ist die für die Wirklichkeit nie zutreffende Annahme gemacht, daß der Preis in Pfennigen für 1 cbm stets durch die Hälfte der Sehnenlängen dargestellt ist, während man in Wirklichkeit mit dem Transportkostenmaßstab arbeiten muß. Hier aber sollte lediglich größere Deutlichkeit und Einfachheit der Erklärung erzielt werden.

zweiter Ordnung, wie g_a^7 bis g_e^7 . Diese ergeben in unserem Falle für die Förderung 5 Unterabschnitte (VII $a—e$), deren Ausgleiche vor dem großen Ausgleiche zwischen Einschnitt E_4 und Damm D_6 auszuführen sind.

Hierauf zeichnet man für jeden Einschnitt und für jeden Damm für sich mit ausschließlicher Rücksicht auf die benachbarten Teile des Massenprofils die günstigste Massengleiche. Es sind dies die Linien aaa und vvv , die man Anfuhrlinien bezw. Verteilungslinien nennt und deren Buckel- und Sattelsehnen einander gleich sein müssen. Durch diese Linien erhält man Aufschluß darüber, wo sich Entnahmen und Ablagerungen nötig machen können. So läßt die Anfuhrlinie a_1 einen großen Teil des Einschnittes E zur Ausführung des Dammes D_1 unverwendet, so daß hier höchstwahrscheinlich eine Ablagerung stattfinden muß. Diese ist, unter der Voraussetzung, daß sie parallel zur Achse des Verkehrsweges stattfindet, durch eine dem Einschnitte E_1 parallele Linie dargestellt, deren Entfernung vom Massenprofil gleich dem Einheitspreise der Entnahme aufzutragen ist. Von dem Einschnitte E_2 bleibt durch die Anfuhrlinien a_1 und a_2 ein kleiner Teil $a_1 a_2$ unverwendet, so daß hier gleichfalls Ablagerung in Frage kommen könnte, obschon es bei der geringen Masse unwahrscheinlich ist. Einschnitt E_3 deckt zum Teil den Damm D_2 durch a_2 , der Rest von D_2 wird durch E_2 gedeckt; der sonst noch zur Verfügung stehende Teil des Einschnittes E_3 findet sicher zur Ausführung des großen Dammes D_3 Verwendung. Die gleichen Betrachtungen ergeben sich für die übrigen Anfuhrlinien a_3 und a_4 .

Die Verteilungslinien wiederum zeigen, ob sich etwa Entnahmen notwendig machen. Betrachten wir zunächst $v_1 v_1 v_1$, so sehen wir, daß D_1 aus dem Einschnitte E_1 zweifellos gedeckt wird, soweit dies nicht auch durch E_2 geschieht. Durch die Verteilungslinien v_1 und v_2 wird ein beträchtlicher Teil des Dammes, wie auch an dem doppelt schraffierten Teile der Sonderzeichnung des Längenprofils deutlich zu erkennen ist, doppelt gedeckt, es ist also hier Boden noch verfügbar, eine Entnahme mithin ausgeschlossen. Für E_4 gibt es keine durchaus günstigste Verteilungslinie. Denn wenn man sie über den Buckel $D_4 E_5$ legt, so wird die Sattelsehne $E_4—D_6$ zu groß, und legt man sie unter ihn, so wird wieder $E_4—D_4$ zu klein (s. die punktierten Sehnen); die annähernd günstigste Verteilungslinie wäre hier daher die Verlängerung der Grenzgleiche g_a^7 . Sie und v_2 lassen aber den Damm D_3 zum größten Teile ungedeckt, es muß hier also unbedingt eine Entnahme stattfinden. Letztere ist wieder unter der gleichen Annahme, wie vorher für die Ablagerung E_1 , parallel zum Profil in einem dem Einheitspreise der Entnahme entsprechenden Abstände

vom Profil gezeichnet. Durch g_a^7 und v_3 wird der Damm D_4 teilweise doppelt gedeckt; es ist also auch hier eine Entnahme ausgeschlossen, vielmehr ist Boden verfügbar.

Über die möglichen Ausgleichs über die Buckel und Sättel hinweg ist folgendes zu sagen: Eine Deckung des Dammes D_3 aus dem Einschnitte E_1 könnte stattfinden, wenn diese Längsförderung billiger würde als die Ablagerung für E_1 und die Entnahme für D_3 , was sichtlich nicht der Fall ist und sich bei Ermittlung der günstigsten Massengleiche AA' bestätigen wird. Für den Ausgleich $D_6 - E_4$ ist dicht über dem Buckel $D_4 E_5$ Längsförderung das billigere.

Es bilden sich nun also 2 Ausgleichsstrecken zwischen der Ablagerung E_1 und den Entnahmen für D_3 und D_6 , für die nun die günstigsten Massengleichen nach den gegebenen Regeln bestimmt werden können. Als solche ergibt sich für den Einschnitt E_1 bis Damm D_3 die Linie AA' , da für sie nach der gemachten Transportkostenannahme die halben Buckelsehnen + Preis für die Ablagerung bei E_1 + Preis für die Entnahme zu D_3 gleich sind den halben Sattelsehnen. AA' findet man natürlich durch Probieren. Als zweite günstigste Massengleiche zwischen dem Damme D_3 und dem Damme D_6 findet man BB' , für welche die halbe Buckelsehne + Preis für die Entnahme zu D_6 gleich ist der halben Sattelsehne. Da aber BB' mehrere Buckel und Sättel überspannt, so muß man unter ihr eine Massengleiche 2. Ordnung ermitteln, als welche sich CC' ergibt. Diese Linie, die von E_4 bis D_6 reicht, legt die Abschnitte VII $a - e$ fest, die erst ausgeführt werden müssen, ehe man den Ausgleich zwischen E_4 und D_6 beginnen kann.

Überträgt man nun die Schnittpunkte der günstigsten Massengleiche AA' , BB' und CC' in das Längenprofil, so werden die Einschnitte und Dämme desselben in einzelne Abschnitte zerlegt, aus deren gleichmäßiger Schraffur man erkennen kann, welche Damm-massen durch entsprechende Einschnittsmassen gedeckt werden. Die weiß bleibenden Teile des Längenprofils dagegen geben diejenigen Einschnitts- und Damm-massen an, welche abgelagert bzw. seitlich entnommen werden müssen.

Durch die Linien AA' , BB' , CC' werden endlich auch im Massenprofil diese Entnahmen bzw. Ablagerungen begrenzt; sie sind auf Tafel II schraffiert.

Anstatt vor Auftragung des Massenprofils die Tabelle III aufzustellen, hätte man auch zeichnerisch mit Hilfe des früher beschriebenen Flächenprofils verfahren können, indem man die dadurch gewonnenen Massenlängen graphisch summierte und die Endpunkte der so erhaltenen Ordinaten miteinander verband. Auf Grund des Flächen-

profils der Tafel I möge als Übungsaufgabe das Massenprofil und die günstigste Massenverteilung ermittelt werden.

Es bleibt nun nur noch einiges über die Ermittlung der gesamten Förderkosten zu sagen, die nunmehr auch ohne weiteres vorgenommen werden kann. Zu diesem Zwecke lege man in jedem Abschnitte für Längsförderung und Querförderung, bzw. in jeder Entnahme und Ablagerung den Schwerpunkt fest für Auftrag wie für Abtrag. Die wagerechte Entfernung beider Schwerpunkte gibt bei Längsförderung die Förderweite, der Höhenunterschied der Schnittpunkte der Schwerpunktsordinaten mit dem Planum die Höhe, und das Planum selbst die Steigung für den Steigungszuschlag für alle cbm des Abschnittes. Die Berechnung kann alsdann auf Grund folgender, dem Handb. der Bauk. Abt. III entnommenen Tabelle VI vorgenommen werden.

Tabelle VI.

Nr. des Abschnitts	Station		Masse des Abschnittes cbm	Schwerpunkts- Abstand-Stationen	Förderart	Förderpreis für 1 cbm Pf.	Steigung s	Erstiegene Höhe m	Steigungszu- schlag für 1 cbm Pf.	Gesamtpreis für 1 cbm Pf.	Förderkosten d. l. $\frac{1}{100}$ M.	Bemerkungen
	von	bis										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Die Förderweiten kann man statt der umständlichen Schwerpunktsermittlungen hinreichend genau auch so bestimmen, daß man in der auf Tafel II angegebenen Weise den Vertikalabstand jedes Buckels und Sattels der Profillinie von der zugehörigen günstigsten Massengleiche halbiert, durch diesen Mittelpunkt eine Wagerechte bis zum Schnittpunkte mit der Profillinie zieht und diese Schnittpunkte in das Längenprofil überträgt. Ihr wagerechter Abstand gibt die Förderweite an.

3. Anwendung der zeichnerischen Massenverteilung. Das eben beschriebene Verfahren wird vorwiegend bei Eisenbahn- und Straßenbauten angewendet. Sein Erfinder ist der bayerische Ingenieur Bruckner; andere, vor allem Launhardt, haben es weiter ausgebaut. Auch bei Erdarbeiten für Kanäle und Deiche kann man es verwerten; doch kommen hierbei für die Verteilung vorwiegend Querausgleich

und Seitenentnahme und Ablagerung in Betracht. Denn bei Dämmen für Deiche werden die Massen meist im Vorlande dem Deiche entlang entnommen, während man bei Kanalbauten Dämme nach Möglichkeit vermeidet, da sie sich nur sehr schwer dicht herstellen lassen. Es werden daher bei letzteren diejenigen Einschnittsmassen, die nicht für Leinpfade und Rampen Verwendung finden, meist seitlich abgelagert.

g) Grunderwerb.

Die Aufnahme und Anfertigung der Grunderwerbskarten ist Sache der Vermessungskunde. Es sollen hier nur einige kurze Bemerkungen zur Berechnung der zu erwerbenden Flächen und zur Aufstellung der Grunderwerbsregister gemacht werden.

1. Berechnung der zu erwerbenden Flächen. Bevor man mit der Berechnung beginnt, hat man die einzelnen Eigentums- und Katasterparzellen, sowie die öffentlichen Wege, Bäche, Gräben etc., die für den Grunderwerb in Frage kommen können, nach Gemeinden getrennt in der Richtung der Stationierung mit fortlaufenden Nummern zu versehen. Diese Numerierung wird mit blauen Zahlen in die Karten eingetragen und ist für jede Gemarkung von neuem zu beginnen, wobei die Nummern der zu einem Eigentum gehörenden Parzellen möglichst unmittelbar aufeinanderfolgen sollen.

Hierauf werden von jeder so numerierten Parzelle unter Trennung der einzelnen Kulturarten folgende Teile für sich berechnet:

1. das zum Straßen- oder Bahnkörper Erforderliche,
2. das zu Nebenanlagen, Schutzstreifen etc. Erforderliche,
3. sämtliche übrigbleibenden Trennstücke, ohne Rücksicht auf ihre Größe, nach ihrer Lage links oder rechts der Achse gesondert,

4. das ganze Stück (zur Vergleichung mit der Summe der Teile). Die Berechnung erfolgt entweder an der Hand der auf dem Felde gemessenen Originalzahlen oder auf der Karte durch Zerlegung oder Verwandlung in Vierecke und Dreiecke. Bei sehr unregelmäßig gestalteten Figuren kann man auch das Planimeter verwenden.

Die Einzelberechnungen müssen stets zweimal, und zwar unabhängig voneinander, ausgeführt werden; ihre Ergebnisse sind in getrennte Hefte einzutragen. Erst nach Abschluß der Einzelberechnungen für eine Gemarkung werden die Ergebnisse aus dem einen Heft in das andere übertragen und aus beiden dann das Endergebnis ermittelt. Für die Berechnung kann nachstehende Tabelle VII verwendet werden, die dem Handb. der Ing.-Wiss. I, 1 Kap. I entnommen ist:

Tabelle VII.

Nr. der Grund- erwerbskarte	Liegt zwischen den Stationen		Kataster- Bezeichnung.		Kulturart	Die Flächen finden Ver- wendung als	1. Berechnung (2. Berechnung)	Flächeninhalt nach der 1ten 2ten (2ten) (1ten) Berechnung			Mittel aus den Berech- nungen			Festgestellter in das Grund- erwerbsver- zeichnis zu übertragen- der Inhalt			Bemer- kungen		
	von	bis	Flur (Blatt)	Par- zelle				a	ab	a	ab	a	ab	ha	a	ab			
21	116	116,5	6	262	Ackerland	Planum	$\frac{46,3 \times 25,7}{2}$	a	5	95	a	5	93	ha	—	a	5	93	nach der Zeichnung
						Rampe	$\frac{29,2 \times 1,9}{2}$	ab	0	28	a	0	27	—	—	—	0	27	
						Aus- schachtung	$\frac{26,7 \times 10,5}{2}$	ab	1	40	a	1	38	—	—	—	1	39	
					Garten	Planum	$\frac{20,2 \times 14,4}{2}$	a	1	45	a	1	46	—	—	—	1	45	
					Ackerland u. Garten	im ganzen	$\frac{54,1 \times 33,7}{2}$	ab	9	08	a	9	17	—	—	—	9	15	
			6	262				a	9	12	a	9	15	—	—	—	9	15	

Tabelle VIII.

Laufende Nummer	Nr. der Parzellarkarte von Nr. Liegt zwischen bis Nr. den Stationen	Der Grund- eigentümer		Kulturart	Größe der zu erwerbenden Flächen												
		Namen	Wohn- ort		a	qm	a	qm	a	qm	a	qm	a	qm	a	qm	im ganzen

Unter Bemerkungen trägt man zweckmäßig ein, ob nach Zeichnung oder nach Originalzahlen gerechnet ist. Hat man die Ergebnisse aus Karten erhalten, die i. M. 1:1000 bis 1:1250 aufgetragen sind, so sind folgende Fehler zulässig:

bei einer Grundstücksgröße von			
0 bis 50 qm	bis zu $\frac{1}{50}$	300 bis 600 qm	bis zu $\frac{1}{200}$
50 " 100 "	" " $\frac{1}{100}$	600 " 1000 "	" " $\frac{1}{500}$
100 " 300 "	" " $\frac{1}{300}$	1000 " 2000 "	" " $\frac{1}{300}$

auf je weitere 1000 qm etwa 2 qm mehr.

Bei Berechnung nach Karten in kleinerem Maßstabe (etwa bis 1:2500) sind Fehler bis etwa $\frac{1}{200}$ gestattet. Bei Rechnung nach Originalzahlen dagegen wird eine wesentlich genauere Übereinstimmung verlangt.

Häufig werden die berechneten Inhalte der vorläufig zu erwerbenden Flächen um $\frac{1}{2}$ bis 1 % vermindert, um dadurch Rückforderungen nach erfolgter Schlußvermessung vorzubeugen. Durch letztere kann sich nämlich herausstellen, daß die erworbene Fläche und damit auch die für sie bereits gezahlte Entschädigung zu groß berechnet war. Die Erfahrung lehrt aber, daß die Eigentümer jeder Rückzahlung auf das heftigste widerstreben und dazu häufig erst gezwungen werden müssen. Daher diese Maßregel.

2. Aufstellung der Grunderwerbsregister. Dieselben sind ebenso wie die Parzellarkarten für jede Gemeinde in besonderen Heften aufzustellen und abzuschließen. Sie enthalten sämtliche Grundstücke, öffentliche Wege, Bäche etc., welche ganz oder teilweise zur Bahn

Tabelle VIII.

Seitliche Rest- flächen			Beschreibung des ganzen Grundstückes nach dem Kataster										Datum der Inbesitz- nahme	Be- merkungen
rechts	links		Flurabteilung, Gewanne etc.	Nr. der Parzelle	Artikel der Mutterrolle	Größe			Kulturart	Klasse	Rein- ertrag M.			
	ha	a				qm	ha	a				qm		

oder deren Nebenanlagen erforderlich sind, und zwar mit den Nummern, mit denen sie in den Parzellarkarten versehen sind.

Ein solches Grunderwerbsregister kann nach Tabelle VIII eingerichtet werden. Dabei ist zu beachten, daß auf je einer Seite des Verzeichnisses nicht zu viel Parzellen aufgeführt werden, und daß nach jeder Position mehrere Linien unbeschrieben bleiben, damit man spätere Ergänzungen und Nachträge vornehmen kann.

Weist eine Parzelle verschiedene Kulturarten auf, die auf die zu erwerbende Fläche entfallen, so ist dies im Register getrennt aufzuführen. Jede Seite des Verzeichnisses ist für sich abzuschließen und zu summieren, am Schlusse des Verzeichnisses ist eine Zusammenstellung der einzelnen Seiteninhalte zu geben und aus letzteren dann die Gesamtsumme für die betreffende Gemeinde zu ziehen.

B. Ausführung der Erdarbeiten.

I. Lösen des Bodens.

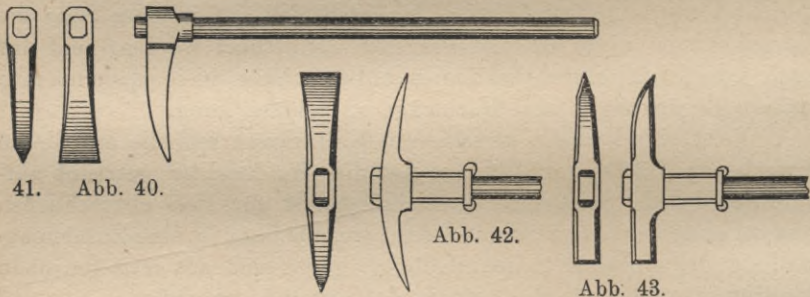
a) Arten der Bodenlösung und deren Kosten.

Die Geräte, welche zur Bodenlösung verwendet werden, sind je nach der Beschaffenheit des Bodens sehr verschieden.

1. Schwimmender Boden, reiner Sand und Kies, feines Gerölle, für die eine eigentliche Lösung nicht stattfinden muß, werden mit der Schaufel oder Schippe verladen.

2. Milder Boden (Stichboden) wird mit dem unten spitzbogenförmig zulaufenden Spaten gelöst und mit der Schaufel verladen. Der Spaten faßt weniger Boden als die Schaufel. Die hierher gehörenden Bodenarten sind: Gartenerde, festes Moor, Torf, reiner feuchter Lehm, sandiger Ton, Klai.

3. Weicher Boden mit großem Zusammenhalte, wie reiner Letten und Ton, wird mit der Plathacke (Lettenhaue, Blatthaue) (Abb. 40), die zweihändig geschwungen wird, gelöst.



4. Die den Übergang zum Felsen bildenden Bodenarten, wie Trümmergestein, Gerölle, verwittertes Tagestein, löst man mit der Spitzhacke (Abb. 41), größere Stücke mit der Kreuzhacke (Abb. 42) oder Keilhacke (Abb. 43), letztere auch in Verbindung mit Brecheisen. Das Eisen muß an eichenem Stiel gut befestigt sein, da bei vielen Bodenarten, wie z. B. bei zerklüftetem Gestein, die Hacke zum Aufbrechen als Hebel benutzt wird.

5. Fels in Bänken von nicht zu großer Mächtigkeit kann mit Spitzhacke und Brecheisen in einzelnen Platten abgehoben werden, oder durch Unterkeilung der Lager gelöst werden. Kann man das Brecheisen nicht ohne weiteres in die Füllung der Lager einbringen, so räumt man die weicheren Schichten oder Lager

zunächst mit einer 0,6 m langen zugespitzten oder zugeschärften Eisenstange dem sog. Schrämmspieße auf, welche man, wenn nötig, mit einem eisernen Schlägel, dem Schrämmhammer, nachtreibt. Hierauf werden die freien Felsbänke mit dem Brecheisen abgehoben.

Eine weitere Art der Felslösung ist die mit Schlägel (Fäustel) und Eisen. Ersterer ist ein einhändiger kurzer Hammer mit 2 verstärkten Bahnen, das Eisen ein grober, keilartiger, unten scharfer, häufig spitzer Meißel, der mit der linken Hand schräg von rechts geführt und mit dem Schlägel getrieben wird.

Die Hereintreibearbeit mittels Stahlkeilen und Treibfäustel geschieht, indem man Keile in langen Reihen ansetzt, diese mit dem Fäustel nachtreibt und so allmählich größere Stücke von den Bänken abspaltet, die dann mit Keil oder Brecheisen aufgebrochen werden. Im Winter kann man zum Losbrechen auch gefrierendes Wasser verwenden.

6. Felsarten in geschlossenen Bänken und Massengesteine löst man durch Sprengen, Schießen mit Pulver oder anderen Sprengstoffen. Diese Art der Lösung soll hier jedoch nur soweit besprochen werden, als sie für die eigentliche Erdarbeit, nämlich die Herstellung von Felseinschnitten, in Betracht kommt. Dabei handelt es sich um Bohren und Sprengen mit Handbetrieb.

Als Werkzeuge hierfür werden gebraucht: Der Bohrer, aus Stahl, oder verstärkt, ein Kronenbohrer oder Kreuzbohrer, dessen Schneide einen Winkel von 30° bis 70° je nach Härte des Gesteins erhält. Er ist 1,0 bis 3,0 m lang. Oben erhält er zweckmäßig einen Ring gegen Aufspalten unter den Schlägen des Bohrfäustels, eines Hammers mit zwei stumpfen Bahnen. Letzterer wird von einem Manne gehandhabt, wenn er bis 4,5 kg Gewicht hat, bis 7,5 kg von 2 Mann, bis 10 kg von 3 Mann. Nach jedem Schlage wird der Bohrer etwas gedreht und dem Bohrloche Wasser zugeführt. Der Bohrschlamm wird nach einer Reihe von Schlägen (Schauer) mit dem Krätzer, Raumlöffel, entfernt. Der Krätzer ist eine dünne mit einem flachen, kreisrunden Löffel versehene Eisenstange; das andere Ende ist umgebogen, damit man einen Wischlappen zum Austrocknen und Reinigen des fertigen Loches anbringen kann. In letzteres wird nun die Patrone mit der Sprengladung in einer Blechkapsel oder wasserdicht getränkter und gestrichener Pappe, bei Dynamit mit Zündpille eingesetzt und hierauf



Abb. 44. Zündpatrone

mit dem Besatze (Sand, Lehm, weicher Ton) bedeckt (Abb. 44). Dieser wird mit dem Ladestock, einem runden Holz mit Längsrolle

für die Zündschnur oder den Draht (für elektrische Zündung), erst lose und dann nach oben immer fester eingestampft.

Die Bohrlöcher, die möglichst in unzerklüftetem Gestein sitzen sollen, werden in schräger Richtung (Abb. 44) eingetrieben, sind



Abb. 44 a.

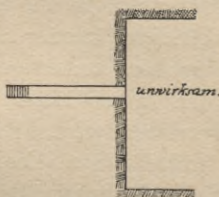


Abb. 44 b.

völlig gerade und rund und erhalten in zähem Gestein 25 bis 30 cm Tiefe und 2,5 bis 3,5 cm Weite, in grobklüftigem, wenig zähem Gestein eine Tiefe von 30 bis 40 cm und 2 bis 3 cm Weite, in festem Gestein eine Tiefe von 40 bis 60 cm und eine Weite von

1,6 bis 2 cm. Die Pulverladung füllt etwa $\frac{1}{3}$ bis höchstens 0,45 der Tiefe des Loches, Dynamit erheblich weniger. Um die Wirkung zu erhöhen, soll eine größere Anzahl von in einer Reihe gesetzten Sprenglöchern möglichst gleichzeitig abgefeuert werden, weshalb bei größeren Arbeiten die elektrische Zündung der Verwendung der Zündschnur vorzuziehen ist, die auch weniger Gefahren für die Arbeiter birgt.

In der Regel ist es notwendig, die gesprengten Massen durch weitere Bearbeitung, unter Umständen durch kleinere Schüsse zu zerkleinern, um sie für das Laden und Fördern geeigneter zu machen.

7. Bei den unter 3 und 4 aufgeführten Bodenarten ist eine weitere vorteilhafte Lösungsart das Abkeilen. Eine möglichst steile Wand (unvorhergesehenes Abstürzen muß jedoch ausgeschlossen sein) wird hergestellt und in Entfernungen von 2 bis 5 m mit lotrechten Schlitzsen von 1 bis 1,5 m Tiefe versehen. Auf dem oberen Rande der Wand werden hierauf eisenbeschlagene Holzkeile aus etwa 25 cm starken Stammabschnitten eingetrieben. Dieses Eintreiben muß möglichst gleichzeitig geschehen. In der Keilreihe, deren Abstand vom Rande der Wand ebenfalls 1 bis 1,5 m beträgt, bildet sich dann ein Riß, bis die Wand schließlich abstürzt. Nun beginnt die Arbeit von neuem.

Alle Lösungsarbeiten bringen Gefahren für die Arbeiter mit sich, müssen also mit großer Vorsicht ausgeführt werden. Steile Wände zu unterschneiden, muß vermieden werden, obwohl dieses Verfahren sehr ergiebig ist. Aber man kann den Augenblick des Absturzes nie voraussehen, weshalb Unglücksfälle bei diesem Verfahren unvermeidlich sind. Die Höhe steiler Wände darf nie bis zur Einsturzhöhe gesteigert werden, zumal sie oft durch Zutritt von Wasser (bei Regen) wesentlich herabgemindert wird. Selbst in festem Boden, abgesehen von ganz festem Fels, soll sie nicht über 4 m betragen, bei vielen Bodenarten erheblich weniger.

Zum Lösen gewaltiger Bodenmassen, wie sie bei großartigen Erdarbeiten der neueren Zeit, z. B. bei großen Kanal- und Dockbauten, vorkommen, genügen die vorstehend beschriebenen Bodenlösungen nicht, auch nicht bei Verwendung großer Arbeitermassen. Man verwendet bei solchen Bauten daher

8. Grabmaschinen, von denen es 3 Arten gibt: Greifer, Schaufelgräber und Kettengräber.

1. Greifer eignen sich besonders für tiefe, enge Arbeitsstellen, wie Baugruben, Kiesgruben, und namentlich für Arbeit unter Wasser. Sie besitzen ein Gefäß mit beweglichen Teilen, das den Boden klauenartig faßt, nachdem es mittels eines Krahnens lotrecht niedergelassen ist. Über das Fördergefäß (Schute oder Prahm) nach der Füllung zurückgehoben, wird es wieder geöffnet und entleert. Kleine Massen, aber geringe Raumbeanspruchung.

2. Schaufelgräber haben ein Gefäß mit starker verstärkter Schneide und beweglicher Bodenklappe zum Entleeren; dasselbe ist an einem starken Schaufelstiel befestigt, wird gegen die abzuarbeitende Wand gedrückt und durch einen Krahn gehoben, so daß es die Erdwand im Bogen anschneidet. Hierauf wird es durch Drehung des Krahnens über das Fördergefäß bewegt und durch Lösung der Bodenklappe entleert. Der Angriff der Wand erfolgt von unten, die Maschine arbeitet daher auch bei unebenem Gelände erfolgreich, hat derbe Bauart, ohne zu schwer zu sein, ist deshalb auch für solchen Boden brauchbar, der große Kraft für den Angriff braucht (fester Ton mit Gerölle). Einstürze der Wand werden der Maschine nicht gefährlich, da nur deren kräftige Teile (vor allem die Schaufel) davon getroffen werden; sie bedarf wenig Raum, besitzt aber unterbrochenen Arbeitsgang, da sie ihrer Bauart wegen immer nur in längeren Zwischenräumen Boden lösen kann. (Zeit für Entleeren!) Nachtarbeit ist selbst bei günstigen Verhältnissen nur bei bester Beleuchtung möglich. Der Wandanschnitt kann nie geradlinig gestaltet werden, ist stets unten flach, oben steil; deshalb sind Nacharbeiten erforderlich, die in langen schmalen Einschnitten sehr bedeutend werden.

Das Schaufelgefäß hat 0,50 bis 0,75 cbm Inhalt für schweren Boden, etwa 1 cbm für mittleren und 1,2 bis 1,5 cbm für leichten Boden. Die Bedienung erfordert bei 10 Pferdekräften 9 bis 16 Mann und 1 bis 2 Pferde, auf der Maschine selbst ist ein Heizer und ein Führer nötig. Die Leistung beträgt bei 10 PS. etwa 600 Füllungen, d. i. je nach der Bodenart 250 bis höchstens 1350 cbm, selten mehr als 900 cbm, in 10 Arbeitsstunden.

3. Kettengräber, Trockenbagger, Exkavatoren sind in Deutschland zahlreich in Verwendung. (Abb. 45.) Eine Dampfmaschine treibt eine Kette ohne Ende, an welcher die Schaufelgefäße (Eimer) befestigt

sind. Die Eimerleiter kann durch einen Krahnusleger gehoben und gesenkt werden, so daß die Maschine in verschiedenen Höhen arbeiten kann. Der Angriff erfolgt je nach der Bauart von oben nach unten (Abb. 45) oder umgekehrt (Abb. 45 a), also gegen den Berg; letzteres

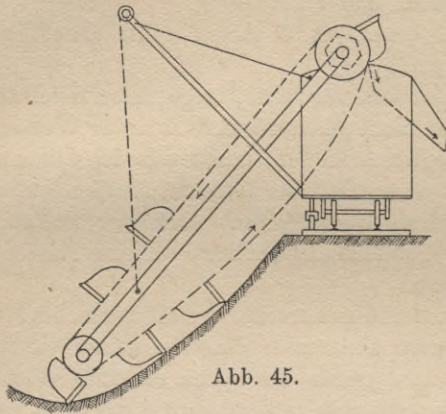


Abb. 45.

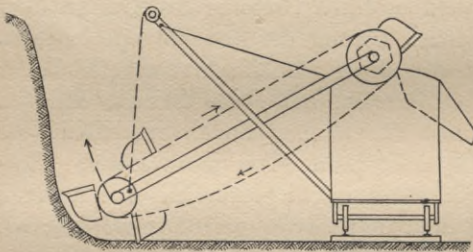


Abb. 45 a.

sehr selten. Ein Wagenzug von etwa 30 Fördergefäßen von je 3 cbm Fassungsvermögen steht neben oder unter der Maschine, und der Gräber bewegt sich selbsttätig über dem Zuge hin. Die Bauart ist nicht so derb wie die der Schaufelgräber. Für zerkleinerten Fels, Gerölle, Boden mit eingemengten Geröllstücken sind die Eimer nicht stark genug, dagegen eignet sich die Maschine für gleichmäßige Bodenarten vortrefflich. Das Raumbedürfnis ist wegen der weit ausladenden Leiter groß, dagegen bietet aber die Maschine ununterbrochenen Arbeitsgang und kann auch Nachts bei geringer Beleuchtung für den Zugdienst mit

wenigen Petroleumlampen Verwendung finden. Der Wandanschnitt kann fast geradlinig erfolgen.


Die Eimer fassen je 0,2 bis 0,25 cbm für Arbeit nach unten und 0,18 bis 0,20 cbm für Arbeit gegen den Berg. Die Maschine hat etwa 20—30 Pferdekkräfte und liefert bei 18 Eimerfüllungen in der Minute etwa 200 cbm in der Stunde (Lösen und Entladen); sie bedarf je nach Größe 3 bis 5 Mann zur Bedienung, doch sind weitere 8—16 Mann zur Gleisverschiebung erforderlich, die aber andere Nebenarbeiten, wie das Laden der geringen neben die Wagen gefallenen Bodenmassen und dergl. besorgen können. Bei großen Arbeiten selbst in schwerem Boden, aber mit gleichmäßigem Gefüge sind die Kettengräber den Schaufelgräbern weit überlegen, letztere dagegen bei der Aufschlitzung enger Einschnitte von bedeutender und stark wechselnder Tiefe in ungleicher Bodenart und stark welligem Gelände zu empfehlen.

b) Arten der Bodenförderung.

Die Bodenförderung erfolgt durch Werfen oder in besonderen Gefäßen: Schiebkarren und Kippwagen.

1. Werfen mit der Schaufel ist der Anfang jeder Erdarbeit und kommt außerdem beim Querausgleich, sowie in schmalen Baugruben, bei der Kanalisation, der Anlegung von Gräben vor. Die Wurfhöhe ist 2 bis 3 m, die Wurfweite bis 3 m.

2. Schiebkarrentransport. Der Fassungsraum ist 0,05 bis 0,07 cbm. 15 Karren enthalten 1 cbm gewachsenen Boden. Zu jeder Karre gehört 1 Mann. Die Karre ist aus Holz oder Blech. Der Schwerpunkt der beladenen Karre soll möglichst nahe am Rade liegen, so daß etwa $\frac{3}{4}$ der Ladung auf dieses entfallen. Die Fahrbahn besteht aus Bohlen (Kiefern oder Buchenholz) von 3×20 cm, besser 5×25 cm Abmessung, die an den Enden mit Eisen beschlagen sind. An den Stößen befindet sich eine Brettunterlage, damit einseitiges Aufklappen und Nachgeben der Bohlen vermieden wird. Geschwindigkeit der Fahrt etwa 60 m in 1 Minute. Sie erfolgt in Rotten von 10 bis 25 Mann geschlossen. Sollen 2 oder mehrere Kolonnen arbeiten, so legt man Wechselbahnen an. Die Ausweichstellen müssen etwa 30 m lang sein. Der Schiebkarrentransport ist bis zu einer Transportweite von 80 bis 100 m vorteilhaft, wenn die Breite ausreicht. Am Anfange jeder Ausschachtung ist er kaum zu umgehen.

3. Handkippkarren. Fassungsraum 0,2 bis 0,5 cbm gewachsener Boden, für 2 männige Karren meist 0,3 cbm; Fahrgeschwindigkeit durchschnittlich 70 m in 1 Minute. Der Raddurchmesser der 2 männigen Karre ist 1 bis 1,1 m. Sie hat eine Deichsel mit Querholz für die Schieber. Die Achse ist so angebracht, daß die Karre nach hinten überschlägt, wenn man sie an der Deichsel etwas über das gewöhnliche Maß hebt. Die Bahn besteht aus Bohlen von 8×25 cm Querschnitt mit Eisenbändern und Querschwellen an den Stößen; Spurleisten auf die Innenkante zu nageln empfiehlt sich nicht. Neuerdings verwendet man häufig  Eisen oder flachgelegte alte Eisenbahnschienen. Für die Rückfahrt bei einigermaßen festem Boden keine Bahn.

Die Karren fahren nicht in Rotten, sondern einzeln, so daß fleißige Arbeiter bei diesem Transport mehr verdienen als bei 2. An der Entladestelle befindet sich eine Kippribsche, die vorne mit Leiste versehen ist, um das Abstürzen der Karre zu verhüten. Auf der Kippstelle sind 1—3 Mann nötig, um diese in Ordnung zu halten und die Hinterwand von dem zu entladenden Karren zu entfernen. Die Förderweite geht bis zu 600 m, ist aber nur bis 400 m vorteilhaft, da darüber hinaus die Anstrengung für die Arbeiter schon zu groß

wird. Diese Förderart empfiehlt sich bei nicht erheblichen Bodenmassen, bei denen sich die Anschaffung kostspieligerer Geräte nicht verlohnt, oder wo die Geländebeziehungen Gleisbetrieb ausschließen. Die größte Steigung soll für 2 Arbeiter nicht mehr als 1% betragen, darüber hinaus sind 3 Arbeiter erforderlich, von denen 2 ziehen, der 3. schiebt.

4. Pferde-Kippkarren. Die Karren unterscheiden sich von den eben beschriebenen nur durch das größere Fassungsvermögen ($\frac{1}{2}$ cbm gewachsener Boden). Ein Pferd zieht 2 gekuppelte Karren. Zum Laden sind unbedingt besondere Arbeiter nötig; daher namentlich bei kurzen Förderweiten Wechselkarren. Am Be- und Entladeort befinden sich je 2—3 Arbeiter, die, außer dem Treiber, mit Lösung und Beladen, bzw. mit Entladen und Planieren beschäftigt sind. Die Fahrt besteht aus Bohlen von 12×30 cm Querschnitt, welche in 2,0 bis 2,5 m Abstand in hölzerne Querschwellen eingelassen sind. An der Innenkante sind Spurleisten aufgenagelt. Man kann aber auch hier Eisen oder flachgelegte Eisenbahnschienen verwenden. Man wendet diese Förderart für eine Transportweite von 300 bis 1000 m an. Die Steigung beträgt 1:100, sogar bis 1:15.

5. Kippwagen auf Schienengleisen.

a) Durch Menschen geschoben. Die Wagen sind zum Kippen nach vorne oder nach der Seite eingerichtet (Vorkipper und Seitenkipper). Wagen, die nach vorn und nach der Seite kippen, heißen Universalwagen. Die Wagen haben in der Regel dreieckigen Querschnitt und fassen bei einem Rauminhalt von 1,33 cbm etwa 1 cbm gewachsenen Boden. Sie werden von 2 Arbeitern geschoben, die auch das Be- und Entladen besorgen. Spurweite der Wagen 0,6—1,0 m. Sie laufen auf Grubenschienen, haben geringen Achsstand, um kleine Kurven durchfahren zu können, sowie kleine Räder, damit das Beladen bequemer wird. Die Transportweite geht bis 1500 m, besser nur bis 1000 m. Handelt es sich um Verlängerung des Dammes, so geht den Seitenkippern stets ein Vorkipper voraus.

β) Von Pferden gezogen. Wagen wie vor eingerichtet; sie fassen bei 1,9 cbm Hohlraum 1,5 cbm gewachsenen Boden; ein Pferd zieht 3 Wagen. Für Beladen und Kippen sind besondere Arbeiter nötig. Die Bahn (gewöhnlich 90—100 cm breit) besteht aus schwereren Schienen auf Querschwellen. Transportweite 500 höchstens bis 2000 m. Größte Steigung 1:33 $\frac{1}{3}$. Vorteilhaft bei etwa 20 000 cbm Bodenmasse.

γ) Von Lokomotiven gezogen. Diese Förderart empfiehlt sich bei großen Bodenmassen (50 000 cbm und mehr) schon für Förderweiten von 500 m. Geschwindigkeit im Mittel 360 m in 1 Minute. Die Wagen fassen bei 2,5 cbm Hohlraum 2 cbm gewachsenen Boden. Wegen des Aufenthaltes an der Entladestelle wird zweckmäßig mit

Wechselzügen gearbeitet. Die Bahn ist meist normalspurig, bei stark gekrümmten Strecken besitzt sie auch wohl 90 cm Spurweite, und aus alten Eisenbahnschienen auf Querschwellen hergestellt. Die größte Steigung ist 1:50.

Die Preise für sämtliche Förderarbeiten erhöhen sich mit zunehmender Steigung (vergl. die graphischen Tabellen). Doch werden für Talförderung keine Zuschläge, aber auch keine Abzüge gemacht. In nachfolgendem ist noch eine Tabelle IX (nach Prof. Häselser-Braunschweig) zur Ermittlung der Preise gegeben.

6. Besondere Arten der Bodenförderung. Die Bewegung von Erdmassen auf Straßenwagen kommt nur auf gebahnten Wegen vor.

Die Beförderung auf Schiffen (Schuten oder Prähmen) findet sich auch nur in besonderen Fällen, z. B. bei Anschüttung des Planums in langgestreckten Niederungen in der Nähe schiffbarer Gewässer, wenn Seitenentnahmen neben dem zu schaffenden Erdkörper wegen der Beschaffenheit des Bodens oder wegen hohen Wertes des Geländes unmöglich oder unvorteilhaft werden, und man daher auf die Beschaffung der Erdmassen aus größeren Entfernungen Bedacht nehmen muß. Dabei findet zwischen Lösungsstelle und Schiff einerseits und letzterem und Gebrauchsstelle andererseits meist noch eine andere Förderart Verwendung.

Die Beförderung auf Drahtseilbahnen ist wohl nur da zur Ausführung gelangt, wo es sich darum handelte, das Gelände, über das der Transport stattfand, möglichst wenig anzugreifen und seine Benutzung für andre Zwecke nicht zu beschränken.

Die Fortschaffung des Bodens in Röhren kommt im Wasserbau vor, wo Boden oder Schlamm befördert, d. h. weggedrückt werden sollen.

II. Bildung der Dämme.

a) Allgemeines.

Zunächst wird die Baustelle von Bäumen, Sträuchern und Wurzeln gesäubert, sodann der Mutterboden (die Ackerkrume) von der Fläche des Dammfußes je nach ihrer Stärke 15 bis 50 cm stark abgehoben. Er wird zur Herstellung der Dammböschungen später wieder verwendet. Grasnarbe (Rasen) wird in Platten von 20 cm Seitenlänge seitlich so in Haufen ausgesetzt, daß die einzelnen Platten der Luft zugänglich bleiben und die Pflanzen auf diese Weise vor dem Eingehen gesichert werden.

Hat die Baustelle eine starke Querneigung ($> 1:10$), so sind bei Regenwetter große Wassermengen zu erwarten, welche beim Bau hinderlich sind. Man fängt dieselben durch Seitengräben am Fuße

Preis-Tabelle IX.

Günstigstes Steigungs- verhältnis	Zulässige Steigung ohne Ver- teuerung	Förderart	Pfennig für 1 cbm	Transport- grenze	Kleinste Masse in cbm	Steigungs- zuschlag	Bemerkungen
1 : 18	1 : 12	I Werten mit der Schaufel	$h = \frac{7 \cdot l}{a \cdot e}$	10—20	—	—	Bei Wechsel- bahnen ist für l ein Zuschlag zu machen. l = Transport- weite. s = Steigung der Bahn. h = Förderhöhe. M = Masse.
1 : 20	1 : 17	III Handkippkarren	$14 + 0,09 l$	≤ 300	—	$300 s + 2 h$	
1 : 25	1 : 20	IV Pferdekippkarren	$26 + 0,05 l$	≤ 500	—	$500 s + h$	
1 : 70	1 : 50	V Kippkarren auf Schienen: a) Menschen	$12 + \left(0,025 + \frac{500}{M}\right) \cdot l$	≤ 500	10 000	$250 s + 2,5 h$	
1 : 70	1 : 50	b) Pferde	$17 + \left(0,01 + \frac{600}{M}\right) \cdot l$	≤ 500	20 000	$600 s + h$	
1 : 70	1 : 60	c) Lokomotiven	$20 + \left(0,005 + \frac{8 \cdot 0}{M}\right) \cdot l$	≤ 500	50 000	$750 s + 0,25 h$	

In der Formel unter I bedeutet T den Tagelohn in Pfennigen, a die Masse in cbm während eines Arbeitstages (10 Stunden) von einem Manne geworfen, und zwar einmal auf e Meter.

des Dammes (bei Einschnitten am oberen Rande) ab. Quellen müssen abgefangen und abgeleitet werden, was durch Sickergräben oder offene Leitungen geschieht. Bei Dämmen, welche auf der Narbe tiefer Moore schwimmen, muß man jene sorgfältig vor Verletzungen schützen; man hat daher etwaige Seitengräben so weit vom Damme entfernt zu legen, daß der dazwischenliegende Streifen genügende Tragfestigkeit besitzt.

In ganz schlüpfrigem, undurchlässigem Boden stellt man den Dammfuß nach Abb. 46 durch Absätze her, welche ganz im Abtrag liegen müssen. Seitengräben wirft man vor Beginn der Schüttung aus, damit man dafür keine Längsförderung erhält. Man bildet aus diesem Aushub häufig einen kleinen Schutzdamm zur Sicherung des Dammfußes, um seitliches Ausweichen zu verhindern. Bei sehr ungünstigen Verhältnissen legt man auch wohl nur zu diesem Zwecke Längsgräben, und zwar meist unter dem Damme, an (Abb. 47).

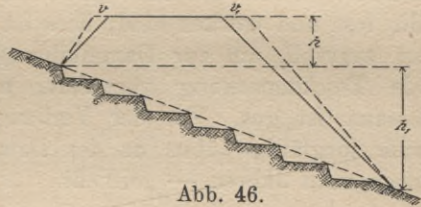


Abb. 46.

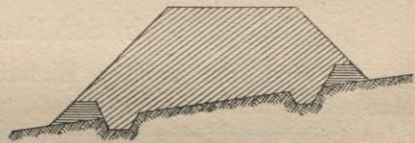


Abb. 47.

Der Damm wird niemals die frühere Festigkeit des gewachsenen Bodens erhalten, doch wird seine Gestalt gleichwohl im Laufe der Zeit durch Setzen schwinden; deshalb muß man ihn von vornherein etwas höher und auch etwas breiter schütten (Sackmaß), damit er später nicht zu niedrig, bezw. seine Krone nicht zu schmal wird. Die Erbreiterung kann bestimmt werden aus $v = 0,07 h$ und $v_1 = 0,07 h + 0,02 h_1$. Durch sie ist auch die Möglichkeit einer späteren Erhöhung der Dammkrone gegeben (Abb. 46).

Durch Lehren wird diese überhöhte Böschungsneigung vor Beginn der Schüttung in geraden Strecken alle 50 m, in Krümmungen alle 35 bis 20 m (je nach Halbmesser) festgelegt. Diese Lehren bestehen aus 4 bis 5 m langen, an 2 eingeschlagenen Pfählen befestigten Dachlatten.

Als Böschungsmaß wird meistens $1:1\frac{1}{2}$ verwendet. Muß man schlechten Boden verbauen (nassen Lehm und dergl.), dann wird die Böschung erheblich flacher, bis $1:4$; ebenso, wenn der Damm ohne weiteren Schutz dem direkten Wasserangriff ausgesetzt ist, wie das bei engen Flußtälern vorkommen kann. Im übrigen gelten die früher angegebenen Steigungen. Bei Ausführung von Futtermauern kann die Begrenzung noch steiler ausgeführt werden als $1:1\frac{1}{2}$ (Böschungsverhältnis bei Trockenmauerwerk).

Moor, Torf, Schlick, Schlamm sollen wegen ihrer geringen Widerstandsfähigkeit gegen Wetter und Belastung zu Dämmen nicht verwendet werden; doch benutzt man die beiden ersten Bodenarten zur Herstellung sehr leichter schwimmender Dämme im Moor. Lehm ist auch ziemlich ungeeignet zur Dammbildung, da er unter Einwirkung des Wassers breiartig wird und zerfließt. Ton ist besser, bietet aber leicht Anlaß zu Rutschungen; bei Sandzusatz kann er nur empfohlen werden. Mergel verwittert leicht und ist also auch schlechtes Material; er muß durch Verkleidung vor der Luft geschützt werden. Sand und Kies geben in jeder Hinsicht die besten Dämme, die fest und trocken sind; Kies ist noch besser als Sand, aber meist zu wertvoll, um zur Dammbildung Verwendung zu finden. Fels, als Trockenpackung verwandt, mit Mutterboden ausgefugt und besamt, ist gut. Vor der Verbauung gefrorener Erde muß man sich sorgfältig hüten, da der Damm sich später sackt und — oft noch nach Jahren — zerfließt.

b) Schüttungsarten.

Sie sind vom größten Einfluß auf die Festigkeit des Dammes. Man unterscheidet **Lagen- Kopf-**, und **Seitenschüttung**, die für sich oder auch verschieden vereinigt vorkommen.

1. **Lagenschüttung.** Das Material wird gleichmäßig über die ganze Breite des Dammes verteilt, und zwar nicht in voller Höhe, sondern in dünnen, ganz oder nahezu wagrecht liegenden Schichten. Dadurch ergeben sich von allen Dämmen die festesten, zumal jede Schicht auch als Fahrbahn für die Schüttung der nächsten dient und so gut gedichtet wird. Auch ist bei ungünstigem Dammmaterial eine scharfe Überwachung der Herstellung möglich. Als Förderart eignet sich am besten Schiebkarrentransport, selbst bei steilem Längsgefälle (bis 1:10). Die Karrfahrt legt man außerhalb des Dammfußes an und schüttet nun neben ihr entlang einen kleinen Wall auf. Auf diesen hebt man dann die Karrfahrt hinauf und schüttet nun seitlich von oben. Durch allmähliche Verschiebung der Fahrt erreicht man die volle Breite der Schüttung, an deren anderem Ende man wieder einen kleinen Wall aufwirft, der zur Hebung der Karrfahrt für Ausführung der zweiten Lage dient. Dieses Verfahren setzt man fort, bis man die volle Höhe des Dammes erreicht hat. Der Länge nach teilt man die Schichten in Abschnitte von 70 bis 100 m ein, was einer Reihe von 25 bis 30 Karren entspricht. Von diesen Abschnitten werden meist mehrere in verschiedenen Lagen gleichzeitig ausgeführt. Um so viel als möglich Talförderung zu haben, verfährt man bei Ausführung der Schüttung nach Abb. 48. Die Höhe der

Lagen beträgt etwa 1 m. Kippkarren sind nicht geeignet, dagegen Seitenkipper mit Gleisen, wenn die Steigung nicht größer als 1:30 wird.

Bei sehr steilen Hängen kann man einen Bremsberg für die untersten Lagen einrichten, d. h. eine doppelte Kabelbahn mit Bremscheibe am oberen Ende, auf welcher die vollen zu Tal fahrenden Wagen die leeren aufsteigenden Wagen emporziehen (seltene Anordnung). Bei solchen Hängen wird die Lagenschüttung meist zu teuer. Man schüttet dann von festen hölzernen Stützgerüsten (Brennerbahn), wodurch man noch eine Art von Lagenschüttung erhält. Dies ist bis zu 50 m Höhe ausgeführt worden.

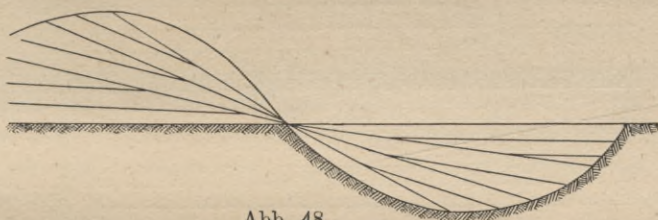


Abb. 48.

Bauwerke im Damme dürfen nicht in voller Höhe von einer Seite hinterschüttet werden, weil sie gewöhnlich dem einseitigen Erd- druck nicht widerstehen können. Man führt deshalb bei Schiebkarren- förderung die Karrbahn um das Bauwerk herum und schüttet von beiden Seiten in wagrechten Lagen bis zu dessen voller Höhe. Hier auf erfolgt die Schüttung über dasselbe hinweg wie gewöhnlich. Bei Förderung auf Gleisen umgeht man das Bauwerk ebenfalls, kippt den zur Einfüllung desselben erforderlichen Boden vor der Stirn und ver- baut ihn mit Hilfe der Schiebkarrenförderung. Das Bauwerk ist mit Steinen zu hinterpacken, damit das Wasser rasch abfließt.

2. Kopfschüttung. Hierbei wird der Damm vom Übergangspunkte aus in voller Höhe und Breite angegriffen, indem man stets über dessen fertige Vorderkante, den Kopf, nach vorne kippt. Der Damm besteht somit aus einzelnen Schichten, welche sich unter dem natür- lichen Böschungswinkel der Bodenmasse aneinanderlegen. Das innere Gefüge solcher Dämme ist also nicht so fest, wie das nach Lagen- schüttung ausgeführter Dämme. Verschiebungen können aber nur in der Längsrichtung des Dammes erfolgen, treten nur unter besonderen Bedingungen ein und sind sehr gering, so daß auch die Kopfschüttung gute Dämme liefert und besonders bei steilen Hängen zu empfehlen ist.

Bei sehr hohen Dämmen führt man die Kopfschüttung in 2 oder 3 Geschossen aus (Etagenschüttung), welche in für sich gesonderten

Betrieben hintereinander vorgetrieben werden. Man erhält so eine Art Vereinigung von Kopf- und Lagenschüttung.

Schiebkarrenförderung ist ausgeschlossen, da die Karrenreihen auf der schmalen Kopfkante nicht auffahren können, dabei aber nur seitlich gekippt werden kann. Dagegen finden Kippkarren, sowie Vorkipper und Seitenkipper Verwendung, da diese stets einzeln ankommen. Das Schütten erfolgt von der bereits beschriebenen Pritsche aus, wenn Kippkarren benutzt werden. Bei Vor- und Seitenkippern legt man besondere Gleise, je eines für volle und leere Wagen, mit Drehscheibenanschluß (Abb. 49 u. 50).

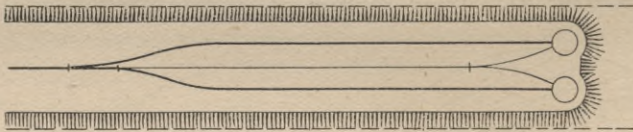


Abb. 49.



Abb. 50.

Weiter kann die Kopfschüttung ausgeführt werden von beweglichen Sturzgerüsten aus, welche für je 1 Gleis eingerichtet sind. Diese bestehen meist aus hölzernen Trägern bis 25 m Länge, die mit ihrem hinteren Ende auf einer im Dammkopfe gelagerten Schwelle ruhen. Das vordere Ende liegt auf einem mit Rollen versehenen und auf einer vor dem Dammfuße verlegten Bohlenbahn laufenden Bocke. Entweder werden diese Träger ganz voll Wagen geschoben, und diese, abwechselnd links und rechts, seitlich gekippt, oder es werden alle Wagen auf dem hinteren Trägerende unmittelbar auf die hintere Kopfböschung gekippt und der Träger nur zur vorläufigen Aufnahme der leeren Wagen benutzt. Bauwerke werden auch hier in dünnen wagrechten Lagen durch Schiebkarrenförderung hinterfüllt, wozu man den Boden am Fuße der Kopfschüttung entnimmt. Für die Fortsetzung der Kopfschüttung selbst wird das Bauwerk auf Rüstungen überschritten.

3. Vereinigte Kopf- und Lagenschüttung. Dieselbe kommt bei sehr breiten Dämmen, oder bei sehr hohen Dämmen in deren breiten Teilen bei Förderung auf Arbeitsgleisen vor, wenn man das Anschütten des Beginns der Lagen mittels Arbeitszügen und Heben des Gleises auf diesen Anfang vermeiden will. In diesem Falle treibt man einen

Kopf mittels Kippkarren und Kopfschüttung vor (Abb. 51), auf welchen man das Gleis legt. Dann wird die Lage durch seitliches Kippen und Verschieben des Gleises weiter ausgeführt und der Kopf gleichzeitig weiter vorgetrieben. Auf dieser Lage wird dann der Kopf für die nächste Lage in

Angriff genommen.

Dieser Betrieb wird am günstigsten, wenn der Boden seitlich entnommen wird, wie dies in Abb. 51 der Fall ist. Der Kopf wird zweckmäßig an einer Dammkante vorgetrieben.

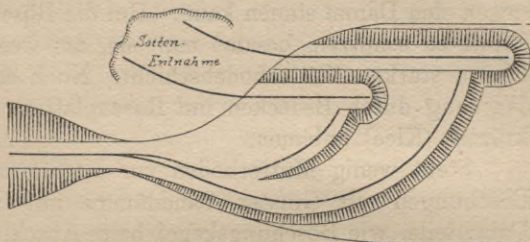


Abb. 51.

4. Seitenschüttung. Der Damm wird in voller Höhe in Angriff genommen und mittels seitlichen Kippens ausgeführt. Er besteht hier also aus einzelnen Schichten, die unter dem natürlichen Böschungswinkel parallel zur Dammachse aneinanderliegen. Es können mithin Bewegungen quer zur Achse eintreten, weshalb solche Dämme das am wenigsten feste Gefüge besitzen. Dagegen bieten sie den Vorteil, daß man die längsten Züge ohne Verschieben und Abkuppeln der Wagen auf einmal entladen kann; dies sichert raschen Fortschritt der Arbeit und macht die Seitenschüttung sehr beliebt. Man achte aber darauf, daß der Teil *a* des Dammes in Abb. 52 stets zuerst geschüttet wird, damit sich der bergseitige Teil gegen ihn lehnen kann. Die Unternehmer verstoßen



Abb. 52.

gerne gegen diese Regel und führen den Teil *b* zuerst aus, da dieser niedriger ist und sie infolgedessen mit dem Gleis leichter auf ihn gelangen können als auf den Teil *a*.

Kippkarrenförderung ist ausgeschlossen, da man die Karren nicht an beliebigen Stellen der Bahn um 90° drehen kann. Dagegen sind Schiebkarren anwendbar, aber nicht so praktisch wie bei der Lagenschüttung. Förderung auf Schienengleisen bietet den größten Vorteil: schnelle Entladung der Züge.

Vergleicht man nach dem Gesagten die einzelnen Schüttarten miteinander, so ergibt sich, daß bei Schiebkarrenförderung die Lagenschüttung, bei Schienengleisen gleichfalls, bei Kippkarrenförderung die Kopfschüttung und bei Seitenkippern auf Schienengleisen die Seitenschüttung hauptsächlich zur Ausführung gelangen.

c) Sicherung der Dämme.

Gegen den Angriff des Tagewassers schützt man die Dämme vor allem durch eine hinreichende Zahl von Durchlässen von genügender Weite, damit sich das Wasser in den Gräben auf der Bergseite nicht gegen den Damm stauen kann. Um die Böschungen gegen Regen und Wind zu schützen, besamt man sie, am besten mit Rasen auf einer 15 cm starken Mutterbodenschicht. Noch schneller erzielt man diese Wirkung durch Bedecken mit Rasenplatten. Auch kann man Futterkräuter (Klee) anbauen.

Steht wenig Mutterboden zur Verfügung, so bepflanzt man die Böschungen mit Ginster, Sanddämme mit Strandhafer. Sehr steile Dammenteile, wie Böschungskegel beim Anschluß an Bauwerke, bedeckt man mit hochkantig gestelltem Rasen, sog. Kopfrasen, oder man pflastert sie ab.

Dämme an Flußufem, welche dem Hochwasser ausgesetzt sind, erhalten gleichfalls Abpflasterung (Steigung 1:1 bis 1:1 $\frac{1}{2}$); das Pflaster stützt sich unten gegen einen in den Boden greifenden Steinfuß. Auch kann man steile Böschungen in Trockenmauerwerk ausführen. Sind die Dämme aber dem Hochwasser ausgesetzt, so ist dies nur dann zu empfehlen, wenn der Damm größtenteils aus Steinschüttung besteht, da in Erddämme das Wasser durch das Trockenmauerwerk eindringt und den Dammkern aufweicht.

Am gefährlichsten werden den Erdbauten Rutschungen, d. h. nicht beabsichtigte Bewegungen der Erdmassen in Dämmen und Einschnitten. Ihre Beseitigung bezw. Verhütung ist äußerst zeitraubend und kostspielig. Man muß sich bereits vor Beginn der Erdarbeiten davon überzeugen, ob Ursachen zu Rutschungen bestehen und gegen solche sofort Vorkehrungsmaßregeln treffen, da dies am billigsten ist. Rutschungen können eintreten, wenn auf undurchlässigen Schichten (meist Ton) durchlässige lose Massen lagern. Das Wasser sickert bis zur undurchlässigen Schicht hinab, gleitet auf dieser abwärts und unterspült so die darüber lagernde Schicht. Wird nun durch Aufschütten eines Dammes oder durch Ausheben eines Einschnittes das bisher auch unter solchen Umständen vorhandene Gleichgewicht gestört, so tritt eine Rutschung ein. Wenn diese auch vorwiegend bei Einschnitten auftreten, so sind sie doch auch bei Dämmen nicht ausgeschlossen, und zwar entstehen sie entweder im Damme selbst, oder auf der Unterfläche oder auf einer Gleitfläche im Untergrunde.

1. Rutschungen im Damme selbst werden am besten vermieden durch gutes Schüttmaterial. Ist man aber gezwungen, schlechtere Bodenarten zu verwenden, so verhütet man das Zerfließen des Dammes nur durch günstige Wasserableitung in Sickerschlitzen, was besonders

bequem ist, wenn man die zur Packung erforderlichen Steine aus den Einschnitten gewinnen kann.

2. Rutschungen auf der Unterfläche, d. h. der natürlichen Geländefläche, entstehen nur bei unvorsichtiger Ausführung auf steilen Querhängen, was man durch Anlegen von Stufen oder Stützgräben, wie sie schon besprochen wurden, vermeiden kann. Sie können auch durch künstliche Schaffung einer Rutschfläche hervorgerufen werden, was jedesmal geschieht, wenn man das von der Bergseite kommende Tagwasser auf undurchlässigem Boden unter den Dammfuß dringen läßt. Gegenmaßregeln sind Schutzgräben oberhalb des Dammes, welche nach den Durchlässen hin entwässert werden oder besondere Entwässerung quer unter dem Damme erhalten.

3. Rutschungen im Untergrunde kommen bei ganz ungünstigen Verhältnissen vor und sind deshalb ganz besonders gefährlich. Man kann sie verhüten, indem man die losen Schichten auf den festen gewissermaßen festnagelt, wozu man Pfähle, Mauerpfeiler, ausbetonierte Eisenrohre, oder der Länge nach durchlaufende Spundwände verwenden kann. Letztere dürfen jedoch den Abzug des Wassers nicht hindern. Soll dieses Verfahren Erfolg bieten, so müssen die losen Schichten fest genug sein, um nicht fortgedrückt zu werden, was selten der Fall ist.

Besser ist es, den Dammfuß durch künstliche, in die festen Schichten eingreifende Widerlager zu stützen. Diese können aus Trockenmauerwerk oder als Mörtelmauern, in leichten Fällen auch aus Tonstampfung hergestellt werden, müssen aber vor starkem Wasserdrange und besonders vor dauernden Wasseransammlungen geschützt werden.

Das sicherste Mittel bietet aber, ebenso wie bei den Einschnitten, die Trockenlegung der Rutschfläche. Von der größten Wirkung sind dabei die den Damm rechtwinklig unterfahrenden Sickerschlitz mit Stützgewölben. Sie werden lotrecht zur Dammachse angelegt, im dichten Untergrunde hohl ausbetoniert und mit Steinpackung dann so gefüllt, daß unten auf der Betonsohle ein Abzugskanal offen bleibt. Zwischen diese in regelmäßigen Abständen aufeinanderfolgenden Schlitz werden dann weiter spitzbogenförmig zusammengeführte eingeschaltet; auf diese Weise werden die unterirdischen Gewässer auf der ganzen Länge des Dammes abgefangen und so die Rutschfläche trocken gelegt.

Sind mit Gewißheit große Gefahren zu erwarten, so kann man auch, trotzdem dies kostspielig ist, den Damm durch eine Brücke ersetzen, wie es bei der Moselbahn verschiedentlich geschehen ist. Doch kann man nur in seltenen Fällen vorher mit Sicherheit entscheiden, ob dieses Mittel wirklich unumgänglich nötig ist.

d) Dämme auf Moor-Untergrund.

Das sicherste Mittel ist, die nicht tragfähigen Massen abzugraben und durch Schüttung — am besten aus Sand — zu ersetzen. Oder man beseitigt die Narbe durch einen Einschnitt und bringt auf diesen so lange Sand auf, bis dieser die flüssigen Massen beiseite drückt und so den festen Untergrund erreicht. Doch sind diese Verfahren meist zu kostspielig.

Ist eine tragfähige Schicht über dem flüssigen Untergrunde vorhanden, so muß man den Damm, um ihn möglichst leicht zu gestalten, auf die geringste Höhe beschränken und zur Schüttung den leichtesten Boden verwenden. Für die Höhenlage des Dammes ist dabei maßgebend, daß das Grundwasser die Sohle der Steinbahnbettung nicht mehr erreichen soll. Ferner sind zu beiden Seiten der Straße Bermen von großer Breite anzuordnen. Die Seitengräben erhalten größere Breite, aber geringe Tiefe, damit die tragfähige Schicht nicht durchstoßen wird (Abb. 53).



Abb. 53.

In Hochmooren muß man besondere Vorsicht anwenden und sie durch Entwässerung zur Aufnahme der Straße entsprechend vorbereiten. Dabei hat man nach Schacht (s. Zeitschrift des Hannov. Archit. und Ing. Ver. 1890, S. 750) folgendes zu beachten:

Das nasse Moor enthält etwa 90 % Wasser und 10 % Pflanzstoffe, die ganz ohne Zusammenhang, also durchaus nicht tragfähig sind. Durch Entziehung des Wassers geht das flüssige Moor zunächst in eine speckige Masse, endlich in Torf über; man muß mit der Entwässerung sehr langsam vorgehen, um die Bildung von Spalten und Rissen zu vermeiden, wie sie in Abb. 54 angedeutet sind. Allmählich führt man die Gräben tiefer, am besten bis in den festen Untergrund hinein. Die Moormasse wird dann auf etwa $\frac{2}{3}$ der anfänglichen Mächtigkeit zusammensinken, worauf bei der Bestimmung der Höhenlage der Straße zu achten ist.

Gegen die Einwirkung des Wassers ist das ausgetrocknete Moor sehr widerstandsfähig. Dagegen zerfällt es unter der Einwirkung des Frostes in losen Staub. Deshalb stellt man, um ein Verschlammen des Grabens durch das ausgefrorene Moor zu verhindern, die Böschungen nicht geneigt, sondern treppenartig mit etwa 1,0 m hohen senkrechten Wänden her. Da das einmal ausgetrocknete Moor für Wasser undurchdringlich wird, so muß für genügende Entwässerung des Sandkastens der Steinbahn gesorgt werden. Hierzu dienen die in etwa 10 m Abstand und etwa 40 bis 50 m Länge rechtwinklig zur Straßenrichtung angelegten Kopfgräben (*b* in Abb. 54 und 55), welche nach

Fertigstellung des Straßenkörpers in der Breite der Straße mit dem inzwischen ausgetrockneten Aushube wieder zugeworfen werden und dann auch für die Folge entwässernd wirken; soweit sie in den Bermen liegen sind sie offen zu lassen.

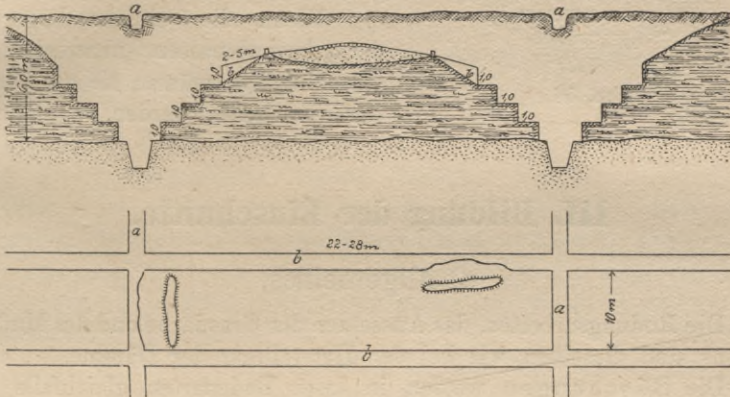


Abb. 54.

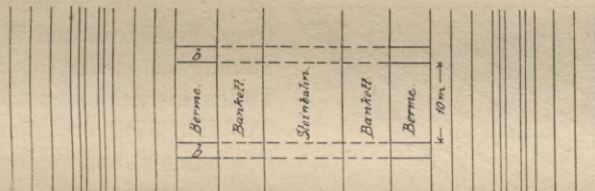


Abb. 55.

Zugleich mit den Kopfgräben werden im ersten Baujahre die Längsgräben *a* (Abb. 54 u. 55) gezogen, deren Abstand sich nach der Breite der Straße und der Bermen, sowie der Tiefe des Moores richtet. Die Breite und Tiefe kann zu etwa 0,5 m bis 0,75 m angenommen werden; der Aushub ist weit zurückzubringen, damit nicht sein Gewicht den Einsturz der Grabenufer herbeiführt.

Im zweiten Sommer wird man alle Gräben um 0,5 bis 1,0 m vertiefen und die Längsgräben um je 0,5 m oder mehr erbreitern können; im dritten Jahre kann man alle Gräben auf 1,25 m bis 1,5 m Tiefe, die Längsgräben auf etwa 1,5 m Breite bringen; die Kopfgräben müssen so schmal als möglich gehalten werden.

Von der Beschaffenheit des Moores muß es abhängen, ob diese Vorentwässerung vielleicht schon in 2 Jahren zu beenden ist. Dann erst kann mit der Beseitigung größerer Moormassen vorgegangen

werden; die in Abb. 56 angegebenen Zahlen bezeichnen den Aushub für die folgenden Baujahre. Wie schnell die Arbeit gefördert werden kann, muß in jedem einzelnen Falle die Beschaffenheit des Moores ergeben.



Abb. 56.

Wenn die seitliche Lagerung der Aushubmassen unzweckmäßig erscheint, so müssen sie zu Brenntorf verarbeitet werden.

III. Bildung der Einschnitte.

a) Allgemeines.

Die Rodungsarbeiten, das Aussetzen der Grasnarbe und des Mutterbodens sind dieselben wie bei der Herstellung der Dämme.

Die Böschungen werden in losen Bodenarten gleichfalls wie die der Dämme ausgeführt; festere Bodenarten gestatten steilere Böschungen: Ton, wenn er gut ist, 1:1, Fels, je nach Schichtung, Festigkeit und Wetterbeständigkeit steiler, bis lotrecht. Fallen die Schichten schräg ein (Abbild. 57), so können die Böschungen auf beiden Seiten mit verschiedener Steigung ausgeführt werden.

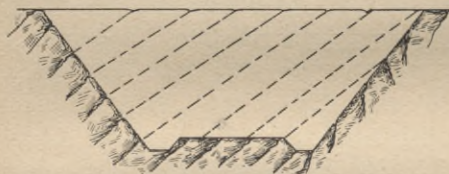


Abb. 47.

Bei verschiedenen, übereinander gelagerten Bodenarten wird die Böschungslinie gebrochen, für die unteren festeren steiler als für die oberen losen, wobei man häufig im Brechpunkte ein Bankett anordnet (30—50 cm breit), auf welchem sich etwa von oben abstürzende Bodenmassen ansammeln können. Kommt in Fels eine weiche Schicht vor, so entfernt man sie und ersetzt sie durch Mauerwerk. Bermen empfehlen sich bei ebenen Böschungen eigentlich nur an deren Fuße neben dem Randgraben, damit die von der Böschung abbröckelnden Bodenteile nicht in den Graben stürzen und ihn verstopfen.

b) Herstellung der Einschnitte.

Über die Absteckung ist zu bemerken, daß die Hauptachse durch Pfähle festgelegt wird, worauf die Verpfählung der Breite und die Aufstellung der Böschungslehren erfolgt. Um Wasseransammlungen zu vermeiden, stellt man die Ausschachtung der

Einschnitte in aufsteigender Richtung her (Abb. 58). Den übrigbleibenden Keil wird man meist nach der Gefälleseite bringen können; ist dies nicht möglich, so entwässert man zunächst gründlich durch Gräben nach der Gefälleseite.

Den Boden soll man stets am Fuße der Böschung lösen, damit die Massen selbsttätig nachstürzen können. Natürlich darf die Wand nur solche Höhe und Steile erhalten, daß die Arbeiter vor Gefahr

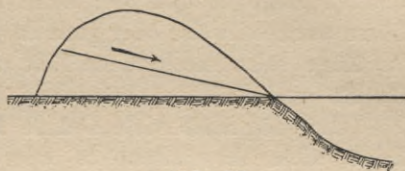


Abb. 58.

durch die herabstürzenden Massen geschützt sind. In nachgiebigen Bodenarten ist diese Höhe beliebig, da hier die Erde sofort beim Entnehmen nachrutscht, große Mengen also nicht zum Absturz gelangen können. Für alle anderen Bodenarten ist die zulässige Höhe höchstens 4 m, da die Arbeiter eine größere Höhe nicht mehr übersehen können.

Der Schlitz, den man zunächst im Einschnitt gräbt, soll breit genug sein, daß die Fördergefäße genügenden Platz finden und die Arbeiten für Lösen und Fördern sich gegenseitig nicht stören. Am besten verfährt man, indem man zunächst eine lange Fahrt über den ganzen Abhang legt, oder bei sehr großer Länge wenigstens über einen beträchtlichen Teil, worauf man daneben den Boden aushebt und in die Fördergefäße verlädt. Ist dieser Graben genügend tief und breit, so legt man die Fahrt in ihn hinein und arbeitet nun eine Schicht von der Höhe der angeschnittenen Wand ab, indem man das Gleis der seitlichen Verrückung der Wand entsprechend verschiebt. Nachdem man so in Einschnitten die Sohle des ersten Ganges in hinreichender Breite freigelegt hat, hebt man in ihr einen zweiten Graben für den Angriff der zweiten Schicht aus und wiederholt das Verfahren.

In Felsboden schlitzt man den Einschnitt zweckmäßig zuerst auf der Seite auf, nach welcher die Schichten einfallen, also in Abb. 57 links (unter „Einfallen“ versteht man die Neigung der Schichten quer zur Achse, unter „Streichen“ längs der Achse). Streichen aber die Schichten, so arbeitet man, besonders in breiten Einschnitten, die Angriffswände in Absätzen übereinander quer über den Abtrag hin aus.

Die Lösung des Abtrages erfolgt entweder durch Handarbeit oder mit Hilfe der bereits besprochenen Grabmaschinen.

1. Herstellung der Einschnitte durch Handarbeit. Fast jede Förderart beginnt mit Schiebkarrenförderung oder Handkippkarren. Die Lösung besorgen bei kleineren Arbeiten mit dem Laden gleichzeitig die Karrenschieber. Bei hartem Boden, der nicht einfach

abgestoßen werden kann, stellt man meist für das Lösen besondere Häuer an; bei Fels sind sie unentbehrlich. Auch bei Förderung mit Arbeitszügen verwendet man sie stets, um die Aufenthalte der teureren Züge abzukürzen; dann besorgen sie abwechselnd mit dem Lösen auch teilweise oder ganz das Beladen der leeren Züge. Wechseln die Züge sehr rasch, dann läßt man die Häuer nur lösen, und stellt für Be- und Entladen besondere Arbeiter an.

Um möglichst viele Gefäße laden zu können, schafft man tunlichst viele Angriffspunkte oder Absätze. Bei Schiebkarrenförderung wendet man am besten das bereits beschriebene Verfahren

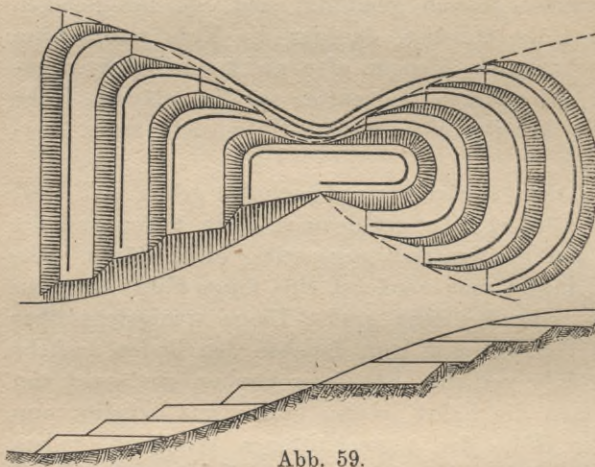


Abb. 59.

des Aufschlitzens der Länge nach an und arbeitet dann den Abtrag ebenso in einzelnen Lagen ab, wie man den Damm schüttet. Bei tiefen Einschnitten kann man zweckmäßig auch die Richtung des Aufschlitzens verschieben und den Angriff nach Abb. 59 in mehreren

Geschossen vornehmen. Man braucht auf jeder Angriffsstelle nur eine Bohlenbahn für die beladenen Karren, da man mit den leeren auch ohne solche auf dem festen Einschnittsboden ausweichen kann.

Bei Kippkarrenförderung, bei der die Karren bekanntlich einzeln fahren, führt man an die Angriffswände eine Reihe von Zweig-

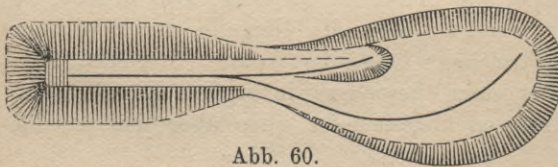


Abb. 60.

bahnen, die sich dann in einiger Entfernung von der Wand zur eigentlichen Fahrt vereinigen, und trägt den Boden absatzweise ab (Abb. 60).

Die Förderung auf Arbeitsgleisen eignet sich vorzüglich für das oben beschriebene Aufschlitzn der Länge nach. Doch ist hier die Einleitung mit Schiebkarren noch häufiger erforderlich, weil das Gefälle 1:30 als äußerste Grenze nicht überschreiten darf. Der Zugbetrieb für einen Arbeitszug besteht im Einfahren des leeren und

Ausfahren des beladenen Zuges. Meist arbeitet man mit Wechselzügen, wobei das letzte Ausweichegleis vor der Beladestelle liegt. Die Lokomotive zieht nun den leeren Zug in das Gleis, holt dann den beladenen bis neben das Ausweichegleis, drückt den leeren Zug nach der Ladestelle und setzt sich dann durch die Ausweichstelle vor den beladenen Zug, oder schiebt auch bisweilen diesen nach der Schüttstelle.

Der englische Einschnittsbetrieb ist für tiefe Einschnitte in steilen Hängen sehr zu empfehlen. Vor allen Dingen werden bei ihm alle die Schwierigkeiten vermieden, die zu Beginn der Arbeit durch zu steile Gleislage entstehen. Auch erhält man eine große Zahl freier Arbeitsplätze. Stets finden dabei Arbeitszüge mit Lokomotiven Verwendung. In der Höhe der künftigen Einschnittssohle wird zunächst ein Stollen durch die Länge des Einschnittes getrieben; er erhält etwa eine Breite = 2,3 m und eine Höhe = 2,6 m. In diesem Stollen werden die Fördergefäße aufgestellt. Gleichzeitig treibt man auf den Stollen von oben her Schächte von etwa 1,5 qm Querschnitt nieder, die man oben trichterförmig erweitert, und durch welche der oben gelöste Boden in die Fördergefäße fällt. Zunächst legt man die Schächte in größeren Abständen an, so daß man die Wagen im Stollen während der Beladung verschieben muß, späterhin vermehrt man sie so, daß man möglichst für jeden Wagen einen Schacht hat. Die Vermehrung der Schächte macht sich von selbst nötig, wenn die abgearbeiteten Böschungen so flach geworden sind, daß der Boden nicht mehr von selbst nachstürzt.

Wenn zu befürchten steht, daß die Fördergefäße durch die aufstürzenden Bodenmassen zu sehr leiden, wie es bei solchen Bodenarten, die in großen Schollen brechen, oder bei Fels vorkommt, so legt man die Schächte in der Längsrichtung des Einschnittes mit Neigung an, um die Geschwindigkeit des Herabstürzens zu verringern.

Der englische Einschnittsbetrieb eignet sich am besten für ganz lockere Bodenarten, wie Sand und Kies, bei denen eine eigentliche Lösung nicht erforderlich ist. Er ist bei mildem Boden für zweigleisige Bahn von 8 m Tiefe an vorteilhaft; von 20 m Tiefe an ist er selbst bei eingleisiger Bahn und im festesten Boden durchaus zu empfehlen.

2. Herstellung der Einschnitte durch Grabmaschinen. Bei Einschnitten von mäßiger Tiefe in flachem Lande sind die Kettengräber am besten geeignet, bei kurzen tiefen Einschnitten in welligem Gelände dagegen die Schaufelgräber.

Eimerkettengräber mit Angriff von oben können ohne Vorarbeit jeden Einschnitt selbst beginnen, doch muß der Boden in der ganzen Einschnittsbreite nahezu völlig eben sein und nach jeder Richtung so flach liegen, daß man die Gleise für den Gräber und

die Förderung ohne Schwierigkeiten anlegen kann. Der Gräber arbeitet zunächst eine Schicht von gewisser Tiefe ab, wobei die Gleise für ihn, wie für die Förderung seitlich verschoben werden. Dann werden die Gleise auf die Sohle dieser abgearbeiteten Schicht gelegt und die nächste auf gleiche Weise in Angriff genommen.

Eimerkettenträger mit Angriff von unten eignen sich für unregelmäßige Bodenflächen besser, da der Gräber sich selbst Raum schafft, sobald man eine Bahnbreite auf dessen Länge vorbereitet hat.

Drehbare Gräber für Kopf- und Seitenangriff eignen sich auch zum Längsangriff enger Einschnitte. Das Laden erfolgt entweder seitlich in den Förderzug, oder, wenn für Anlage der Fördergefäße der Platz mangelt, gerade oder schräg nach rückwärts in einzeln vorgeschobene Wagen. Da diese Gräber meistens eine Ausladung haben, welche Einschnitte von 12 bis 13 m oberer Breite und bis 6 m Tiefe in einem Gange auszuheben ermöglicht, so kann man kleinere Eisenbahneinschnitte mit einer solchen Maschine durch eine einzige Aufschlitzung herstellen. Die an den gekrümmten Böschungen stehenbleibenden Teile löst man leicht mit der Hand.

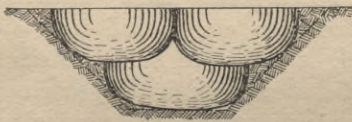


Abb. 61.

Bei größeren Einschnitten legt man oben 2 Schlitze nebeneinander und darnach einen dritten in die so erhaltene Sohle (Abb. 61).

Wenn für Seitenarbeit nach unten die Verwendung der Kettengräber mit langer Leiter unpraktisch wird, so läßt man die Arbeit gegen den Berg besser durch Schaufelgräber ausführen. Doch ist hierbei nur Seitenverladung möglich; man muß also unbedingt neben dem Gräber ein Fördergleis anlegen.

c) Sicherung der Einschnitte.

1. Schutz der Böschungen. Der beste Schutz der Einschnittsböschungen ist Pflanzenwuchs, hauptsächlich Grasnarbe. Busch darf nicht verwendet werden, da er die Einschnitte feucht hält.

Am gefährlichsten für die Böschungen ist Wasser (Tage- und Quellwasser). Die Fanggräben am oberen Einschnittsrand sind schon besprochen. Wenn die ganze Böschung quellig ist, so führt man sie stufenförmig aus. Diese Stufen erhalten ein Längsgefälle von 1:20 bis 1:50 nach dem Graben der Sohle hin. Auf sie bringt man Steinpackung. Diese Sickerkanäle überschneiden sich oft in rautenförmigen Mustern und bleiben entweder offen oder werden mit Mutterboden überdeckt. Einzelne Quellen werden durch gepflasterte Abflußmulden nach dem Graben geleitet. Zeigen sich die Quellen

nicht offen, sondern nur dadurch, daß ein Teil der Böschung ständig feucht bleibt, so schlitzt man diesen Teil nötigenfalls bis zur Grabensohle hinunter auf und packt ihn mit festen Steinen aus, wodurch der Wasserabfluß geregelt wird. An sich standfeste, aber nicht wetterbeständige Felswände werden unter Umständen ganz mit Mauerwerk verkleidet.

2. Schutz gegen Rutschungen. Bei Abträgen entstehen Rutschungen in erster Linie dadurch, daß man ganz lockere Bodenmassen anschneidet, für die die gewählte Böschung zu steil sein würde. Durch deren Flacherlegen und durch teilweise Abgrabung der losen Massen kann man Abhilfe schaffen. Oft genügen auch Abpflasterungen oder Trockenmauerwerk, um das Abrutschen zu verhüten. Legt man für solche Fälle Futtermauern an, so brauchen diese nur geringe Stärke zu erhalten.

Gewöhnlich bilden aber die Schichtungsverhältnisse die Ursache zu Rutschungen, indem durch den Einschnitt das bisher vorhandene Gleichgewicht der Massen gestört wird. Dabei kann die Gleitfläche durch die Böschungslinie hindurchgehen, was gewöhnlich der Fall ist, oder sie liegt unter der Einschnittssohle, was man an deren Aufquellen sehen kann.

Für den ersten Fall erreicht man die Sicherung durch folgende Hilfsmittel:

1. Durch Entlastung der Rutschfläche, indem man das Gewicht der bewegten Massen verringert. Dies kann geschehen durch Abgraben, bis die vorhandene geringe Reibung die Massen festzuhalten imstande ist. Das Mittel bringt sicheren Erfolg, kann leider aber nicht immer angewendet werden, weil die abzugrabenden Massen meist zu bedeutend sind.

2. Durch Vergrößerung der Reibung in der Rutschfläche, die man durch Trockenlegung der Wasserader erzielt. Man hebt nach Abb. 62 oberhalb des Einschnittes einen Graben aus, der in die undurchlässige Schicht einschneidet, und packt ihn mit Steinen aus, oder verlegt in ihm eine weite Drainleitung in Steinpackung. Der obere Teil des Grabens wird mit durchlässigem Boden (Kies, Sand) gefüllt. Die Grabensohle erhält sägeförmiges Gefälle; von ihren tiefsten Punkten führen Sickergräben in der undurchlässigen Schicht nach dem Graben in der Einschnittssohle. Durch diese Anordnung wird der Teil zwischen Böschung und Graben trocken gelegt. Erweist sich ein Graben als unzu-

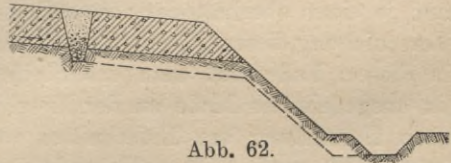


Abb. 62.

reichend, so zieht man darüber noch einen zweiten oder dritten, bis man den gewünschten Erfolg erzielt.

Man kann auch ähnlich wie bei den Sicherheitsmaßregeln gegen Dammrutschungen beschrieben wurde, die oberen Schichten auf den unteren mit Spundwänden und Ramppfählen, auch Mauerwerkskörpern aufnageln.

3. Durch Herstellung künstlicher Widerlager aus Mauerwerk, z. B. Trockenmauerwerk nach Abb. 63, wobei man den

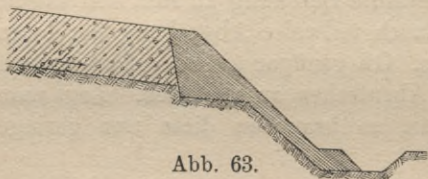


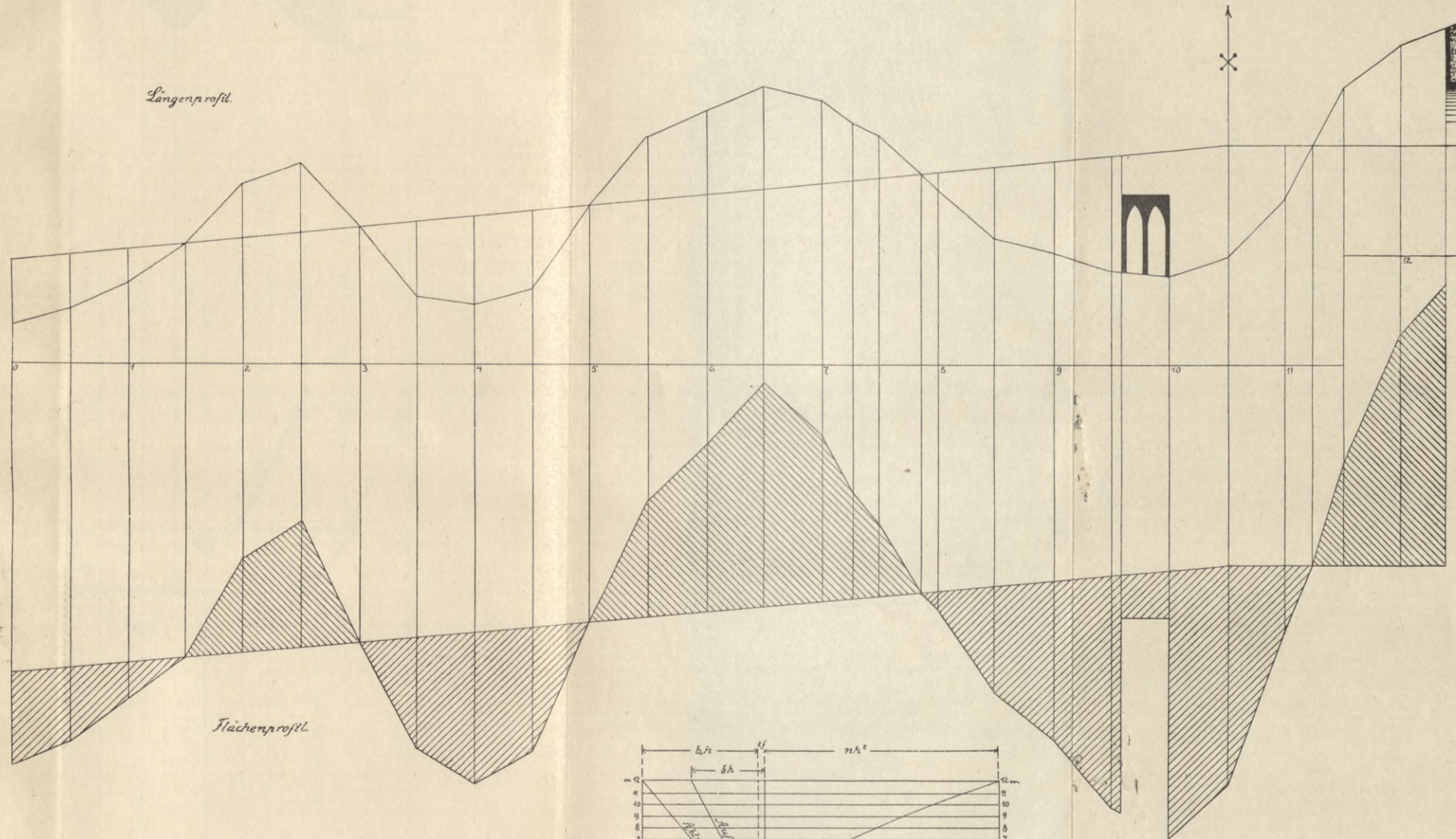
Abb. 63.

Fuß etwas in die undurchlässige Schicht eingreifen läßt, und die Steinpackung an der Böschung hinabführt. Wirkung nur gering. Besser sind Futtermauern, die aber wegen des bedeutenden Schubes große Stärke erhalten

müssen und daher sehr teuer werden. Die Futtermauern müssen hinten sorgfältig entwässert werden, was man durch Steinpackung und Entwässerungsschlitze in Abständen von etwa 2 m erreicht.

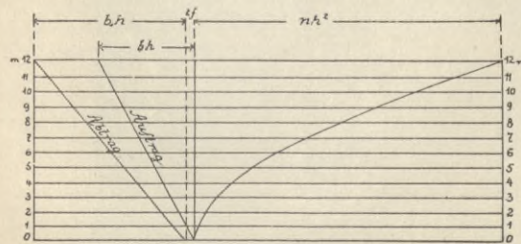
Im zweiten Falle, wo die Rutschfläche in der Sohle oder unter ihr liegt, ist es am besten, wenn man die Ursache, die zu Rutschungen führen kann, vor Beginn des Einschnittes durch Trockenlegung eines entsprechenden Teiles der Rutschfläche beseitigt. Dies kann man durch Abteufen von Schächten von oben her und Vortreiben fast wagrechter Stollen von unten her wodurch man die Rutschfläche an möglichst vielen Stellen zu erreichen sucht, erzielen. Von diesen Arbeitsstellen aus legt man ein Netz von Stollen an die nach dem Zugangsstollen entwässern und etwa 30 cm tief in die undurchlässige Schicht eingreifen. Während der Herstellung des Einschnittes bleiben diese Stollen offen, und man beobachtet die Gleitfläche an je 2 Nägeln, die man in die Seitenwände an verschiedenen Stellen genau lotrecht übereinander, je einen unterhalb und je einen oberhalb der nassen Schicht einschlägt. An der etwaigen Verschiebung dieser Nägel erkennt man den Beginn einer Bewegung; in diesem Falle muß man das Stollennetz nach oben hin erweitern (in ausgedehntem Maße an der Mosel angewandt). Erst längere Zeit nach Herstellung des Einschnittes werden die Stollen mit Steinen ausgepackt, wenn man sich durch die Beobachtung von der ruhigen Lage der Massen überzeugt hat.

Längenprofil.



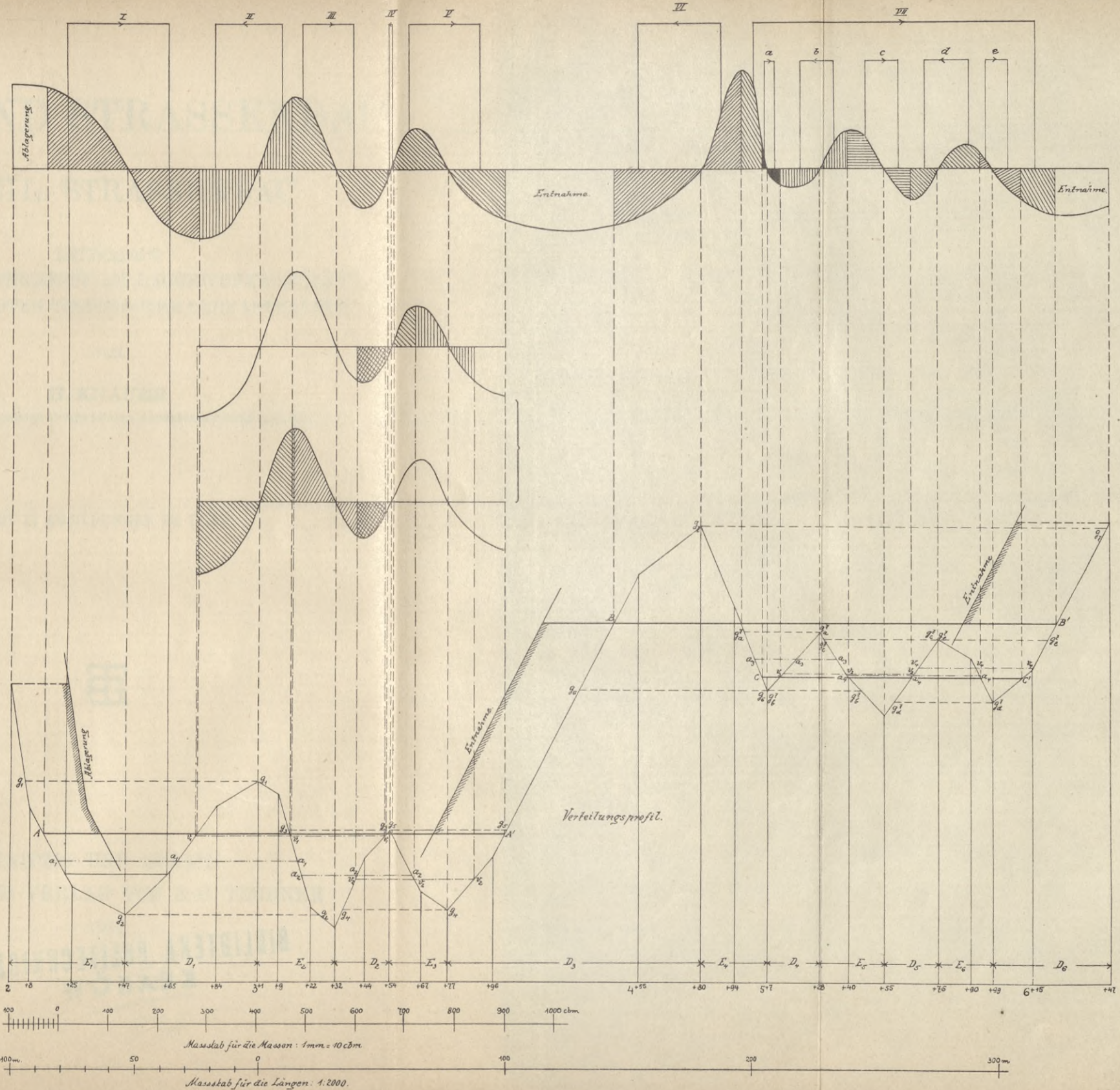
Flächenprofil.

Höhen 2mm = 1m.
Flächen 1mm = 5qm.
Längen 2mm = 100m.



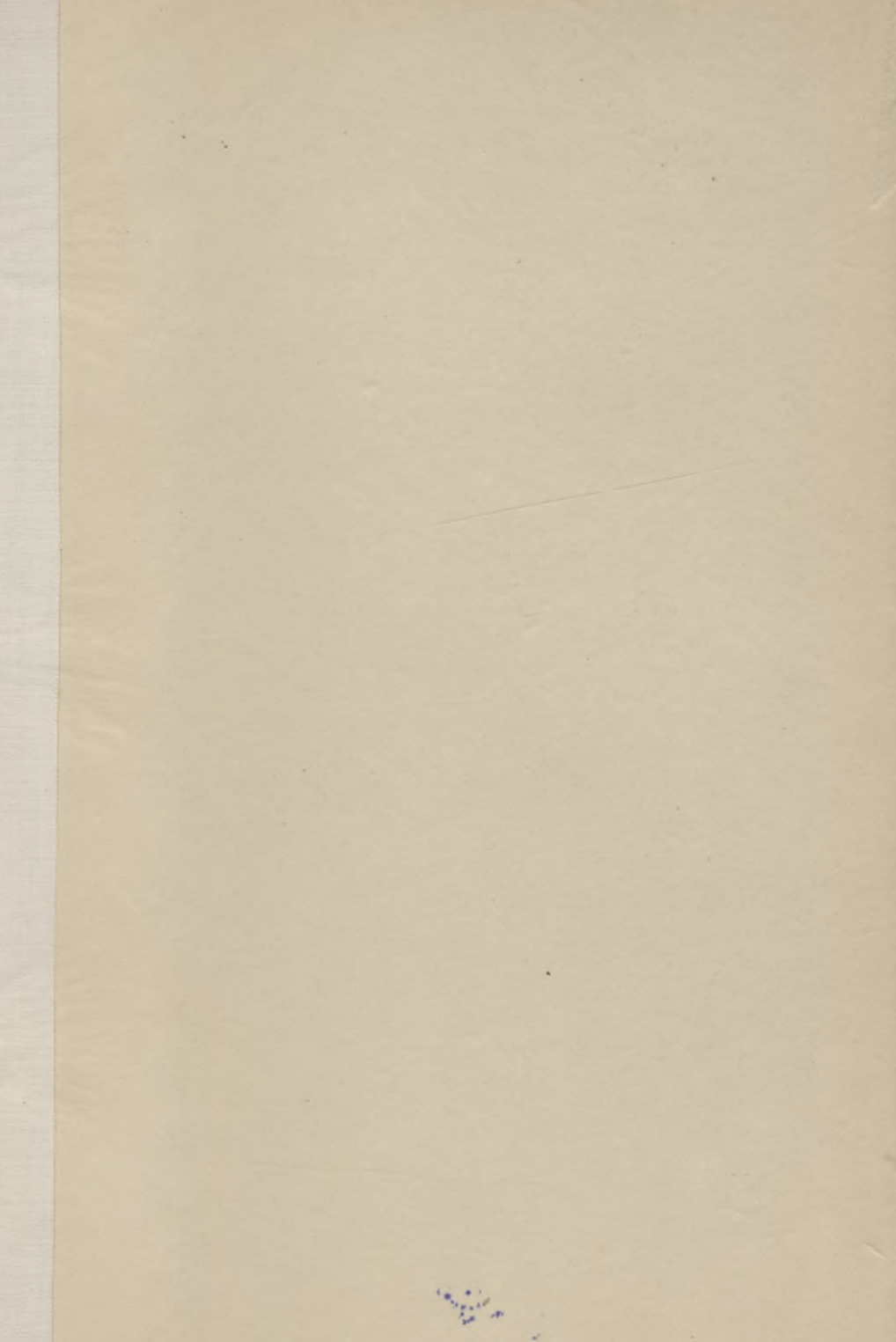
Flächenmaßstab.

BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW



BIBLIOTEKA POLITECHNICZNA
KRAKÓW

S-98



Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-2582

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



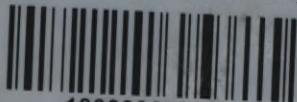
II-351238

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000307235

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000297395