

aber in Gebirgsgegenden, einen vorherrschenden Einfluß auf die Gestaltung der Bodenoberfläche, welche aber bei verschiedenem Material dergestalt in den Formen unterschieden ist, daß aus derselben allein schon die Bodenbeschaffenheit der sie bildenden Bodenart zu erkennen ist. Allgemein darf dabei angenommen werden, daß die weicheren Bestandtheile mehr der Verwitterung und Abspülung ausgesetzt sind als die festeren, und daß, Ausnahmen besonders im Urgebirge zugegeben, die Wasserläufe immer da ihren Weg nehmen, wo sie durch Angriff und Wegführung des Materials Thäler bilden konnten. Auf diese Weise sind im natürlichen Wege fast überall Quereinschnitte gebildet, in welchen der innere Bau und die Lagerungsverhältnisse zu Tage treten, und auf die so erlangten Anschauungen stützen sich zum großen Theile die Schlüsse der Geognosten.

Es ergiebt sich hieraus, daß die Untersuchung solcher Thäler und Schluchten auch für den vorliegenden Zweck von sehr wesentlichem Nutzen sein kann in Bezug auf die Erkennung der Eigenschaften des Bodens, auf oder in und mit welchem gearbeitet werden soll. Ganz besonders aber begünstigen sie die Erkennung der Wasservertheilung und Absonderungen, welche durch Bohrungen immer nur sehr unvollkommen zu erlangen ist.

Bei Ausführung derartiger Untersuchungen ist aber eben so große Sorgfalt nöthig, als bei den aus den Ergebnissen zu ziehenden Schlüssen vorsichtig zu Werke gegangen werden muß, wenn man sich nicht der Gefahr großer Täuschungen aussetzen will.

Sehr selten findet man nämlich die Sohle und die Wände solcher natürlichen Einschnitte noch in derselben Verfassung, als wo sie durch einzelne außerordentliche Fluthen in der Urzeit gebildet wurden. Gewöhnlich sind dieselben mit Trümmergestein oder heruntergeschwemmtem, verwittertem Boden, oft in mächtigen Lagen bedeckt, auf welchen eine üppige Vegetation sich entwickelt hat, während die Quellen unter den aufgeschwemmten Lagen hinwegrieseln und erst an Punkten zu Tage treten, welche oft weit von denen entfernt sind, wo sie aus den Schichtungen hervorquellen. Nun hat es seine besonderen Schwierigkeiten, in so verwachsenem aufgeschwemmtem Boden bis auf den ursprünglichen Kern zu gelangen und denselben in solchem Zusammenhange aufzudecken, daß die Beschaffenheit der Schichten, ihre Lagerung und Wasserabsonderung deutlich zu erkennen sind.

Wenn dies aber vollständig erreicht werden soll, so darf keine, auch die geringste, sich kaum markirende Schlucht übergangen werden, da sie nicht selten im Innern eine Mulde bildet, welche durch Koncentrirung der Wasserabsonderungen grade die Ursache der äußeren Thalbildung ist. Nun sind es aber eben die Mulden, welche den Erdarbeiten, sowohl den Einschnitten als den Aufträgen wegen ihrer Neigung zu Abrutschungen, so gefährlich werden, und deshalb ist es von so großer Wichtigkeit, sie alle, ihr Einfallen und ihre wasserführenden Schichten kennen zu lernen, um danach von vorn herein die nöthigen Sicherheitsmaßregeln treffen zu können.

Hieraus ergiebt sich die Nothwendigkeit, mindestens überall da, wo die äußere Form des Abhanges und das Hervordringen von Quellen Mulden vermuthen lassen, sorgfältige Bodenuntersuchungen anzustellen.

Zwischen je zwei Mulden liegt immer ein sogenannter Sattel, welcher auf beiden Seiten nach der Mulde hin abhängt und nur mit seinem oberen Grad derselben parallel liegt. Obgleich auch unter gewissen Umständen Sattelabrutschungen vorkommen, so ist dies doch selten der Fall, und da die Sättel in der Regel kein oder doch nur sehr wenig Wasser abführen, so werden sie im Allgemeinen nicht für gefährlich gehalten und erfordern daher keine so specielle Erforschung ihres

innern Baues, als die Mulden. In diesen findet man dagegen das Material, welches sich bildet, mehr erweicht und zerklüftet, häufig schon degenerirt oder doch völlig für die Degeneration vorbereitet, so daß bei Bestimmung der Festigkeit der zu verarbeitenden Massen darauf Rücksicht genommen werden muß.

3. Versuchsschächte.

Bei großen und wichtigen Arbeiten, namentlich bei tiefen Einschnitten etc., reichen aber die bezeichneten Mittel zur Erforschung der Bodenverhältnisse nicht immer aus, um die erforderliche sichere Unterlage bei Beurtheilung der letzteren zu erlangen, welche sowohl für die Kostenermittelung als zur Feststellung der Konstruktionsverhältnisse durchaus erforderlich ist, wenn das Gelingen nicht dem Zufalle überlassen bleiben soll. In solchen Fällen ist es rathsam, die angestellten Bohrversuche durch Aufgrabungen und in größerer Tiefe an einzelnen, am wenigsten aufgeklärten Punkten durch Abteufung von Schächten zu ergänzen und durch Offenlegung und Durchbrechung aller Schichten bis zur Einschnittssohle sichere Kenntniß über die Festigkeit des Materials, das Einfallen der Schichten und den Wasserreichthum derselben zu erlangen. Wenn diese Untersuchungen auch ansehnliche Zeit und Kosten in Anspruch nehmen, so ist doch andererseits der Gewinn, welcher in jeder Beziehung aus dieser genauen Kenntniß entspringt, so groß, daß dieser Aufwand sich immer vollkommen rechtfertigen läßt. Ganz besonders ist es Pflicht einer gewissenhaften Bauverwaltung große Einschnitte von bedeutender Tiefe, welche in General-Entreprise gegeben werden sollen, durch Aufgrabungen und Schächte ganz klar legen zu lassen, um sich spätere Klagen und Vorwürfe wegen Täuschungen und Uebervortheilungen zu sparen, welche oft genug gerechtfertigt sind.

Die Bau-Unternehmer haben meist nach Ausbietung der betreffenden Loose weder die Zeit dazu noch die Apparate zur Stelle, um jene Untersuchungen selbst anzustellen, sind aber leicht dazu anzuhalten und gerne bereit die Kosten für verständig und gut ausgeführte geognostische Vorarbeiten den Verwaltungen zu erstatten.

Besonders bei der Hereinziehung kleiner Seitenthäler in die Trace bedarf es sehr specieller und sorgfältiger Untersuchungen, wobei die Abteufung von Versuchsschächten bis auf die projektirte Sohle des Werkes nicht versäumt werden sollte. Dergleichen Gebirgseinsattelungen haben nämlich immer einen bestimmten Entstehungsgrund, welcher sehr wesentlichen Einfluß auf die an solchen Stellen auszuführenden Arbeiten äußern kann.

Entweder hat schon bei der Bildung des Gebirges an solchen Stellen eine unregelmäßige Hebung stattgefunden, oder das hier weniger feste Gestein ist verwittert und weggeschwemmt. Endlich kann eine solche Einsenkung auch Folge eines Wasserdurchbruches aus einem hoch gelegenen Bassin sein. Im ersten Falle bilden die Schichtungen, aus welchen der zu durchbrechende Rücken besteht, gewöhnlich nach der Niederung und der Einsattelung abfallende Mulden, welche sich im tiefsten Punkte gegenseitig stützen. Es ist sehr wesentlich, das Vorhandensein solcher Mulden zu konstatiren, da es niemals ohne Gefahr ist, eine solche zu durchschneiden, theils weil dadurch das Gleichgewicht mehr oder weniger aufgehoben wird, theils weil an solchen Punkten der tiefsten Einsattelungen das Wasser aus einem weiten Umkreise zusammenfließt und Lösung sucht. Darum reichen auch gewöhnlich die tiefst eingeschnittenen Seitenthäler mit ihrer reichlichen Wasserabführung bis zu diesen Einsattelungen hinauf. Wenn es sich darum handelt, die Be-

dingungen der Standfähigkeit eines anzulegenden Durchbruches festzustellen, so wird es vorzugsweise darauf ankommen, die Neigung der Lagen und die Tiefe der wasserführenden Schichten aufzufinden, sowie die Festigkeit und Cohäsion des Materials im Verhältniß der darauf ruhenden Last zu ermitteln.

Bei Einsattelungen, welche durch Verwitterungen entstanden sind, kann auf eine geringe Festigkeit des Materials geschlossen werden, welches bei der Gebirgsbildung an solchen Stellen zu Tage gekommen ist. Diese an ihrem Ausgange verwitterten Schichten setzen sich aber nach unten fort, werden bei Bildung der Einschnitte wieder bloß gelegt und sind dann ebenfalls der Verwitterung unterworfen.

Solche durch Verwitterung entstandenen Einsattelungen sind aber gewöhnlich noch mit einer starken Lage dieses verwitterten Materials bedeckt, welche der Erkennung der inneren Lagerungsverhältnisse erhebliche Schwierigkeiten entgegenstellt und leicht zu unrichtigen Voraussetzungen führen kann, indem diese seit langer Zeit abgelagerten und wenig fortbewegten Massen selbst wieder gewisse Lagerungsverhältnisse darstellen, die mit denen der eigentlichen Gebirgsmasse nicht übereinstimmen und sorgfältig von derselben unterschieden werden müssen.

Einsattelungen, welche Wasserdurchbrüchen oder Ueberströmungen ihre Entstehung verdanken, sind in der Regel leichter zu untersuchen und zu erkennen, weil hier die zerstörten Gebirgsthelle weggeschwemmt sind, die Wände in der Regel sich steil erheben und die Lagerungsverhältnisse der Schichten offen zeigen.

4. Frühere Bodenbewegungen.

Von der entschiedensten Wichtigkeit ist es bei den Bodenuntersuchungen im Gebirge, diejenigen Stellen an den Abhängen derselben aufzufinden, wo früher schon natürliche Abrutschungen stattgefunden haben. Da an solchen Stellen ohne künstliches Zuthun Bewegung entstanden ist, so kann mit ziemlicher Sicherheit angenommen werden, daß bei irgend einer Veranlassung auch künftig wieder eine solche eintreten wird. Unzweifelhaft ist aber, daß der früher stattgefundenen Bewegung nur durch eine grade ausreichende Wiedererzeugung des Gleichgewichts Einhalt gethan worden ist, und es daher nur einer geringfügigen Störung dieses Gleichgewichtes bedarf, um wieder Bewegung zu erzeugen.

Es ist allerdings schon ein geübtes Auge erforderlich, um in bewaldeten, von Thälern und Schluchten durchfurchten Abhängen solche Spuren früherer Bewegungen zu erkennen, und oft nehmen die abgerutschten Massen am Fusse oder an den Abhängen selbst eine Gestalt an, welche auf keine frühere Bewegung schließen läßt. Am unzweideutigsten ergeben sich die Anzeichen gewöhnlich am oberen Rande des Abhanges, wo sich bei den früheren Bewegungen Klüfte gebildet haben oder, bei gespaltenen Steinlagern, die Felswände steil aufstehen.

Gewiß wird man sich nur im dringendsten Nothfalle dazu entschließen, in so gestaltetem Terrain einen Einschnitt zu machen oder einen schweren Damm auf dasselbe zu setzen; ist es aber nicht zu umgehen, so müssen von vorn herein die nöthigen Sicherheitsmafsregeln getroffen werden. Dazu ist aber die allgeraueste Bekanntschaft mit den Schichtungsverhältnissen und den Ursachen der früher stattgefundenen Bewegung erforderlich, und diese zu ermitteln ist Aufgabe der Bodenuntersuchung.

Die wesentlichste Aufgabe der Ermittlung ist die Auffindung der Rutschfläche oder die Lage der festen Schicht, auf welcher der abgerutschte Boden sich bewegt hat. Erleichtert wird diese Auffindung dadurch, daß diese Fläche, fast ohne Aus-

nahme, aus einer abfallenden Schicht wasserundurchlässigen Materials, gewöhnlich Thon, besteht, auf welcher das Filtrationswasser abfließt und in Quellenform zu Tage geführt wird. Mit der Untersuchung wird daher am besten von unten nach oben, durch die hervortretenden Wasser geleitet, fortgeschritten. Es ist dabei nicht unwichtig, die Mächtigkeit der Schicht, welche die Rutschfläche bildet, zu ermitteln und das Material in Bezug auf die Auflöslichkeit und Tragfähigkeit festzustellen.

Demnächst ist aber die Beschaffenheit des abgerutschten Bodens, seine Mächtigkeit und die Grenze, bis wie weit derselbe am Abhange hinaufreicht, auf das sorgfältigste zu untersuchen. Es kommt hierbei vorzugsweise darauf an, zu erfahren, ob das gerutschte Material aus wirklichen Gebirgsschichten besteht oder nur aus verwitterten und angeschwemmten jüngeren Ablagerungen, welche Massen oberhalb der Angriffslinie der Arbeiten noch auf den Rutschflächen lagern, und ob ein Herausdrücken oder Ausspülen von weichen Zwischenschichten zu erwarten steht, wenn der Bergabhang angeschnitten wird, die Quellen dadurch frei werden und die ganze Gebirgslast ohne Fufsstütze auf den Schichtungen ruht.

Bei allen Abrutschungen ist aber der Zutritt des Wassers auf die Rutschflächen und eine Erweichung der darüber liegenden Bodenschicht eine Hauptveranlassung; die Beobachtung der Quellen, insbesondere im Frühjahr, wird daher Aufschluß geben, ob dieselben unter gewissen Umständen gefährlich werden können, sowie darüber, ob sie durch Entwässerungen der Oberfläche oder in anderer Weise geschwächt oder ganz unterdrückt und in andere Kanäle unschädlich abgeleitet werden können.

Wenn bisher die Bodenuntersuchungen vorzugsweise in Bezug auf zu gestaltende Einschnitte behandelt wurden, so sind dieselben doch nicht minder wichtig für die Bildung der Aufträge, und zwar in Bezug auf die Tragfähigkeit des zu belastenden Bodens sowohl als rücksichtlich etwaiger Abrutschungen.

5. Ermittlung der Tragfähigkeit.

Das erforderliche Maß der Tragfähigkeit des Bodens hängt wesentlich von der Größe der Belastung ab, und während derselbe Boden niedrige Anschüttungen ohne Senkungen zu tragen vermag, giebt er bei höheren nach oder weicht wohl ganz unter denselben aus. Die Ermittlung der Tragfähigkeit eines überhaupt kompressiblen Grundes ist grade deshalb so äußerst schwierig, und alle Versuche, welche mit isolirten Theilen desselben angestellt werden, führen zu keinen zuverlässigen Ergebnissen.

Beim Durchbau von Sümpfen und Mooren wird auf eine Komprimierung der Masse überhaupt nicht, sondern auf ein völliges Ausweichen gerechnet, und es genügt in diesen Fällen, nur die Tiefenlage des festen Untergrundes durch Visittireisen zu ermitteln. Am zweifelhaftesten ist in dieser Beziehung der Torfboden, theils weil derselbe überhaupt in sehr verschiedenen Zuständen der Festigkeit und Tragfähigkeit vorkommt, theils weil derselbe, belastet, gleichzeitig komprimirt und seitwärts verdrängt wird. Wenn nun auch die Zusammendrückbarkeit der einzelnen Torfgattungen durch geniale Vorrichtungen und Pressen ermittelt werden kann, so sind directe Maßbestimmungen über das Seitwärtsausweichen nicht so vollständig zu erlangen; es vermögen daher nur Versuche durch Probelastungen einigen Anhalt zu gewähren, wobei aber auch auf die Wirkung der Zeitdauer gebührende Rücksicht genommen werden muß, da sowohl die Kompression als die Ausweichung nur sehr allmählich erfolgt.

Manche Torfbaggerungen in der Nähe von Flüssen finden sich mit ziemlich

starken Sandschichten überdeckt, so daß die ganze äufere Erscheinung auf ein reines Sandlager schliessen läßt, welches als ein genügend fester Untergrund für Dammschüttungen gehalten wird. Es ergiebt sich daraus die Nothwendigkeit, auch das an sich zur Tragung großer Lasten geeignete Material dennoch in Bezug auf seine Mächtigkeit zu sondiren, wobei um so tiefer gegangen werden muß, je höher und schwerer der darauf zu schüttende Auftrag werden soll. Erfahrungsmäßig trägt übrigens eine 3 Fuß hohe Sandschicht schon einen schweren Zug, und es kann der Untergrund als genügend gut gefunden werden, wenn die den Torf deckende Sandschicht außer jenen 3 Fuß für jeden Fuß Dammhöhe $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ Fuß Mächtigkeit hat.

Wo Felsenlagen in nicht stark abhängenden Schichten beschüttet werden sollen, kann der Boden als genügend fest für Tragung jeder Last erachtet werden, und es bedarf da keiner weiteren Untersuchungen, weil unter solchen Umständen nur äußerst selten noch zerdrückbare Schichten unter dem festen Felsen liegen und die Masse desselben, schon ihres großen und festen Zusammenhanges wegen und auf eine große Fläche vertheilt, die größten Anschüttungsmassen ohne Einfluß auf die unteren, weicheren Schichten zu tragen vermag. Ganz anders können sich aber die Umstände gestalten, wenn die tragenden Schichten entweder nach der Länge oder in der Querrichtung stark geneigt sind. Alle vorher angegebenen Ursachen, welche die Veranlassung zu Einschnittsabrutschungen bilden, pflegen auch die Anschüttungen herbeizuführen, und der Fall kommt um so häufiger vor, als es leichter und im Allgemeinen rathsamer ist, bei der Bildung des Planums Einschnitte zu vermeiden und die Anschüttungen vorherrschen zu lassen.

Die Bodenuntersuchung, die Erforschung der Lagerungs- und Quellenverhältnisse müssen daher hinsichtlich des zu beschüttenden, abfallenden Terrains mindestens mit derselben Ausführlichkeit und Vorsicht, unter sorgfältigster Beobachtung aller maßgebenden Erscheinungen ausgeführt werden, wie dies im Vorstehendem angedeutet ist. Es ist namentlich alle Aufmerksamkeit auf diejenigen Punkte zu richten, wo die Gebirgsschichten Mulden bilden oder Querthäler die Schüttungslinie kreuzen. Ebenso ist ferner darauf hinzuarbeiten, die wahre Lage und Neigung der Rutschflächen, die Beschaffenheit des Materials und der Oberfläche des Bodens, insbesondere aber die Mächtigkeit der über der Rutschfläche liegenden Schichten gewachsenen oder angeschwemmten, verwitterten Bodens und deren Entwässerung zu erforschen. Letzteres ist von ganz besonderer Wichtigkeit, da die oberen Lagen angeschwemmten und verwitterten Bodens gewöhnlich so locker und wasserdurchlässig sind, daß wenig oder kein Wasser in der Oberfläche zu bemerken ist, während es im reichlichen Maße unter derselben abzieht. Die Auffindung dieser Quellenlager ist daher als die nächste Hauptaufgabe bei der Bodenuntersuchung für Anschüttungen längs Gebirgsabhängen zu betrachten, da durch ihre Fassung und Leitung, wie später gezeigt werden wird, allein eine Garantie für die Sicherheit der Anschüttung in solchem Terrain zu erlangen ist.

Dies bis jetzt über die Bodenuntersuchungen Vorgetragene wird ausreichen, um darauf hinzuweisen, von welch großem Belange dies Geschäft ist, mit welcher Vorsicht und Genauigkeit dabei zu Werke gegangen werden, und daß eine richtige Beurtheilung der einzelnen Erscheinungen sich auf eine umfassende Kenntniß vom Bau der Erdoberfläche überhaupt gründen muß. Wenn es darauf ankäme, alle die Unfälle aufzuzählen, welche schon aus ungenügenden Bodenuntersuchungen entstanden sind, so würde dies ein umfassendes besonderes Werk werden, aus welchem sich aber doch nur ergeben würde, daß fast immer nur dieselben Ursachen die Unfälle veranlaßt, selbige von gleichen Erscheinungen begleitet

waren und immer auf die Versäumnis einfacher Regeln zurückgeführt werden können.

Im folgenden Abschnitte, welcher von der Ausführung der Erdarbeiten handelt, wird sich Gelegenheit darbieten, die am häufigsten vorkommenden Fälle des Mißglückens von Erdarbeiten zur Sprache zu bringen, und es wird sich dann auch ergeben, daß, wenn dieselben auch häufig als Folge unrichtig aufgefaßter Projekte oder ungeeigneter Ausführung betrachtet werden müssen, doch fast immer eine ungenügende Erkennung der maßgebenden Bodenverhältnisse die eigentliche Grundursache des Mißlingens war.

6. Darstellung der Bodenermittlungen.

Um die aus der Bodenuntersuchung erlangten Resultate bei Ausarbeitung der Projekte und bei den Massendispositionen gehörig übersehen und speciell benutzen zu können, ist die Darstellung derselben erforderlich. Dieselbe wird entweder durch ein Register gegeben, in welchem die bei der Untersuchung jedes einzelnen Punktes gefundenen Ergebnisse eingetragen sind, oder die Ergebnisse werden unter Benutzung gewisser üblicher Bezeichnungen für die zu berücksichtigenden Verhältnisse in ein Längenprofil der untersuchten Strecke eingezeichnet.

Gewöhnlich werden beide Arten der Darstellung gleichzeitig zur Anwendung gebracht, da erstere sich mehr zur Benutzung bei den Rechnungsarbeiten, letztere mehr für die Feststellung des Special- oder Ausführungsplanes eignet.

Es liegt in der Natur der Sache, daß die Zusammen- und Darstellung derartiger Ermittlungen sich sehr einfach gestaltet, wenn der untersuchte Boden eben und von fast gleichmäßiger Beschaffenheit, die Lagerungsverhältnisse im Allgemeinen regelmäßig sind und die Beschaffenheit des Materials in der Tiefe wenig wechselt. Eine solche Darstellung würde aber nicht genügen, wo eine sehr unebene oder Gebirgsgegend das untersuchte Terrain bildet, wo die in Lage, Beschaffenheit und Wassergehalt beständig wechselnden Schichtungen sehr zusammengesetzte Verhältnisse erzeugen, während die Abhängigkeit der Elemente unter einander wieder für den Zweck von solcher Wichtigkeit ist, daß keins derselben fehlen darf. Auch diese Ergebnisse werden in tabellarischer und gleichzeitig in graphischer Form dargestellt, welche aber wegen des reichhaltigeren und umfangreicheren Stoffes und der gegenseitigen Beziehungen zusammengesetzter werden muß.

Während bei der erstgedachten Art der Darstellung ein einfaches Bohr- und Schürfreister und unter einem einfachen Terrainprofil die Einzeichnung der ermittelten Lagen und ihrer Beschaffenheit genügen, muß das Register für Gebirgsuntersuchungen eine vollständige Darlegung aller Ermittlungen, Beobachtungen, Abhängigkeitsverhältnisse und Bildungsstufen enthalten. Die graphische Darstellung bildet schon ein zusammenhängendes geognostisches oder petrographisches Längenprofil, welches noch für einzelne wichtige Punkte durch eben solche Querprofile erläutert und ergänzt werden muß.

Die gewöhnlichen Schürf- und Bohrregister erhalten die nachbezeichnete tabellarische Form; zur Erklärung ihres Gebrauches sind probeweise einige Beobachtungen in dieselbe eingetragen.

Schürf- und Bohrregister

für die Bausektion zwischen und

No.	Bezeichnung des Punktes der Untersuchungen.	Tiefe der Untersuchungen im		Bodenart.	Bemerkungen.
		Einzelnen.	Ganzen.		
		Fußs.	Fußs.		
1	Stat. 342 + 2°	0,75 4,50 7,75	13,00	Wiesenboden Moor und Sand Sand	Aufgegraben Mit dem Löffelbohrer Mit dem Visitireisen
2	Stat. 456 + 8°	1,25 6,75 10		Humus Lehm Thon	Mit dem Bohrer untersucht, trocken bis zur Thonschicht. Im Hohlwege bei Station 459 steht das Material bei einfüßiger Böschung.
3	Stat. 503	2,0 21,5 6	29,5	Torf flüssiger Moor fester Sand	Aufgegraben mit dem Visitireisen
4	Stat. 607 + 5°	0,75 0,5 6,0 —		Gartenerde Kalkmergel Muschelkalk	Aufgegraben Mit dem Löffelbohrer Mit dem Stofsmeißelbohrer Der Muschelkalk steht bei treppenförmigen Abstufungen bei $\frac{1}{4}$ füßiger Böschung.
			7,25		

Nach Anleitung dieser Register werden, den verschiedenen Tiefen entsprechend, die Schichten des wechselnden Bodenmaterials unter einem Längenprofil des Terrains eingetragen und mit entsprechenden Farben angelegt oder die Bezeichnung der Bodenart eingeschrieben. Wo ein Quellenlager aufgefunden ist, wird dasselbe im Längenprofil ebenfalls in entsprechender Art angedeutet. Bei diesen Auftragungen ist es nützlich, auch die ermittelten Tiefen einzuschreiben, weil dann die Massenberechnungen und Dispositionen ohne weitere Zuhülfenahme der Bohrregister bewerkstelligt werden können.

Die Schürf- und Bohrregister für Erdarbeiten in sehr unebenen Gegenden oder Gebirgen bedürfen einer umfassenderen Einrichtung, da es hier noch auf die Kenntniß anderer Verhältnisse als der bloßen Bodenbeschaffenheit ankommt. Bei der schrägen Lage der einzelnen Schichten ist die wirkliche Stärke derselben nicht unmittelbar durch die Bohrung festzustellen, und das Einfallen derselben muß daher festgestellt werden, um jene zu ermitteln. Ferner bedarf es einer besonderen Charakteristik der Gebirgslage in Bezug auf Sättel und Mulden, Klüfte und Verwerfungen, sowie es von Interesse ist, die Anwendbarkeit des gefundenen Materials zur Bildung von Anschüttungen oder für andere bauliche Zwecke kennen zu lernen. Außerdem muß aus diesen Untersuchungen beurtheilt werden können, wie das Material sich bei der Bildung von Ab- und Auftragsböschungen verhalten wird, und endlich sind die Wasser- und Quellverhältnisse wegen ihrer durchgreifenden Wichtigkeit besonders zu erörtern.

Ein Schema zu dieser zusammengesetzteren Art von Schürfregister kann in folgender Art eingerichtet werden; in demselben sind ebenfalls zur Erklärung des Gebrauches einige Beobachtungen eingetragen.

Schürf- und Bohr-Register

für die Baustrecke zwischen und

No. der Beobachtung g.	Unter-suchungs-strecken.	Station.	Vertikaltiefe der Schichtenlager im		Bodenart.	Einfallen nach der Neigung und Weltgegend.	Mittlere Mächtigkeit der Schichten. Fufs.	Bemerkungen in Bezug auf die Art der Ermittlungen.	Charakteristik des Gebirges mit Bezug auf die Bildung von Einschnitten und Aufrügen.	Wasser- und Feuchtigkeitsverhältnisse.	Bemerkungen über die vorkommenden Bodenarten als Baumaterial.
			Ein-zeln.	Gan-zen.							
61	316—330 Abtrag		1,5 0,75 0,25 1,25 1,5 10,00 1,6	1,5 2,25 2,5 3,75 5,25 15,25 1,6	Humöser Lehm Muschelkalk Schieferletten Muschelkalk Uebergangsschicht Keupermergel Ackerkrume	1 : 4 NW. 1 : 1,5	1,45 0,73 0,24 1,21 1,45 9,7 1,6	Die obere Erdschicht aufgetra-gen, die Stein-schichten mit dem Meisselbohrer durchstossen, den Keupermergel mit dem Löffelbohrer durchfahren.	Die Kalksteinlagen bestehen aus sehr festem Muschelkalk, das Zwischenmittel aus weichen Schieferletten, welcher aber sehr zähe ist. Da der Abfall nahezu der Richtung des Einschnittes parallel läuft, so sind Ab-rutschungen der Böschungen bei 1½füssiger Anlage nicht zu besorgen.	Die Schieferletten-schicht ist wasserun-durchlässig und führt durch den Lehm und zerklüftete Stein-lagen dringenden Nie-derschlag ab.	Die Kalksteinbänke, die Uebergangsschicht und der Keupermergel sind zur Dammbildung geeignet. Der Schieferletten, wel-cher vom Wasser durchzo-gen ist, muß ausgesetzt werden.
62	330—339		—	—	Thoniger Keupermergel Dammerde Muschelkalk Lockerer Lehm Liasthon Muschelkalk	SW. do. do.	— 1,0 — 1,2 4,4 —	Schürfungen durch Aufgrabung der Erd- und Thonschichten. Durchbohrung der unteren Steinlagen.	Auf dem Wechsel zwischen der Dammerde und dem Keupermergel findet sich eine Wasserabsonderung; ebenso zwischen dem Liasthon und dem Keupermergel eine sehr starke.	Der Liasmergel ist zur Dammschüttung unbrauch-bar, da er Wasser aufsaugt und an der Luft zerfällt. Alle anderen Schichten können zu Schüttungen verwendet werden.	
63	339—351		1,0	1,0	Muschelkalk	do.	—	—	—	—	Die einzelnen stärkeren Lagen im Muschelkalk können zu Steinschlag ver-wendet werden.
64	351—374		1,5 4	1,5 5,5	Thoniger Lehm Liasthon Keupermergel	do.	1,3 14,3 —	Abteufung eines 4 Fufs im □ weiten, 64 Fufs tiefen Schach-tes.	Der Muschelkalk in seiner Verbreitung von No. 339 bis 374 besteht theils aus rei-ner und fester Kalksteinmasse theils aus merglichen Bildungen und ist im Allge-meinen in sehr dünnen, 1 bis 1½ Zoll mäch-tigen Schichten abgelagert, zwischen wel-chen sich aber einzelne Fufs-starke finden.	Der Keupermergel ist auf den Muschelkalk abgelagert und so weich, daßs er sich schneiden läfst. An der Oberfläche geht er in eine magere bröcklige Thon-masse über. Die Lage wird von einzelnen dünnen Kalksteinschichten durchgezogen.	
65	374—		1,5 15	1,5 16,5	Thoniger Lehm Liasthon Keupermergel	do.	—	—	Die über dem Keuper liegende Lias-gruppe besteht aus Schieferthon mit fe-stem dunklem Kalkstein und bituminö-sen Mergelschieferschichten.	Der Scheitel dieser grossen Mulde liegt bei Station 374.	

Bei aller Vollständigkeit wird aber eine Beschreibung, wie sie durch die vorstehende Tabelle gegeben ist, nicht ausreichen, um die maßgebenden Verhältnisse alle so klar übersehen zu können, daß darauf hin der Plan festzustellen und die Ausführung zu disponiren ist. Dazu sind geognostische oder petrographische Längen- und Querprofile unentbehrlich, wie Fig. 1 Blatt I. eine solche darstellt.

Zweites Kapitel.

Feststellung der Specialprojekte.

7. Abhängigkeit der Bauprojekte von den Boden- untersuchungen.

Die Vorarbeiten zur Aufstellung des Bauprojektes zu einem Erdbau theilen sich in generelle und specielle. Die ersteren sind im Wesentlichen geometrischer Natur und haben den Zweck, die der beabsichtigten Anlage entsprechendste, zweckmässigste Lage auf dem gegebenen Terrain, gewissen feststehenden Bedingungen gemäß, zu ermitteln, wobei vorab nur auf diejenigen Verhältnisse Rücksicht genommen werden kann, welche die Erreichung des Zweckes überhaupt bedingen, oder durch welche besondere Erschwerungen oder Begünstigungen der Ausführung bedingt werden.

Diese Vorarbeiten bilden dann die Unterlage des generellen Projektes der Anlage, welches nothwendig vorhanden sein muß, bevor zu den speciellen Vorarbeiten übergegangen werden kann, indem für diese immer schon eine nähere Bezeichnung des Terrains, in welchem gearbeitet werden soll, und eine allgemeine Disposition der Auf- und der Abträge vorhanden sein muß. Welcher Art die den speciellen Vorarbeiten zum Grunde zu legenden Untersuchungen sind, ist im vorigen Kapitel näher angegeben worden, und auf diese stützt sich vornehmlich der Ausführungsplan, welcher den örtlichen Verhältnissen genau angepaßt sein und alle Einzelheiten enthalten muß, welche bei der Ausführung zur Regelung der Formen, Abmessungen und Sicherheitsvorkehrungen dienen. Sie bilden sonach die Superrevision und häufig das Korrektiv für die ersten Arbeiten.

Ungeachtet dieses sichernden Ganges der Vorarbeiten ist es unter gewissen Umständen, insbesondere wenn durch die Voruntersuchungen die Ausführung in verschiedenen Richtungen oder Lagen zulässig erscheint, nicht ausgeschlossen, schon bei den generellen Vorarbeiten einzelne schwierige Punkte oder entscheidende Verhältnisse speciell zu untersuchen, um eine zu treffende Wahl gehörig begründen zu können.

Es sollen nun zunächst die Fälle erörtert werden, bei welchen in Folge der Specialuntersuchungen das generelle Projekt abgeändert werden muß, und dann zur näheren Bezeichnung der Abhängigkeit des Ausführungsplanes von den Bodenuntersuchungen insbesondere übergegangen werden.

8. Anordnungen in der allgemeinen Richtung.

Es muß hier vorausgesetzt werden, daß auf geometrischem Wege, wo nöthig auch durch Horizontalpläne bewiesen, die allgemeine Lage des betreffenden Werkes so ermittelt und die Höhenverhältnisse desselben so disponirt worden sind, daß sie in Bezug auf den Zweck der Anlage und der erforderlichen Massenbewegung als die vortheilhaftesten erachtet werden können. Durch jede Abweichung von diesen Bestimmungen wird daher entweder der Zweck der Anlage in weniger vollkommener Art oder mit einem größeren Kostenaufwande erreicht, nicht selten trifft aber Beides zusammen. Es werden also immer zunächst die mit der Aenderung

des Generalplanes verbundenen Nachtheile gegen diejenigen abgewogen werden müssen, welche durch diese neue Anordnung vermieden werden sollen. In den meisten Fällen sind die letzteren jedoch von solcher Art, daß sie eine Gefährdung der Sicherheit zum Gegenstande haben, und dann sind sie freilich von großem Gewichte. Zwar giebt es, wie im folgenden Abschnitt, die Ausführung betreffend, gezeigt werden wird, selbst unter den schwierigsten Verhältnissen, wenn diese nur gehörig und zeitig erkannt worden sind, Mittel zur Erlangung einer genügenden Sicherheit; die Anwendung derselben erfordert aber gewöhnlich einen sehr erheblichen Zeit- und Kostenaufwand.

Weniger dringend stellt sich die Nothwendigkeit einer Vergleichung dar, wenn das Motiv derselben nicht sowohl in der Unsicherheit der Lage des Werkes, als in dem Umstande zu suchen ist, daß dasselbe aus einem nur ungünstigen, vielleicht zweifelhaften, auf ein vollkommen sicheres und sonst geeignetes Terrain verlegt werden kann. In Fällen dieser Art gelingt es häufig, durch geringe Modifikationen in den Anforderungen, ohne Gefährdung des Zweckes wesentliche Verbesserungen in dem Plan anzubringen. Diejenigen Terrainbildungen, welche bei Feststellung der Lage solcher Werke möglichst zu umgehen sind, lassen sich unter folgende Rubriken bringen:

1. Sümpfe und Moore, Torf und Tribsand.
2. Stark abfallende Berglehnen mit vielen Wasserabsonderungen.
3. Einsattlungen in den Wasserscheiden und Mulden an den Gehängen.
4. Anschnitte von schräg abfallenden Thon- und Sandschichten, welche Wasser abführen.
5. Steinabhänge, auf welchen die Anlage theils im Einschnitt, theils im Auftrage liegen würde. Auch wirthschaftliche Rücksichten können in Folge der Bodenuntersuchungen Veranlassung zur Verlegung geben, z. B. Ueberschuß an Abtragsboden oder ungeeignete Qualität desselben zur Bildung der Dämme. In solchen Fällen ist es aber nicht schwer die Verhältnisse zu vergleichen und mit ziemlicher Sicherheit festzustellen, ob die Ersparungen bei entsprechender Verlegung einer Richtung die Nachtheile durch die verminderte Vollkommenheit der Anlage in solchem Mafse überwiegen, daß sie für das Unternehmen in seiner Gesamtheit als ein dauernder Gewinn betrachtet werden können.

9. Aenderung der Höhenlagen, der Auf- und Abträge.

Es sind vorstehend die Bedingungen besprochen worden, unter welchen die Verlegung, in Bezug auf den Zweck der Anlage, günstigsten Richtung, aus Gründen der Nothwendigkeit oder überwiegender ökonomischer Nützlichkeit gerechtfertigt werden kann; es ist aber auch darauf hingewiesen, daß unter Umständen bleibende Nachtheile dadurch herbeigeführt werden können, welche nöthigen, davon Abstand zu nehmen, selbst wenn es mit bedeutenden Opfern verbunden sein möchte.

In Fällen der letztgedachten Art giebt es noch ein Mittel, die Gefahr oder die zur Abwendung derselben erforderlichen Kosten zu vermindern, und zwar durch Abänderungen in den ursprünglich projektirten Planumshöhen der Auf- und Abträge.

Zunächst hängt es allerdings von dem besonderen Zwecke der Anlage ab, ob eine Aenderung in der Höhenlage überhaupt zulässig ist, ob nicht die dadurch an einem Punkte beseitigten Schwierigkeiten nur nach einem andern hin verlegt werden und ob endlich die Wirksamkeit der Anlage nicht an einzelnen Stellen dadurch beschränkt wird. Es darf daher bei Aenderungen dieser Art das Gesamt-

projekt nicht aus dem Auge gelassen werden, und dies um so weniger, als ein einzelner Eingriff in die Anordnung der Höhenlage an einer Stelle seinen Einfluss weit über dieselbe hinaus erstrecken und leicht eine Veränderung sämtlicher Höhenverhältnisse der Anlage nach sich ziehen kann. Mit allen zu Gebote stehenden Hilfsmitteln muß aber darauf hingewirkt werden, nicht durch Beseitigung einzelner Schwierigkeiten den allgemeinen Zweck zu gefährden oder herabzustimmen.

Gewöhnlich äußert sich das Bedürfnis einer Aenderung der Höhenlage aus Sicherheitsrücksichten, welche eine Verminderung der Einschnittstiefen oder der Auftragshöhen fordern oder wünschenswerth machen. Je tiefer die Einschnitte in abhängenden Bodenlagen ausgeführt werden, desto mehr wird das vorhandene Gleichgewicht gestört, wasserführende Flächen werden bloßgelegt und damit Abrutschungen des darüber liegenden Bodens befördert. Aus den bei den Bodenuntersuchungen gefundenen unhaltbaren Bodenschichten, Rutschflächen und Quellenlagern läßt sich beurtheilen, bis zu welcher Tiefe mit einem Einschnitte gegangen werden kann, um außer dem Einflusse dieser Verhältnisse zu bleiben. Es wird dann Gegenstand der Erwägung, ob unter Berücksichtigung des Zweckes der Anlage und der allgemeinen Höhenverhältnisse diese Tiefe als ausreichend zu erachten ist. Bei Anlagen, welche keine plötzlichen Uebergänge ihrer Planumshöhe zulassen, wie bei Deich-, Kanal- und in gewissen Grenzen auch Eisenbahnanlagen, wird eine für nöthig erachtete Verminderung der Einschnittstiefe immer eine Erhöhung der zunächst liegenden Aufträge zur Folge haben, und es muß daher gleichzeitig geprüft werden, welchen Einfluss dieser Umstand auf die Anlage im Ganzen und auf die Massendispositionen insbesondere ausüben wird.

Im Allgemeinen darf angenommen werden, daß es zur Bildung eines Planums, insbesondere bei Wegeanlagen, vortheilhafter ist, dasselbe durch Auf- als durch Abträge darzustellen, und letztere nur da anzuordnen, wo einzelne scharf auftretende Höhen, welche nicht umgangen werden können, sich über das Niveau des umgebenden Terrains erheben. Die Vortheile, welche in dieser Beziehung Aufträge gegen Abträge bieten, sind in ökonomischer Beziehung, daß bei gleichen Planumbreiten weniger Bodenmasse zu verarbeiten ist, indem bei letzteren immer noch die Breite der beiden Entwässerungsgräben in der vollen Tiefe der Einschnitte mit weggenommen werden muß. Hinsichtlich der Erhaltung spricht aber die ungleich einfachere und vortheilhaftere Entwässerung der benachbarten Ländereien für die Aufträge, welche auch in Bezug auf die Benutzung des Planums den Vorzug haben, weit weniger den Schneeeverwehungen und den Hebungen beim Froste ausgesetzt zu sein als die Einschnitte.

Wenn es daher nur als vortheilhaft erkannt werden muß, principaliter die Dämme den Einschnitten vorzuziehen, so stellen sich doch diesem System gewisse Grenzen entgegen, welche ohne Gefährdung nicht überschritten werden dürfen.

Vor Allem muß der Grundsatz fest im Auge behalten werden, daß, um sichere und haltbare Aufschüttungen zu bilden, nur gutes oder mit gutem reichlich gemengtes Schüttmaterial dazu verwendet werden darf, und dasselbe um so besser sein muß, je höher die Aufträge werden sollen. Es wird daher zunächst wieder von den Ergebnissen der Bodenuntersuchungen abhängen, ob Schüttungsmaterial von genügender Beschaffenheit und Masse in angemessenen Entfernungen von den Verwendungspunkten vorhanden ist.

Der zweite zu berücksichtigende Grundsatz ist der, daß dem durch Anschüttung zu belastenden natürlichen Boden Widerstandsfähigkeit genug beiwohnt, um dieselbe sicher tragen zu können. Am bedenklichsten wird die Zunahme der Auf-

tragshöhen auf stark geneigten Thalabhängen und Berglehnen, besonders wenn dieselben mit einer Lage kompressiblen oder unter starkem Druck ausweichenden Bodens bedeckt sind, wie es nur zu häufig der Fall ist. Da bei der Vermehrung der Belastung eines so gestalteten Bodens die auf Abgleitung wirkende Kraft in einem verstärkteren Verhältnisse wächst als die der Bewegung widerstrebende Reibung, so vermehrt sich auch mit dem Gewicht der Schüttung die Gefahr der Abgleitung. Es wird daher auch hier die Beschaffenheit des zu schüttenden Bodens die Grenze bestimmen, bis zu welcher Höhe der Auftrag mit Sicherheit angelegt werden kann.

Im folgenden Abschnitte, die Ausführung betreffend, wird dieser Gegenstand wieder aufgenommen und dabei das Verfahren näher erörtert werden, welches einzuhalten ist, um unter solchen Umständen die nöthige Standfähigkeit zu sichern und die Mittel dem Zwecke anzupassen.

10. Profile und Böschungen.

Bei Feststellung der Specialprojekte für Erdarbeiten, auf welche die Veranschlagung und die Ausführung sich gründen sollen, sind es besonders die Profile der Auf- und der Abträge, durch welche die Form der Anlage und die Masse der Arbeit bedingt wird. Dabei kommen das eigentliche Planum und die Böschungen in Betracht.

Ersteres ist wesentlich von dem Zwecke der Anlage abhängig, und da derselbe hier nicht in Betracht gezogen werden kann, so werden die dasselbe bestimmenden Massen und etwaigen Neigungen als gegeben vorausgesetzt, und das Planum tritt nur sofern in den Kreis dieser Erörterungen, als es sich um die Darstellung und Erhaltung desselben handelt. Dagegen leiten sich die anzuwendenden Böschungsneigungen, sofern es sich nur um ihre Standfähigkeit und Erhaltung gegen Witterungseinflüsse handelt, lediglich aus der Beschaffenheit des Bodens und seiner Lagerungsverhältnisse ab. Für jede Bodenart in ihrem normalen Zustande giebt es eine gewisse Neigung, den sogenannten Ruhewinkel, nach welcher sich die Böschungen derselben im natürlichen Wege von selbst gestalten und welche die Grenzen des Gleichgewichts der Elemente unter sich bezeichnet. Dieser Winkel ist aber, sobald die normalen Verhältnisse des Bodens sich ändern, selbst bei gleichem Material nicht immer derselbe und gewöhnlich ein anderer bei den Einschnitten als bei den Aufträgen, in trockenem oder in feuchtem Zustande.

Je größer die Kohäsion der Masse in ihrer natürlichen Lagerung ist, desto steiler ist der Ruhewinkel bei den Einschnittswänden, wogegen die Größe, Form und Festkantigkeit der gelöseten Materialientheile den Ruhewinkel der Anschüttung bedingt. Derselbe ist steiler bei trockenem als bei nassem Material und ändert sich bei einzelnen Bodenarten durch die bloße Einwirkung der Luft und Sonne, wie es bei fast allen Mergeln und denjenigen Bodenarten der Fall ist, welche leicht in Degeneration übergehen, d. h. ihr Dichtigkeitsverhältniß mit der Temperatur und dem Feuchtigkeitsgrade wechseln.

Man findet den Ruhewinkel des Materials für die Einschnitte, wenn dasselbe, soweit es thunlich ist, senkrecht abgestochen und den Einwirkungen der wechselnden Witterung preisgegeben wird, für die Aufträge durch Anschüttung gelöseten Materials, wobei die sich ohne weiteres Zuthun gestaltende Böschung denselben angiebt. Da sich der Ruhewinkel, wie schon erwähnt, nur auf den Zustand des Gleichgewichts bezieht und daher schon eine geringere äußere Einwirkung ausreichen würde, dasselbe zu stören und die Bewegung hervorzubringen, so muß der

bei Bildung der Auf- und Abträge in Anwendung zu bringende Böschungswinkel flacher gehalten werden als der ermittelte Ruhewinkel. Erfahrungsmässig genügt es in der Regel, $\frac{2}{3}$ des letzteren für die Ausführung anzunehmen.

Zur leichteren Berechnung und bequemerer Anwendung bei der Ausführung pflegt man die Neigung der Böschungen nicht in Winkelgraden der Kreiseintheilung, sondern durch Verhältnisszahlen der Höhe zur Breite der Basis auszudrücken, wobei erstere als Einheit angenommen wird. Eine Böschung, welche z. B. auf einen Fuß Höhe zwei Fuß ausladet, wird daher eine zweifüßige genannt u. s. w.

Unter Anwendung dieser Bezeichnung werden bei Feststellung von Specialplänen unter gewöhnlichen Umständen die Böschungen

- | | | |
|--|---------------------------------|--------|
| 1) in Gartenerde, Torf und anderem gleichartigem Boden | 2 | füßig, |
| 2) in Lehm und Sand | $1\frac{1}{2}$ | - |
| 3) in Thon, Kies und Gerölle | $1\frac{1}{4}$ | - |
| 4) in weichem Tagestein, Mergel | 1 | - |
| 5) in festem Gestein im Auftrage | $\frac{3}{4}$ | - |
| 6) in festem Gestein im Abtrage | $\frac{1}{2}$ bis $\frac{1}{8}$ | - |

angenommen. Da aber doch gewisse Bodenarten, wenn auch gleichnamig, doch in ihrer Standfähigkeit sehr verschieden sein können, so ist es immer nützlich und bei großen wichtigen Arbeiten nöthig, die bezüglichlichen Eigenschaften durch direkte Versuche zu ermitteln, um auf diesem Wege Gewissheit über die Zulänglichkeit der anzunehmenden Böschungsverhältnisse zu erlangen.

Insofern bei der Bildung von Einschnitten verschiedene Bodenarten durchfahren werden, ist es nöthig, jeder derselben die ihr entsprechende Böschung zu geben, die dann aber durch zwischengelegte bankettartige Absätze von einander gesondert werden.

Mit Ausnahme des festen Gesteins sind alle Bodenarten mehr oder weniger der Verwitterung, der Auflösung oder der Wegspülung durch Wasser ausgesetzt. Um daher die Form sowohl als den Körper der Anlage zu sichern, ist es nöthig, die dem Einfluß der Witterung ausgesetzten Außenflächen so zu befestigen, daß sie den bezeichneten Einwirkungen Widerstand zu leisten vermögen. Diese Befestigung wird entweder durch Steinrevetements oder durch einen Ueberzug von fruchtbarer Erde mit einer schützenden Vegetation auf derselben erlangt. Aus den Bodenuntersuchungen wird sich ergeben, welche geeigneten Materialien, Steine, Rasen oder Muttererde, für die verschiedenen Strecken verfügbar zu machen sind.

Zu den Schutzmitteln der Böschungen rechnete man sonst auch die schmalen Bankette, welche man alle 6—8 Fuß mit 2 Fuß Breite anlegte, und welche allerdings die Böschungsbekleidung stützen und die Bewirthschaftung erleichtern, aber in jüngster Zeit meist verworfen werden, weil sie dem Abfluß des Tagewassers nur hinderlich sind und eine große Mehr-Masse bei den Erdarbeiten ergaben. Ein 2füßiges Grabenbanket und vielleicht noch eins in 15—18 Fuß Höhe, oder wo Fels und Boden wechseln, genügen meistens. Bei Felsboden läßt man am besten alle, sogar das Grabenbanket weg.

Im festen Felsen pflegen zwar die Einschnittswände noch zu stehen, wenn sie vertikal niedergebrochen werden, und oft besser, als wenn sie geböscht werden; dennoch empfiehlt es sich auch hier recht vorsichtig zu verfahren. Manche Steinarten zeigen beim Brechen eine sehr große Festigkeit und ein so massives Gefüge, daß man leicht dazu verleitet werden kann, dieselben für wetterbeständig zu halten, während sie es nicht sind, nach einiger Zeit spalten, verfrieren, sich auflösen und massenweis herunterstürzen und den Einschnitt gefährden.

Von wesentlichem Einfluß für die Sicherheit von Erdwerken ist die Konstruk-

tion der Profile in oder auf stark abfallenden Bodenlagen, wo ohne geeignete Vorkehrungen ein Abrutschen des seiner Stütze beraubten gewachsenen Bodens oder der Anschüttung möglich ist. Da die grössere oder geringere Wahrscheinlichkeit einer Abrutschung von dem Zwecke dieser Neigung, dem Vorhandensein wasserführender Schichten, in Wasser auflös- und zerdrückbarer Bodenlagen, von der Bedeckung des gewachsenen Bodens mit verwitterten oder angeschwemmten Erdlagen, der Kohäsion etc. abhängig ist, so müssen diesen Umständen entsprechend die erforderlichen Sicherheitsmassregeln angeordnet und in den Ausführungsplan aufgenommen werden.

Zur Vermeidung von Abrutschungen in den Einschnitten ist das zuverlässigste Mittel Entlastung der Rutschflächen; je steiler dieselben aufgerichtet stehen, desto mehr müssen sie entlastet, ja unter Umständen ganz bloßgelegt werden. Eine Beschränkung hierin aus Sparsamkeitsrücksichten hat sich immer als übel angebracht erwiesen, da, wenn einmal Bewegung eintritt, der Umfang der Räumungs- und dann doch nicht zu vermeidenden Entlastungsarbeiten gar nicht zu ermessen ist. Die Sicherung der Anschüttungen auf schiefen Ebenen erfordert die gleichzeitige Anwendung verschiedener Sicherheitsmassregeln, deren Umfang von der Masse der Auftragung und dem Abhange des Terrains und dessen Beschaffenheit abhängig ist.

Als erste und für alle Fälle, der Auftrag mag hoch oder niedrig sein, zu beachtende Regel ist zu bezeichnen, daß das zu beschüttende Terrain vorher vollkommen entwässert werden muß, und zwar nicht nur in der Oberfläche, sondern bis auf den ursprünglichen gewachsenen Boden hinab, welcher gewöhnlich das eigentliche Quellenlager bildet. Nächst der Entwässerung dient die Vorbereitung des zu beschüttenden Bodens zur Gestaltung eines zuverlässigen Auftrags, und es besteht dieselbe darin, daß zunächst die ebene, lockere, kompressible, auflösliche oder verschiebbare Bodenschicht, welche die Abhänge meist zu bedecken pflegt, gänzlich entfernt wird. Je höher und schwerer der Auftrag werden soll, desto weiter muß mit dieser Abdeckung und, wenn man ganz sicher sein will, bis auf den gewachsenen Boden gegangen werden. Letzteres wird unerläßlich, wenn die Oberfläche desselben zugleich das Quellenlager bildet.

Da die Aufträge auf schiefen Ebenen nur durch die Reibung in ihrer Lage erhalten werden, so sind alle Mittel aufzubieten, um dieselbe zu vermehren. Es kann dies durch Vergrößerung der tragenden Fläche oder durch Vermehrung der Reibungswiderstände mittelst Einschneidung stufenförmiger Absätze erlangt werden. Ebenso richtig ist häufig die Disposition eines kräftigen Gegengewichtes am Fusse der einseitigen Dämme in Form von trocknen Stützmauern, denen man eine nach innen geneigte Basis giebt.

Für den Zweck der Feststellung der Specialprojekte und Arbeitspläne werden diese Andeutungen ausreichen, da die weitere Erörterung der maßgebenden Bedingungen und Anwendung der bezeichneten Hilfsmittel in den über die Ausführung handelnden Abschnitt gehört.

11. Entwässerungen.

Als eigentliches erhaltendes Princip bei allen baulichen Anlagen, insbesondere aber bei den Erdbauten, kann die Entwässerung betrachtet werden, weshalb dieselbe bei der Feststellung irgendwelchen Bauprojektes niemals aus dem Auge gelassen werden darf.

Das Wasser, welches entweder unmittelbar als atmosphärischer Niederschlag

oder schon durch den Boden gedrungen, in der Quellenbildung begriffen ist, wirkt in doppelter Art auf die Zerstörung von Erdwerken und zwar durch Auflösung und durch Fortführung der davon durchdrungenen Massen.

So geringfügig auch die darauf bezüglichen Wirkungen des Wassers an einem einzelnen Punkte oder in einem gewissen Zeitraum erscheinen mögen, so überraschend mächtig stellen sich die Gesamtwirkungen heraus, da der Angriff, insbesondere der der Quellen, ein immerwährender, nie ruhender ist, und der feinste Wasserfaden, in der unbegrenzten Zeit seines Laufes, die größten Massen durchdringen oder in seinem Abfluß gehindert zu einem See aufgestaut werden kann, der zuletzt alle Schranken durchbricht. Dieser in seiner Vereinzelung so unscheinbare Feind ist aber deshalb so gefährlich, weil er sich meistens dem Auge entzieht und oft erst entdeckt wird, wenn er das Zerstörungswerk vollbracht hat. Selbst da, wo das Quellwasser in der Undurchdringlichkeit des Bodens einen Gegner seiner auflösenden und bewegenden Kraft findet, kann dasselbe noch durch den Zutritt des Frostes zerstörend wirken.

Weniger gefährlich für die Sicherheit der Anlage sind die unmittelbaren Wirkungen des Regenwassers, weil dasselbe zunächst nur die Oberfläche betrifft, zugänglich und sichtbar ist und daher offen und unmittelbar seinem schädlichen Einflusse entgegengearbeitet werden kann. Dies ist aber auch unerläßlich, da, wenn es versäumt wird, nicht viel geringere Zerstörungen durch dasselbe angerichtet werden können, als durch die Quellen.

Aus den verschiedenen Wirkungsarten des Wassers in diesen beiden Gestalten ergibt sich schon, daß auch verschiedene Mittel angewendet werden müssen, um dieselben für die Anlagen unschädlich zu machen.

Das Regenwasser erfordert nur eine schnelle und ungehinderte Abführung, damit es nicht Zeit gewinnt, in den Boden einzudringen und lösend zu wirken oder Quellen zu bilden. Dabei muß aber auf solche Einrichtungen Bedacht genommen werden, daß das abfließende Tagewasser die Oberfläche des Bodens nicht angreifen und Theile desselben mit fortführen kann. Eine derartige Entwässerung erfordert zwei verschiedene Operationen, nämlich die Sammlung und demnächst die Abführung des Wassers aus dem Bereiche der Anlage.

Das Regenwasser fällt in ziemlich gleichmäßiger Vertheilung auf die Bodenoberfläche nieder und sammelt sich auf derselben, bis es eindringt oder abfließt.

Letzteres wird durch das Vorhandensein eines Abhanges bedingt und erfolgt desto schneller und vollständiger, je stärker derselbe ist. In den niedrigsten Punkten treffen daher die von den geneigten Flächen abfließenden Wasser zusammen und bewegen sich dann, dem Bodenabhange folgend, meist in selbst ausgehöhlten Betten weiter.

Dies natürliche Entwässerungssystem auf künstliche Terrainbildungen übertragen, entspricht dann auch dem Zwecke am vollständigsten, sofern die Anlagen der Bodenschicht gehörig angepaßt werden.

Zunächst muß daher Sorge dafür getragen werden, daß jede Aussenfläche eines Erdwerkes eine solche Neigung erhält, um dem darauf fallenden Regenwasser einen schnellen Abfluß zu gewähren. Diese Neigung muß dahin gerichtet werden, wo eine weitere Abführung des Wassers möglich ist. Das von diesen Flächen abfließende Wasser wird zunächst in Rinnen, Gräben, Kanälen oder Bassins auffangen oder gesammelt und so concentrirt nach den natürlichen Lösepunkten geleitet. Bei der Disposition dieser Wassersammlung ist zu beachten, daß

1. das Gefälle, beziehungsweise die Tiefe der Leitgräben so regulirt wird, daß

es für geringe Wassermengen, welche bei ihrem Abfluß viele kleine Hindernisse zu überwinden haben, entsprechend vermehrt wird;

2. die Größe der Sammelkanäle zu der der Flächen, von welchen denselben das Wasser zugeführt wird, in ein richtiges Verhältniß gebracht werde;
3. bei starken Gefällen, welche eine Beschleunigung der Bewegung des Wassers erzeugen, die Abzugsgräben in einer Weise befestigt werden, welche den Angriff des Bodens verhindert;
4. die Dichtung der in der neuen Anlage selbst oder unmittelbar dabei anzulegenden Abzugskanäle so bewirkt werde, daß das Eindringen des Wassers aus denselben in den Körper oder den tragenden Boden gänzlich verhindert wird.

Soweit müssen die Entwässerungsanlagen im Specialplan vorgesehen und in denselben aufgenommen werden, indem sich Dispositionen mancher Art daran knüpfen und davon abhängig werden. Das Detail bleibt dann der Ausführung überlassen.

Es dürfte hier der geeignete Ort sein, um einen mit der Entwässerung grösser Anlagen eng zusammenhängenden Gegenstand zur Sprache zu bringen, der häufig schon Veranlassung zu Streitigkeiten mit den benachbarten Grundbesitzern gegeben hat, die in vielen Fällen durch zweckmäßige Anordnung des Ausführungsplans vermieden werden können. Derselbe bezieht sich nämlich auf die Concentration des Regenwassers, welches, durch die betreffende Anlage in seinem ursprünglichen Abfluß gestört, in Sammelkanäle aufgefangen und an einzelne tief liegende Punkte abgeführt wird. Durch dieses Verfahren verändern sich die Verhältnisse der unterhalb liegenden Ländereien nicht unwesentlich; denn theils verlieren die zwischen zwei so concentrirten Wasserläufen liegenden Bodenflächen diejenige Bewässerung, welche früher durch Ueberrieselung des nicht concentrirten Regenwassers stattgefunden hat, anderntheils richtet die durch Concentration des Wassers erzeugte oder vermehrte Strömung in den Niederungen durch Wegspülung des lockeren fruchtbaren Bodens oder Abbruch der Ufer schon bestehender Wasserläufe mehr oder weniger Schaden an. Es ist wesentlich Sache der speciellen Feststellung des Ausführungsplans, diesen Umständen möglichst vorzubeugen und eine Geldentschädigung für Deterioration erst dann an die Grundbesitzer eintreten zu lassen, wenn durchaus kein Mittel aufzufinden ist, die Beschädigung zu vermeiden.

Schwierig ist es immer, eine so verlorene Bewässerung wieder herzustellen, weil die Abführungskanäle des concentrirten Wassers gewöhnlich so tief angelegt werden müssen, daß es nicht wieder bis zur ursprünglichen Höhe gebracht werden kann. Bei sorgsamer Terrainerforschung in den einzelnen Fällen, besonders aber bei einigermaßen abhängigem Boden lassen sich Mittel finden, das concentrirte Wasser wieder so zu vertheilen, daß der ursprüngliche Zustand entweder ganz oder doch für den größten Theil der betroffenen Fläche wieder erzeugt werden kann. Parallelgräben und kleine Schleusenanlagen erweisen sich dabei als sehr nützlich.

Die Nachtheile, welche durch Concentration grösserer Wassermassen in flache Ackermulden ohne markirten Wasserlauf oder in Betten, welche sich für geringere Zuflüsse gebildet hatten, entstehen, lassen sich fast immer durch Anlage eines neuen oder Erweiterung und Befestigung eines schon bestehenden Wasserbettes beseitigen. Es kommt nur noch darauf an, zu bestimmen, wie weit mit diesen Anlagen oder Regulirungen abwärts gegangen werden muß.

Auch bei Disposition eines stetigen Gefälles bei Durchstechung einer flachen Wasserscheide werden vor Feststellung des Specialplanes die Vorfluthverhältnisse der auf beiden Seiten des Höhenzuges liegenden Niederungen einer sorgfältigen Prüfung unterworfen werden müssen, um die Ueberzeugung der Unschädlichkeit zu erlangen, namentlich um vorhandenen gewerblichen Anlagen nicht das benöthigte Sammelwasser zu entziehen.

In Betreff der sonstigen, bei Feststellung des Specialplanes noch zu berücksichtigenden Nebenanlagen, in Betreff der öffentlichen Kommunikation, bestehender Etablissements, Be- und Entwässerungsanlagen u. s. w., so bestimmen sich dieselben lediglich aus den örtlichen Verhältnissen und werden hier nur erwähnt, um darauf hinzuweisen, daß sie wegen der Massendisposition nicht außer Acht gelassen werden dürfen, woraus bei der Ausführung leicht Verlegenheiten entstehen können.

Die Entwässerung des Planums selbst und der Böschungen wird je nach dem speciell angestrebten Zweck erreicht durch Steinrigolen, Sickerdolen, Faschienaden namentlich aber durch Drainagen, und diese Entwässerungsmethoden und ihre Anwendungsweise sollen seiner Zeit bei dem Kapitel über die Ausführungsarbeiten erörtert werden.

Drittes Kapitel.

Massen - Ermittlungen.

12. Erdberechnungsmethoden.

Wenn schon bei vereinzelt kleineren Arbeiten es keinen Schwierigkeiten unterliegt, den körperlichen Inhalt der zu bewegenden Erdmassen auf stereometrischem Wege in aller Schärfe zu ermitteln, und es dazu hier keiner weiteren Anweisung bedarf, so würde für große Anlagen von umfassender Ausdehnung dieser Weg einen größeren Zeit- und Arbeitsaufwand erfordern, als dafür gewöhnlich zur Verfügung steht; und es muß deshalb daran gedacht werden, den Gang der Ermittlungen zu vereinfachen und durch Anwendung geeigneter Hilfsmittel die Arbeit zu erleichtern und zu beschleunigen.

Die Aufgabe ist nicht schwierig, weil gerade bei größeren Arbeiten dieser Art gewisse Formen und Maße durchgreifen, aus welchen für die Berechnung konstante Faktoren abgeleitet werden können. Mit Hülfe derselben wird das Geschäft der Raumermittlung schon sehr erleichtert, dasselbe kann aber noch erheblich vereinfacht werden, wenn diese Faktoren so konstruiert und in Tafeln zusammengestellt sind, daß durch bloßes Ablesen oder einfache Multiplikation mit den veränderlichen Größen der körperliche Inhalt in den üblichen Einheitsmaßen ausgedrückt gefunden wird.

Solche Hülftafeln sind in mannigfacher Art und Form bearbeitet worden; die meisten derselben beschränken sich mit Recht auf bestimmte Anlagen mit feststehenden Abmessungen und Böschungsanlagen und sind daher nicht allgemein anwendbar, wenn dabei auch die am häufigsten vorkommenden Formen berücksichtigt sind. Es ist die Bestimmung der Kronenbreite und des Profiles jedoch eine

bei jeder neuen Anlage so spezifische Sache, daß sich die Rechnung einer neuen Tabelle, welche höchstens 10—14 Tage Arbeit eines gewandten Calculators erfordert, stets empfiehlt und die unten gegebene derartige Zusammenstellung nur als Muster dienen soll und zum Gebrauch bei generellen Arbeiten, oder Arbeiten in ganz ähnlichem Terrain.

Unter der Voraussetzung bestimmter Sohlenbreiten der Einschnitte oder Kronenbreiten der Aufträge sowie der Böschungsverhältnisse, sind die Tiefen der ersteren oder die Höhen der letzteren die einzigen veränderlichen Größen, welche bei der Raumberechnung in Betracht kommen; und werden daher für die verschiedenen Kombinationen der wechselnden Höhen oder Tiefen die körperlichen Inhalte, den Normalprofilen entsprechend, berechnet, so bedarf es allerdings nur eines Aufsuchens der begrenzenden Höhen oder Tiefen des Körpers, um dessen Inhalt aus der betreffenden Tabelle finden zu können.

In Betreff der Richtigkeit solcher, nur aus den Höhen- (oder Tiefen-) Breiten und Böschungsneigungen ermittelten Körperinhalte, so ist dieselbe allerdings nur unter der Voraussetzung anzunehmen, daß die Oberfläche des natürlichen Bodens, welcher abgestochen oder beschüttet werden soll, der Länge nach zwischen zwei Ordinaten regelmässig ansteigt oder fällt, und in der Quere, rechtwinkelig auf der Längsachse kein Seitenabhang stattfindet. Beiden Bedingungen wird aber nur in sehr ebenen Gegenden entsprochen, und je grösser die Abweichung von denselben sich darstellt, desto unrichtiger werden die unter ihrer Voraussetzung ermittelten Werthe. Um daher den Unebenheiten des Bodens auch hinsichtlich des Seitenabhanges gehörig Rechnung zu tragen, ist es nöthig, ausser den veränderlichen Höhen in der Achslinie auch noch die veränderlichen Seitenabhänge bei der Raumermittlung zu berücksichtigen.

Es ist daher üblich, bei den Körperberechnungen der Auf- und Abträge die Querprofile für jede Ordinate aufzutragen, den Flächeninhalt derselben zu berechnen und aus der Verbindung des letzteren mit der Entfernung der Querprofile von einander den körperlichen Inhalt zu ermitteln. Abgesehen aber davon, daß die Flächenberechnung vieler Hunderte ja Tausende von Querprofilen auf geneigten Grundlinien eine sehr mühsame und zeitraubende Arbeit ist, so wird die eigentliche Körperberechnung noch dadurch erschwert, daß, ohne die Richtigkeit derselben zu gefährden, der Inhalt dieser Querprofile nicht unmittelbar in Rechnung gestellt werden darf. Wenngleich es ziemlich allgemeiner Gebrauch ist, das arithmetische Mittel des Inhalts zweier auf einander folgenden Querschnitte als den eines mittleren, durch den Schwerpunkt des zwischenliegenden Körpers gelegten Querprofiles zu behandeln, so ergibt sich doch aus einfacher Prüfung und Vergleichung, daß das Verfahren kein richtiges ist und falsche Resultate geben muß.

Es giebt zwar einen Weg aus dem Flächeninhalte der Querprofile den Körperinhalt richtig zu berechnen, durch denselben wird aber der Inhalt desjenigen Querschnitts gefunden, in welchem der Schwerpunkt des Körpers liegt, und welcher mit der Länge desselben multiplicirt seinen kubischen Inhalt giebt.

Sind die Flächeninhalte dreier, l' und l'' von einander entfernt liegenden Querschnitte eines Körpers q , q' und q'' bekannt, so ist der zwischen q und q'' liegende Inhalt desselben

$$k = \frac{1}{6} (l' + l'') \cdot [2(q + q' + q'') + \frac{l'}{l''} (q' - q) + \frac{l''}{l'} (q' - q'')].$$

Dieser Ausdruck ist allgemein und auch für Körper mit gebogenen Oberflächen zu benützen, wenn die Querprofile nicht allzusehr in der Form von einander abweichen. Für den Gebrauch bei umfassenden Arbeiten ist derselbe aber wenig

geeignet und wird daher nur angewendet, wenn einzelne Körper berechnet werden müssen, deren Form aus keinem bestimmten Gesetze folgt.

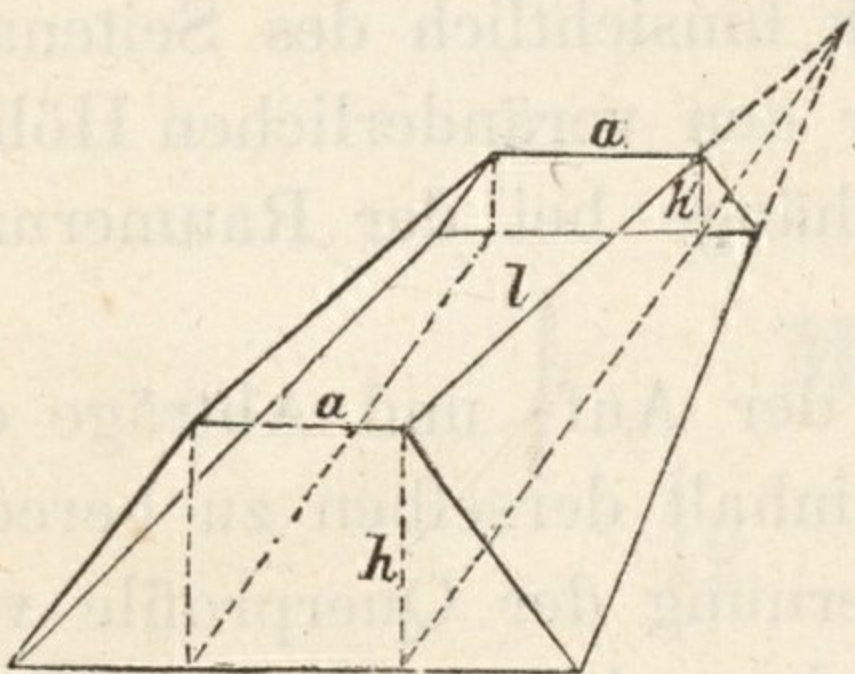
Vereinfacht wird der Ausdruck, wenn die Entfernungen der Querschnitte also $l' = l''$ genommen werden und die Summe mit l bezeichnet wird. Es ist dann

$$k = \frac{1}{6} l (q + 4q' + q'').$$

Aber selbst in dieser Vereinfachung bleibt die Operation weitläufig und gestattet keine Anwendung von Hülftafeln, weshalb dieselbe bei umfangreichen Arbeiten nicht füglich zur Anwendung gebracht werden kann und sich nur bei Berechnungen für Körper in außergewöhnlichen Formen empfiehlt, und man möge sich ja hüten hierin zu minutiöse zu sein, da der gefundene Genauigkeitsgrad — ganz weitläufige Operationen ausgeschlossen — immer noch ein sehr geringer und in keinem Verhältnisse zur aufgewendeten Mühe stehender zu nennen ist. —

Wird auf Körper von außergewöhnlichen Formen nicht Rücksicht genommen und eine allgemein anwendbare Berechnungsart für diejenigen Formen gesucht, wie solche bei den Erdarbeiten fast durchgängig vorzukommen pflegen, so können in ziemlich einfacher Art noch ganz richtige Resultate erlangt werden.

Die am gewöhnlichsten vorkommende Form der Erdarbeiten ist diejenige, bei welcher der Querschnitt sowohl für die Einschnitte als für die Aufträge ein Trapez darstellt, welches nach gewissen Gesetzen gebildet wird und daher eine gleichartige Berechnungsweise des zugehörigen Körpers gestattet.



Bei Voraussetzung einer gleichbleibenden Kronen- oder Sohlenbreite a und Böschungsneigung $\frac{1}{n}$ eines Körpers von der Länge l , erscheint der kubische Inhalt desselben auf der Quere nach ebenem Terrain von den Höhen h und h' der begrenzten Querschnitte abhängig.

Jeder so gestaltete Körper läßt sich nach der nebenstehenden Figur in drei Theile zerlegen, den mittleren, welcher einen abgekürzten Keil, und zwei gleiche Seitenkörper, von welchen jeder eine abgekürzte dreiseitige Pyramide bildet.

Der Inhalt des Mittelkörpers ist danach

$$a l \left[\frac{h + h'}{2} \right]$$

der der beiden Seitenkörper

$$\frac{n \cdot l}{3 (h - h')} \cdot [h^3 - h'^3]$$

Da es sich, um die Ausdrücke allgemein für jede beliebige Länge, Breite und Böschungsneigung anwenden zu können, zunächst nur um die Erlangung von Verhältniszahlen handelt, so kann die Breite $= 1$ Fuß, die Böschung 1 füßig, also $\frac{1}{n} = 1$, und die Länge $l = 1$ Ruthe $= 12$ Fuß angenommen werden. Die Verhältniszahlen des Inhalts des Körpers sind dann, in Schachtruthen zu 144 Kubikfuß ausgedrückt,

$$\text{für den Mittelkörper } a = \frac{h + h'}{24}$$

$$\text{für die beiden Seitenkörper } b = \frac{h^3 - h'^3}{36 (h - h')}$$

Werden nun diese Verhältniszahlen für alle Kombinationen zwischen h und h' bis

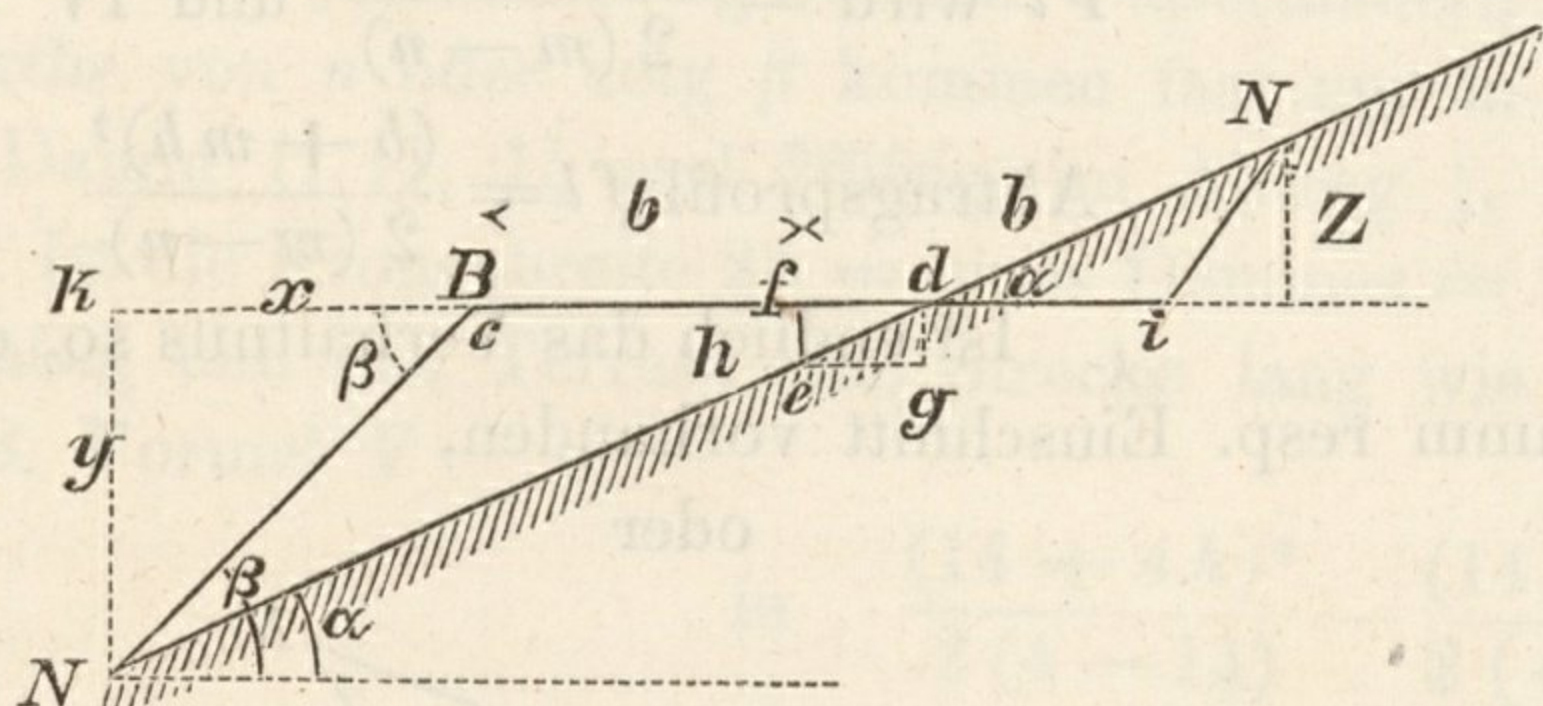
zu einer gewissen Grenze berechnet und in einer Tafel zusammengestellt, so kann mit Hülfe derselben der kubische Inhalt des Körpers leicht in Schachtruthen gefunden werden, wenn man die Verhältnißzahl

für den Mittelkörper mit der Breite in Füssen,

für die Seitenkörper mit dem Nenner n der Böschungsneigung $\frac{1}{n}$

und die Summe beider in der Länge des Körpers l in Ruthen ausgedrückt, multiplicirt.

Die auf solchem Wege gefundenen Massen sind aber nur unter der vorerwähnten Voraussetzung richtig, daß die Oberfläche des betreffenden Terrains keinen bedeutenden Seitenabhang besitzt. Wenn dies der Fall ist, bedarf das Ergebniss einer Korrektion.



Ist NN die Neigungslinie eines Terrainabschnittes mit dem Neigungs-Winkel α gegen die Horizontale; NB die Neigung der Bahnböschung mit dem Winkel β gegen die Horizontale $b = b =$ der halben Kronenbreite (in Abträgen die Grabenbreite und Wasserban-

kets mit gerechnet) und $fe = \pm h$ die Auftrags- resp. die Abtragshöhe, so ist:

$$eg : dg = 1 : tg \alpha, \text{ und da } eg = fd \text{ und } dg = fe$$

$$fd : h = 1 : tg \alpha$$

$$\frac{h}{tg \alpha} = fd = h \cdot \cotg \alpha$$

demnach ist

$$cd = b + h \cotg \alpha$$

$$di = b - h \cotg \alpha$$

oder wenn der Ausdruck $\cotg \alpha$, welcher also eine Verhältnißzahl bedeutet, mit m bezeichnet wird:

$$cd = b + hm; di = b - hm$$

Nun ist ferner

$$fd : fe = kd : kN$$

oder

$$h \cdot m : h = (b + hm + x) : y$$

und da

$$x : y = 1 : tg \beta, \text{ also } x = \frac{y}{tg \beta}$$

$$x = y \cotg \beta; \text{ nennt man nun wieder } \cotg \beta = n$$

so wird

$$hm : h = (b + hm + yn) : y$$

$$yhm = hb + h^2m + hyn$$

$$y(hm - hn) = \frac{hb + h^2m}{h(m - n)}$$

und

$$y = \frac{b + hm}{m - n}$$

Die Fläche cdN mit der Basis $cd = b + hm$ und der Höhe y wird also

$$I \quad Fl = \frac{(b + hm)^2}{2 \cdot (m - n)}$$

Die Querschnittsfläche des Abtrages $diN = fl$ findet sich dagegen durch Ermittlung der Höhe z .

Es ist nämlich

$$b + hm : y = a - hm : z$$

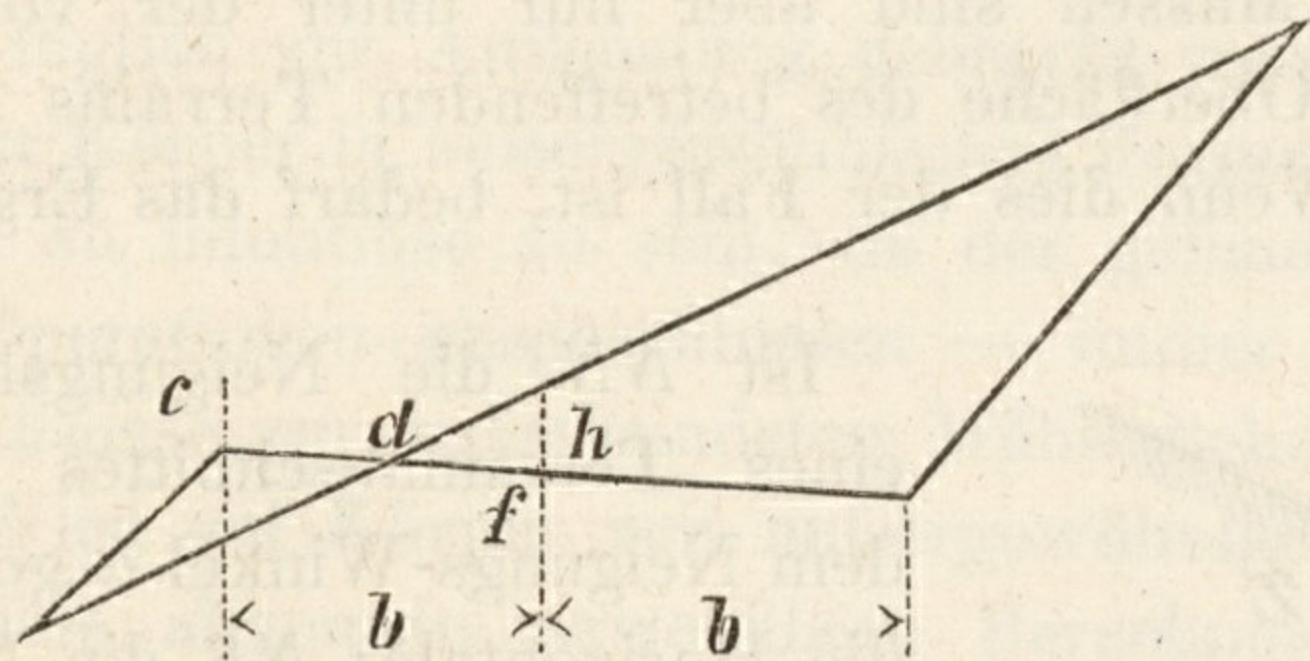
$$b + hm : \frac{b + hm}{m - n} = a - hm : z$$

und hieraus schliesslich, da $fl = \frac{b - hm}{2} \cdot z$

$$\text{II} \quad fl = \frac{(b + hm)^2}{2(m - n)}$$

Beide Gleichungen sind nur richtig so lange die halbe Bahnkronenbreite $b > mh$.

Liegt, wie folgende Figur zeigt, der grössere Theil des Profils im Abtragen,



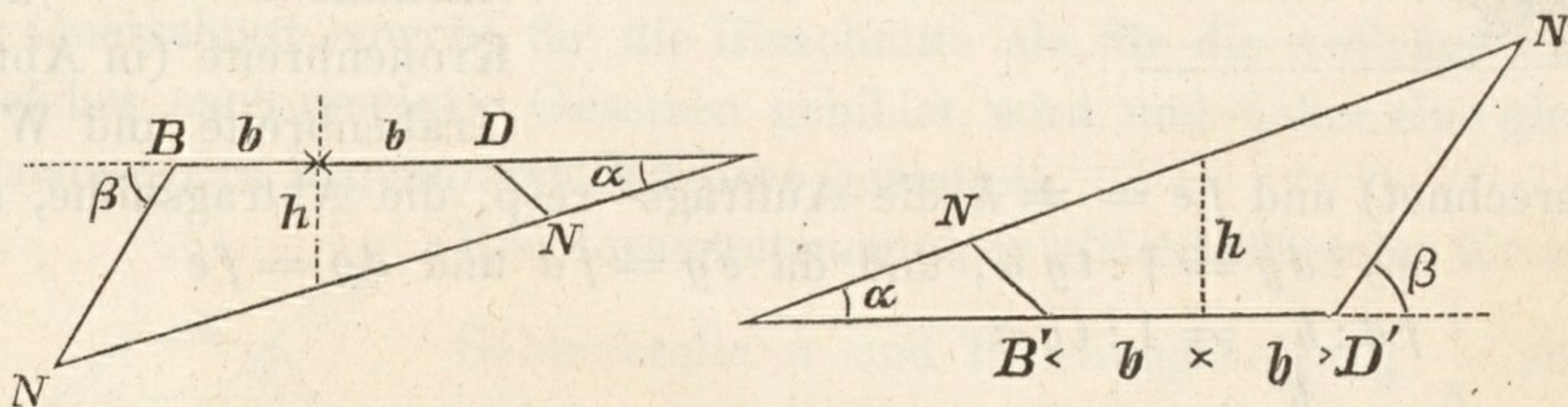
so ist cd nicht $= b + hm$, sondern $= b - hm$

und die Gleichung wechselt eben das Vorzeichen, d. h. III das Dammprofil

Fl wird $= \frac{(b - mh)^2}{2(m - n)}$ und IV das

Abtragsprofil $fl = \frac{(b + mh)^2}{2(m - n)}$

Ist endlich das Verhältniss so, dass kein Anschnitt, sondern reiner Damm resp. Einschnitt vorhanden, also oder



also $b < mh$

dann treten Fl und fl mit $\pm$ zusammen, wenn das ganze Auftrags- resp. Abtragsprofil bezeichnet werden soll, mithin

$$\text{V der Damm } NNDB = \frac{(b + mh)^2}{2(m - n)} - \frac{(b - mh)^2}{2(m + n)}$$

$$\text{und VI der Abtrag } N'N'D'B' = \frac{(b + mh)^2}{2(m - n)} - \frac{(b - mh)^2}{2(m + n)}$$

Will man möglichst genau rechnen, so bestimmt man die Erdkörper aus 3 aufeinander folgenden Profilen F, F_i, F_u , welche in Entfernungen l_i, l_u , die zusammen $= l$ sind, von einander abliegen, nach der bekannten Formel

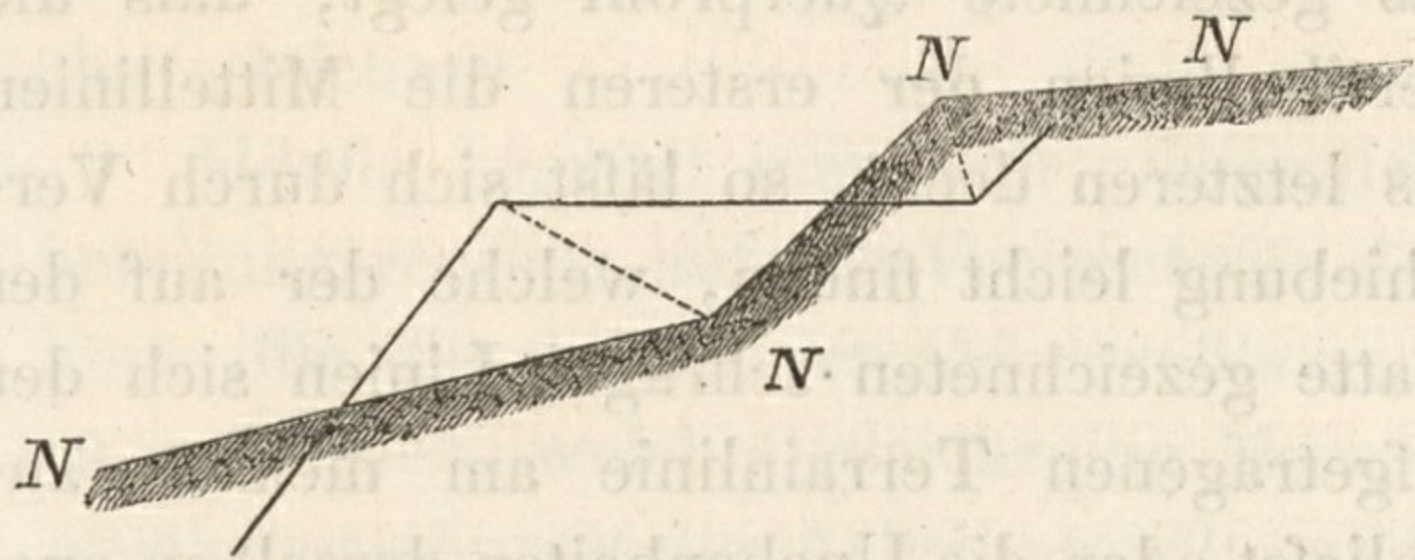
$$\begin{aligned} \text{der Inhalt } J &= \frac{l_i + l_u}{2 \cdot 3} \left(2(F + F_i + F_u) + \frac{l_u}{l_i} (F_i - F) + \frac{l_i}{l_u} (F_i - F_u) \right) \\ &= \frac{l}{6} \left(F + 4F_i + F_u + \left[\frac{F_i + F}{l_i} + \frac{F_u - F_i}{l_u} \right] (l_u - l_i) \right) \end{aligned}$$

und wenn die Profilstände l_i und l_u gleich gross sind, also jeder $= \frac{l}{2}$

$$J = \frac{l}{6} (F + 4F_1 + F_2)$$

In der gewöhnlichen Praxis dagegen mittelt man in der Regel nur die zwei nächsten an einander liegenden Profile $\frac{F \text{ und } F_i}{2} \cdot l = J$, und es ist dies auch in Anbe-

tracht der vielen Terrain-Unregelmässigkeiten und unberücksichtigten Zwischenprofile, welche die oben berechneten Körper alteriren, meistens genau genug für die Praxis der Verdingung und Bau-Ausführung. Ist das Querprofil ein gebrochenes, z. B. $NNNN$ in der nebenstehenden Figur (S. 33.), so muss es aufgetragen und Auf- und Abtragskörper aus den betreffenden Dreiecken und zugehörigen Höhen berech-



net werden; liegt Damm oder Abtrag aber ganz auf oder unter dem gebrochenen Profil, so kann man auch den Winkel α aus einer Verwandlung der Figuren finden.

Um die eben berechneten Formeln für den Gebrauch möglichst handlich zu machen, berechnet man sich eine Tabelle des Werthes m oder $\cotg \alpha$ von Grad zu Grad, wobei man nicht weiter als von 4 bis zu 30 Grad zu gehen braucht, da Böschungen unter 4 Grad oder $\frac{1}{20}$ fast gar keinen Einfluss auf das Resultat haben, solche von mehr als 30 Grad oder über $1\frac{1}{2}$ fache Anlage schon Futtermauern und Stützmauern erfordern. Die Werthe von n oder $\cotg \beta$ kommen fast nur in 5 bis 6 Abweichungen vor, d. i. im Damm $1, 1\frac{1}{4}, 1\frac{1}{2}$ und 2 füßig, im Abtrag $\frac{1}{3}, \frac{1}{2}, \frac{3}{4}, 1, 1\frac{1}{4}$ und $1\frac{1}{2}$ füßig.

Ist die Kronenbreite $2b =$ eines Dammes $= 28$ Fufs, die Böschungen desselben $1\frac{1}{2}$ füßig und das Terrain eine Strecke lang wie $1:4$ geneigt, so verwandelt sich z. B. Formel V

$$\begin{aligned} \text{in} \quad & \frac{(14 + 4h)^2}{2(4 - 1\frac{1}{2})} - \frac{(14 - 4h)^2}{2(4 + 1\frac{1}{2})} \\ &= \frac{(14 + 4h)^2}{5} - \frac{(14 - 4h)^2}{11} \end{aligned}$$

wenn die Dammhöhe beispielsweise 6 Fufs, so ist das Profil

$$Fl = \frac{1444}{5} - \frac{100}{11} = \text{rund } 279,7 \text{ □Fufs.}$$

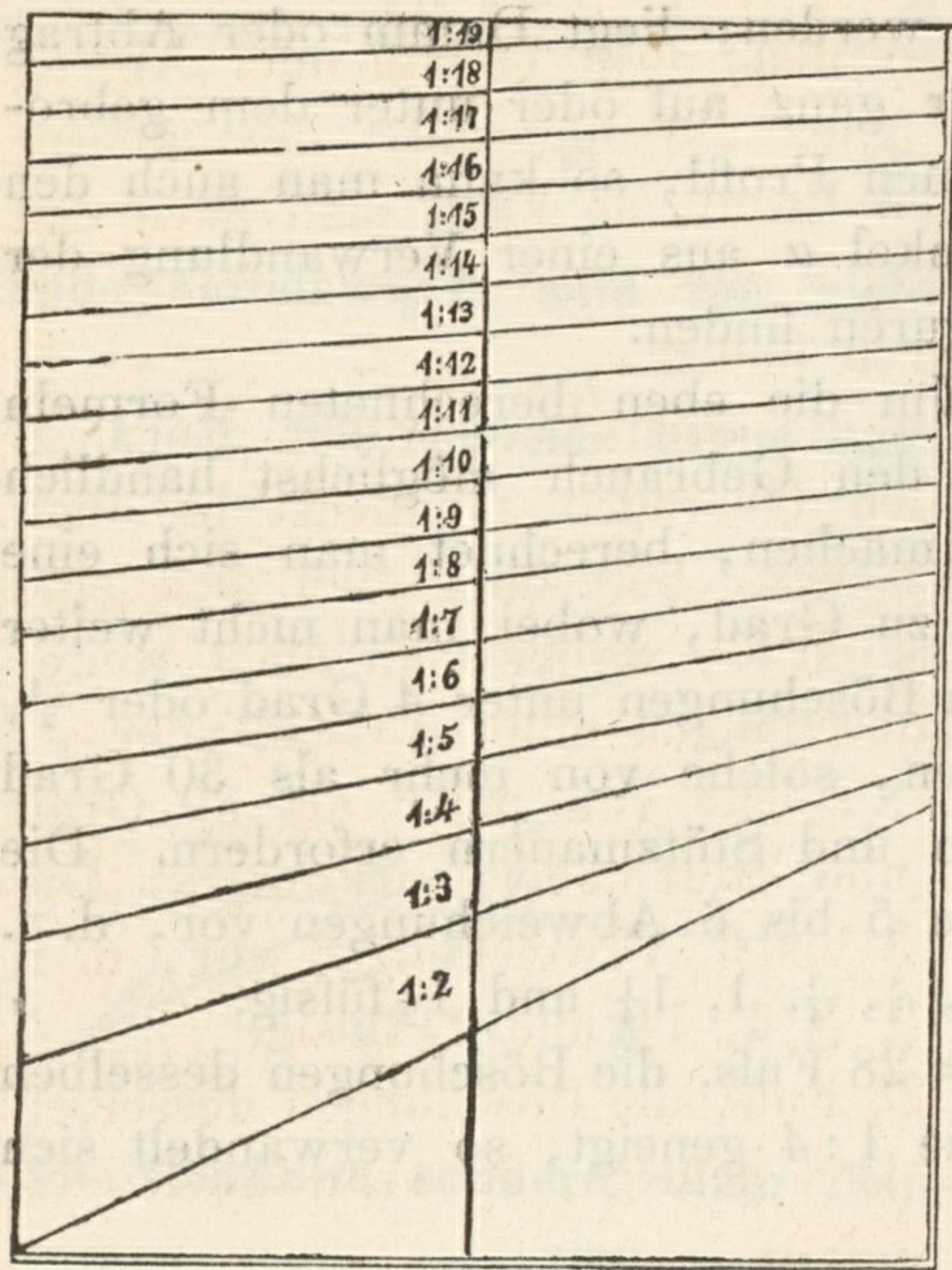
Wäre $m = 20$, so daß also das Terrain wie $1:20$ fällt, so wird

$$Fl = \frac{(14 + 20h)^2}{2(20 - 1\frac{1}{2})} - \frac{(14 - 20h)^2}{2(20 + 1\frac{1}{2})} = 224 \text{ □Fufs}$$

und da für $m = \infty$ also die Horizontalebene und $n = 1\frac{1}{2}$, $fe = (28 + 1\frac{1}{2} \cdot 6) 6 = 222 \text{ □Fufs}$ ist, so beträgt die Differenz gegen die 20fache Terrainanlage nur 2 □Fufs oder noch nicht ganz 1 pCt. und wird daher in der Praxis außer Acht gelassen.

Der besprochene Seiten- und Querabhang des abzugrabenden oder zu beschützenden Terrains wird aus den aufgenommenen Querprofilen desselben bestimmt. Wenn auch diese Abhänge selten eine so vollkommen regelmässige Form haben, um sie unmittelbar als gradlinig benutzen zu können, so läßt sich doch leicht daraus ein solches Profil konstruiren, durch welches die Unebenheiten des Terrains ausgeglichen werden und durch dessen Begrenzung der mittlere Abhang desselben repräsentirt wird. Am bequemsten für die Rechnung wird auch dieser Abhang durch das Verhältniß der Steigung zu einer horizontalen Basis ausgedrückt, wobei erstere als Einheit dient. Bei Entwicklung der Grundzüge für die Massenberechnung ist es schon als Erleichterungsmittel für den praktischen Gebrauch bezeichnet worden, diese Neigungen des Terrains in den Grenzen zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{20}$ einzuschließen, so daß dieselben in 18 Verhältniszahlen sämmtlich gedacht werden können.

Ein in der Ausübung sehr bequemes und für den Zweck ausreichende Genauigkeit gewährendes Mittel, die profilmässig aufgetragenen Terrainabhänge durch die sich denselben zunächst anschließenden Verhältniszahlen auszudrücken, besteht darin, diese 18 verschiedenen Neigungen auf eine durchsichtige Platte von Glas, Horn oder Pauspapier, in Bezug auf eine durchgehende Vertikallinie beizuschreiben, etwa nach umstehender Zeichnung.



Wird diese durchsichtige Platte so auf das gezeichnete Querprofil gelegt, daß die Vertikallinien der ersteren die Mittellinien des letzteren deckt, so läßt sich durch Verschiebung leicht finden, welche der auf der Platte gezeichneten schrägen Linien sich der aufgetragenen Terrainlinie am meisten anschließt oder die Unebenheiten derselben ausgleicht. Die einer solchen Linie entsprechende Verhältniszahl kann der des abfallenden Terrains gleichgesetzt und in Rechnung gestellt werden.

13. Ausführung der Erdberechnungen.

Um die Ordnung bei umfangreichen Arbeiten aufrecht zu erhalten, entwirft man sich zuerst ein Vorbereitungs-Register, in welchem man — nachdem vorher das Normalprofil entworfen, die Nummer der Baustation angibt, die Höhe des Terrains über dem Meeresspiegel resp. dem Normalhorizont, das Steigungsverhältniß der Bahnkrone, ausgedrückt in Zollen zur Längeneinheit von 10 R., die Höhendifferenz zwischen Planum und Bahnkrone, das Quergefälle. Einige Extrazeilen für abnormale Gräben, eine Kolonne zu Bemerkungen über ganz abnormale Querprofile, eine dergleichen zu Bemerkungen über Rampen und sonstige Seiten-Anlagen und eine über geognostische Unterscheidungen. Man kann demnach etwa folgende Form wählen.

Vorbereitungs-Register.

Stations- nummer	Terrain- höhe über dem Nor- mal- horizont Fuß	Steigungs- verhältniß		Höhen des		Quer- ge- fälle 1 :	Es tritt hierzu ein Graben von		Aufsergewöhn- liches Querprofil		Es sind noch zu be- rücksich- tigen an Rampen etc.	Geognostische Bemerkungen	
		1 :	pro 10 R. Fuße	Auf- tra- ges Fuß	Ab- tra- ges Fuß		Tiefe Fuß	Soh- len- breite Fuß	No des Profil- heftes	Flä- chen- inhalt Q.-F.		Felsen steht an bei F. Tiefe	mit einem Strei- chen von
201	320,5	120	+1,0	16,2	—	0	—	—	—	—			
202	322,3	"	+1,0	15,4	—	0	—	—	—	—			
203	324,7	"	+1,0	15,0	—	0	—	—	36	425			
+5 203	323,1	"	+1,0	17,6	—	$\frac{1}{8}$	3	4	—	—			
204	329,0	∞	—	11,7	—	$\frac{1}{8}$	3,2	4	—	—	12° lange Rampe mit 15' Kronen- breite jederseits		
205	330,6	"	—	13,3	—	$\frac{1}{10}$	3,4	4	—	—			

Selbstredend kann man diesem Vorbereitungsregister auch jede andere Form geben, und es soll nur gezeigt werden, in welcher Weise ungefähr man sich die Sache erleichtert.

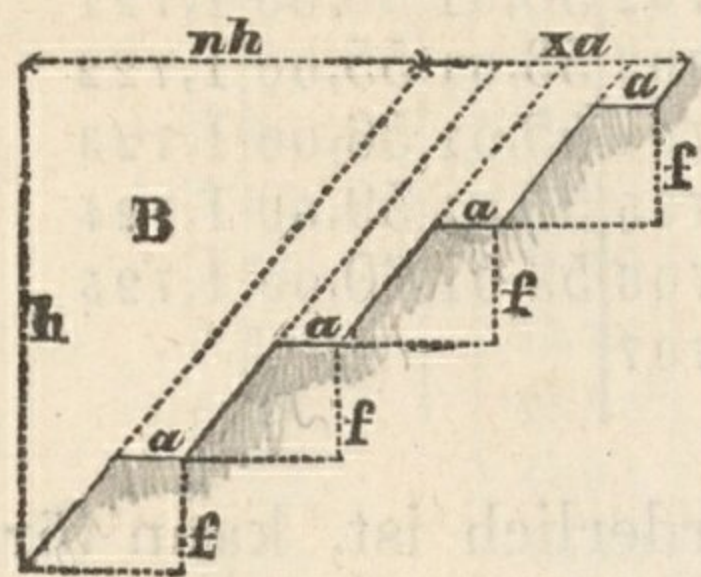
Häufig begnügt man sich namentlich in den einfachen Fällen damit, das Vorbereitungsregister auf ein Verzeichniß der Ordinaten zu beschränken, mit einer Kolonne für die abnormalen Querprofile und die Extrakörper und alsdann ein Tableau zu entwerfen, welches gleichzeitig Massenberechnung, Dispositionstabelle und Geldwerthsberechnung der Arbeit enthält, und das ist allerdings das einfachste und jetzt beliebteste Verfahren, welches in der gewöhnlichen Praxis, ohne den Vorwurf der Verflachung oder des Unwissenschaftlichen auf sich zu laden, durchaus empfohlen werden kann, und nur da sich verbietet, wo sehr coupirte Seitenabhänge oder eine sehr starke Schichtenverschiebung in geognostischer Beziehung das ausschließliche Berechnen nach Querprofilen zur Pflicht macht.

Um die aus dem Seitengehänge des Terrains resultirenden Abweichungen der Tabellenform mit anzupassen macht man sich Vorbereitungstabellen folgender Art.

Man ermittelt, wie für ein bestimmtes Neigungsverhältniß $\frac{1}{m}$ die Profilfläche F' bei derselben Höhe h sich zur Normalprofilfläche F verhält. Nun schlägt man in den später zur Anwendung empfohlenen Normal-Tabellen die abnormale Fläche F' auf, schreibt die zugehörige Höhe h' aus und nennt die Differenz $h' - h = \pm d$; $h \pm d$ stellt also in der Tabelle diejenige Höhe dar, welche bei Anwendung der Normalprofile diejenige Fläche F' gibt, welche die Höhe h' beim Profil mit schrägen Seitenabhang gegeben hätte.

Man muß hierzu allerdings für alle gewöhnlichen Fälle, namentlich für 1:20; 1:19; 1:18; 1:17 bis 1:6 sich dergleichen Tabellen berechnen. Diese genügen aber von Viertel zu Viertel-Fuß vielleicht von 1 bis 30 Fuß Höhe, deren also jede nur 120 Exempel erfordert. Wir beabsichtigten diese Hülftafeln hier folgen zu lassen, um jedoch durch deren Anfertigung den Druck des Werkes nicht aufzuhalten, werden wir dieselben erst am Schlusse desselben geben.

Bei der Feststellung von Erd-Berechnungstabellen oder Normaltabellen ist, wo steilere und flachere Böschungen abwechseln, hierauf selbstredend Rücksicht zu nehmen, namentlich wo die Abträge aus den Felsprofilen in die Erdprofile übergehen. Außerdem ist der jetzt allerdings nicht mehr übliche Abtrag mit Bankets in dem Sinne von Einfluß, daß alsdann das einfache Neigungsverhältniß bei der Körperberechnung nicht mehr zur Anwendung kommen kann. Um den allgemeinen Gang der Berechnungsart nicht aufgeben zu müssen, kann folgendes Verfahren angewendet werden, zur Berechnung eines mittleren Böschungsverhältnisses, welches bei dem Calkül den richtigen Werth angiebt, aus dem Gesetze der Banketanlagen.



Ein Einschnitt (oder Damm) soll z. B. n füsige Böschungen, aber auf je f Fuß Höhe ein a Fuß breites Bankett erhalten, so daß bei h Fuß Einschnittstiefe x solcher Bankette anzulegen sind.

Der Inhalt des mittleren Querprofils B der nebenstehenden Figur ist $\frac{h \cdot n \cdot h}{2} + a(h-f) + a(h-2f)$

$$+ \dots + a(h-x \cdot f) \text{ oder } \frac{n \cdot h^2}{2} + \frac{a x}{2} [2h - (x+1) \cdot f]$$

Um nun die mittlere Verhältniszahl der Böschungsneigung N zu finden, für welche bei gleicher Tiefe h derselbe Inhalt erlangt wird, dient die Gleichung

$$\frac{N \cdot h^2}{2} = \frac{n \cdot h^2}{2} + \frac{a x}{2} [2h - (x+1) \cdot f] \text{ woraus}$$

$$N = n + \frac{a x}{h^2} [2h - (x+1) \cdot f]$$

da aber $x = \frac{h}{f}$ ist, so wird

$$N = n + a \left[\frac{1}{f} - \frac{1}{h} \right]$$

Ist für einen gegebenen Fall $h = 19$; $f = 6$; $n = 1,5$; $a = 1,5$; so ist

$$N = 1,5 + 1,5 \left[\frac{1}{6} + \frac{1}{19} \right] = 1,67$$

Als Beispiel solcher Reduktionen wird hier eine Tabelle mitgetheilt, welche für den häufig vorkommenden Fall berechnet ist, daß die eigentliche Böschung $1\frac{1}{2}$ füßig angelegt, in Höhenabständen von 6 Fuß aber $1\frac{1}{2}$ Fuß breite Bankette zwischengelegt werden.

Tabelle

der gemittelten Böschungsverhältnisse mit Berücksichtigung von $1\frac{1}{2}$ Fuß breiten Banketts auf je 6 Fuß Höhe des Auf- und Abtrages bei $1\frac{1}{2}$ füßig planirten Böschungen.

Höhe des Auf- oder Abtrags von bis Fuß		gemitteltes Böschungsverhältniß	Höhe des Auf- oder Abtrags von bis Fuß		gemitteltes Böschungsverhältniß	Höhe des Auf- oder Abtrags von bis Fuß		gemitteltes Böschungsverhältniß	Höhe des Auf- oder Abtrags von bis Fuß		gemitteltes Böschungsverhältniß	Höhe des Auf- oder Abtrags von bis Fuß		gemitteltes Böschungsverhältniß
0,25	6,05	1,500	10,51	10,75	1,623	16,01	16,50	1,665	24,00	24,25	1,689	33,51	36,25	1,708
6,06	6,25	1,519	10,76	11,50	1,624	16,51	17,50	1,666	24,26	24,50	1,690	36,26	36,75	1,709
6,26	6,50	1,536	11,51	12,00	1,625	17,51	17,75	1,667	24,51	24,75	1,691	36,76	37,25	1,710
6,51	6,75	1,549	12,01	12,25	1,630	17,76	18,00	1,668	24,76	25,00	1,692	37,26	37,75	1,711
6,76	7,00	1,561	12,26	12,50	1,634	18,01	18,25	1,669	25,01	25,25	1,693	37,76	38,75	1,712
7,01	7,25	1,571	12,51	12,75	1,638	18,26	18,50	1,671	25,26	25,75	1,694	38,76	39,75	1,713
7,26	7,50	1,580	12,76	13,00	1,642	18,51	18,75	1,673	25,71	26,25	1,695	39,76	42,00	1,714
7,51	7,75	1,587	13,01	13,25	1,645	18,76	19,00	1,674	26,26	26,75	1,696	42,01	42,50	1,715
7,76	8,00	1,594	13,26	13,50	1,648	19,01	19,25	1,676	26,71	27,25	1,697	42,51	43,75	1,716
8,01	8,25	1,599	13,51	13,75	1,651	19,26	19,50	1,677	27,26	27,75	1,698	43,76	45,75	1,717
8,26	8,50	1,604	13,76	14,00	1,653	19,51	19,75	1,679	27,51	28,50	1,699	45,76	47,75	1,718
8,51	8,75	1,608	14,01	14,25	1,655	19,76	20,00	1,680	28,51	30,25	1,700	47,76	49,00	1,719
8,76	9,00	1,611	14,26	14,50	1,657	20,01	20,25	1,681	30,26	30,50	1,701	49,01	50,00	1,720
9,01	9,25	1,614	14,51	14,75	1,659	20,26	20,50	1,682	30,51	30,75	1,702	50,01	53,00	1,721
9,26	9,50	1,616	14,76	15,00	1,660	20,51	20,75	1,683	30,76	31,25	1,703	53,01	55,00	1,722
9,51	9,75	1,618	15,01	15,25	1,661	20,76	21,25	1,684	31,26	31,75	1,704	55,01	56,00	1,723
9,76	10,00	1,620	15,26	15,50	1,662	21,21	21,50	1,685	31,76	32,25	1,705	56,01	59,00	1,724
10,01	10,25	1,621	15,51	15,75	1,663	21,26	22,25	1,686	32,26	32,75	1,706	59,01	60,00	1,725
10,26	10,50	1,622	15,76	16,00	1,664	22,26	24,00	1,687	32,76	33,50	1,707			

Für Ueberschläge, oder wo keine große Genauigkeit erforderlich ist, kann für h ein Mittelwerth angenommen und durch N berechnet werden, so daß für die Gesamteinhaltsermittlung eines Auf- und Abtrages ein und dasselbe reducirte mittlere Böschungsverhältniß zum Grunde gelegt werden kann. Wird z. B. die mittlere Höhe eines Auftrags zu 12 Fuß angenommen, so erhält man als mittleres Böschungsverhältniß unter den vorbezeichneten Annahmen $1:1,67$, wonach dann der ganze Auftrag berechnet werden kann.

Die Breite des Planums oder im Sinne der Hülftafel des Mittelkörpers wird unmittelbar aus dem Querprofile der Anlage entnommen. In der Regel kommen, insbesondere bei Kommunikationsanlagen, nur zwei verschiedene Breiten vor, eine für die Aufträge und eine größere für die Abträge, in Berücksichtigung des Raumes für die Entwässerungsgräben. Einzelne Verbreiterungen oder Zusammenziehungen des Planums werden aus den Specialplänen entnommen.

Zur Sammlung und Abführung des Regenwassers werden in den Einschnitten, bei abhängigem Terrain auch an der oberen Grenze der Auf- oder Abträge Gräben angelegt, welche wegen der späteren Disposition des daraus erfolgenden Materials zuweilen schon bei der Erdberechnung berücksichtigt werden müssen, wenn auch diese Nebenanlagen vorab wohl in einer besonderen Tabelle zusammenzustellen und zu ordnen sind.

Nach Maßgabe der größeren oder geringeren abzuführenden Wassermenge erhalten die Gräben eine verschiedene Breite und eine der Bodenbeschaffenheit entsprechende Böschung. Der allgemeine Ausdruck für den Inhalt derselben ist für eine laufende Ruthe Länge bei s Fuß Sohlenbreite, t Fuß Tiefe und n füßiger Böschung

$$= t \cdot \frac{(s + t n)}{12} \text{ Schachtruthen.}$$

Für verschiedene Sohlenbreiten, Tiefen und Böschungen lassen sich nach Bedürfnis leicht Hülftabellen anfertigen, aus welchen die Werthe der Inhalte unmittelbar abgelesen werden können. Beispielsweise würde eine Tabelle unter Annahme einer gleichmäßigen Sohlenbreite und der in der Praxis am häufigsten vorkommenden Tiefen und Böschungen folgender Art berechnet werden können.

T a b e l l e

für den Inhalt der Grabenaushebungen nach der Formel $t \frac{(s + t n)}{12}$ bei

$1\frac{1}{2}$ füßiger Sohlenbreite, in Schachtruthen für eine laufende Ruthe.

Bei $1\frac{1}{2}$ füßiger Sohlenbreite Tiefe des Grabens	12füßige Böschungen, bei welchen $n =$											
	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{3}{4}$	2	$2\frac{1}{2}$	3
	0,25	0,233	0,50	0,666	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,50	3,00
0,50	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,11	0,12
0,75	0,10	0,11	0,12	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,18	0,19	0,21	0,23
1,00	0,15	0,15	0,17	0,18	0,19	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,33	0,37
1,25	0,19	0,20	0,22	0,24	0,25	0,29	0,32	0,35	0,38	0,42	0,48	0,55
1,50	0,23	0,25	0,28	0,31	0,33	0,37	0,42	0,47	0,52	0,56	0,66	0,75
1,75	0,28	0,30	0,35	0,39	0,41	0,47	0,54	0,60	0,66	0,73	0,86	0,98
2,00	0,33	0,36	0,42	0,47	0,50	0,58	0,67	0,75	0,83	0,92	1,08	1,25
2,25	0,39	0,42	0,49	0,56	0,60	0,70	0,81	0,91	1,02	1,12	1,34	1,55
2,50	0,44	0,49	0,57	0,66	0,70	0,83	0,96	1,09	1,22	1,35	1,61	1,87
2,75	0,50	0,55	0,66	0,76	0,82	0,97	1,13	1,29	1,45	1,60	1,92	2,23
3,00	0,56	0,62	0,75	0,87	0,94	1,12	1,31	1,50	1,69	1,87	2,25	2,62
3,25	0,63	0,70	0,85	0,99	1,07	1,29	1,51	1,73	1,95	2,17	2,61	3,05
3,50	0,69	0,78	0,95	1,12	1,20	1,46	1,71	1,97	2,22	2,48	2,99	3,50
3,75	0,76	0,86	1,05	1,25	1,35	1,64	1,93	2,23	2,52	2,81	3,40	3,98
4,00	0,83	0,94	1,17	1,39	1,50	1,83	2,17	2,50	2,83	3,17	3,83	4,50
4,25	0,91	1,03	1,28	1,53	1,66	2,04	2,41	2,79	3,16	3,54	4,29	5,05
4,50	0,98	1,12	1,43	1,69	1,83	2,25	2,67	3,09	3,52	3,94	4,78	5,62
4,75	1,06	1,22	1,53	1,85	2,00	2,47	2,94	3,41	3,88	4,35	5,29	6,23
5,00	1,15	1,32	1,67	2,01	2,19	2,71	3,23	3,75	4,27	4,79	5,83	6,87
5,25	1,23	1,42	1,80	2,19	2,38	2,95	3,53	4,10	4,68	5,25	6,40	7,55
5,50	1,32	1,53	1,95	2,37	2,58	3,21	3,84	4,47	5,10	5,73	6,99	8,25
5,75	1,41	1,64	2,10	2,55	2,78	3,47	4,16	4,85	5,54	6,23	7,61	8,98
6,00	1,50	1,74	2,25	2,75	3,00	3,75	4,50	5,25	6,00	6,75	8,25	9,75

Durch einen konstanten Zusatz oder Abzug bei gleicher Tiefe können die vorstehenden Resultate für jede Sohlenbreite anwendbar gemacht werden. So würde der Zusatz bei einer Grabentiefe von 4 Fufs für jeden Fufs der Sohlenverbreiterung $\frac{1}{3}$ Schachtruthen betragen.

Erdberechnungs-Tabelle und

Stationsnummer	Das Planum liegt laut Vorbereitungs-Register zum Terrain		Seiten-Neigung des Terrains 1 :	Aequivalente Höhen-differenz dafür $\pm d$ u. $\frac{1}{10}$ F.	Auf das ebene Profil reduzierte Höhe		Länge in Ruthen	A u f t r a g.				
	über Fufs	unter Fufs			über Fufs	unter Fufs		Mittlere Höhe	Profil aus der Tabelle	Inhalt des Auftrages	Hierzu an Ram-pen etc.	Summa des Auftrages
	u. $\frac{1}{10}$ F.	u. $\frac{1}{10}$ F.			u. $\frac{1}{10}$ F.	u. $\frac{1}{10}$ F.		in Fufs u. $\frac{1}{10}$ F.	Q.-R.	Scht. R.	Scht. R.	Scht. R.
0	3,2	—	—	—	3,2	—	10	4,25	0,72	86,4	54,6	141,0
1	5,3	—	—	—	5,3	—		6,45	1,24	148,8	—	148,8
2	7,6	—	—	—	7,6	—	6	9,2	2,047	147,4	—	147,4
2 +6	10,2	—	15	+ 0,6	10,8	—						

Die letzten drei Kolonnen, welche durch die geognostischen Erläuterungen nach Bedarf weiter zerlegt werden müssen, bilden die Stammzeilen für die später folgende Haupt-Dispositionstabelle.

In ganz einfachen Fällen, also bei Bahnen im Flachlande ohne Seitengehänge

Stationsnummer	Das Planum liegt zum Terrain		Länge in Ruthen	A u f t r a g.			A b t r a g.			Besondere Gräben außer den normalen Gräben u. Einschnitten			Summa des Abtrages mit gewöhnlichen und besonderen Gräben
	über	unter		Mittlere Höhe	Profil	Inhalt pro lauf. F.	Mittlere Tiefe	Profil	Inhalt pro lauf. F. excl. Gräben	Länge	Mittleres Profil	Inhalt	
	F. $\frac{1}{10}$	F. $\frac{1}{10}$		F. $\frac{1}{10}$	Q.-R.	Scht. R.	F. $\frac{1}{10}$	Q.-R.	Scht. R.	lauf. R.	Q.-Fufs	Scht. R.	Scht. R.
40	4	1	10	4	25	0,72	86,4	—	—	25	21,5	445	44,5
41	4	4		4	6	0,80	96,0	—	—				
42	4	8	10	5	5	1,00	120,0	—	—	—	—	—	—
43	6	2		4	1	0,69	82,8	—	—				
44	2	—	10	1	—	0,14	16,8	—	—	—	—	—	—
45	0	0		—	—	—	—	1	1	0,255	30,6	—	41,8
46	—	2	5	—	—	—	—	4	4			—	74,6
46 +5	—	6		—	—	—	—	7	6	2,19	131,4	—	137,0
47	—	8	10	—	—	—	—	9	4			—	354,4
48	—	10		—	—	—	—	—	—	—	—		

In allen einigermaßen schwierigen Fällen gehört dagegen eine besondere Dispositionstabelle dazu, von welcher weiter hin ein Muster gegeben werden soll.

Wiewohl wir kein Freund von den vorgerechneten Tabellen in Handbüchern

Nunmehr geben wir ein sehr bewährtes Muster für die Erdberechnung selbst und die resultirende Massenbilanz.

Massenbilanz von Section I.

A b t r a g.							Es ist somit Masse			Bemerkungen über die zur besondern Berechnung gekommenen Körper und den Wechsel zwischen Erd- und Felsarten.
Mittlere Tiefe	Profil nach d. Tabelle in	Inhalt des Abtrages	Besondere Gräben aufser den normalen Einschnitts-Gräben			Summa des Abtrages	in den Stationen selbst zu verwenden	übrig	zu viel	
			Länge	mittl. Profil	Inhalt					
			in Fußs u. $\frac{1}{10}$ F.	Q.-R.	Scht. R.					
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Die Wege - Rampen liegen bei Station 0,5, sind 3,8 Fußs am Bahndamm hoch, 12 F. breit und jede 6 Ruthen lang. = 2 × 27,3 Scht.-R.
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	

und wesentlichen Wechsel der Erdart kann die Dispositionstabelle sogar mit obigem Erdberechnungstableau gleich vereinigt und auch die Geldberechnung mit beigefügt werden; dann hat man die ganze Entwicklung auf einem Blatte, wie folgendes Muster lehrt.

Es ist somit Masse			Vertheilung der Masse	Trans- port- weite incl. Hub u. Fall Ruthen	Preis-Einheit für		Summa beider Sgr.	Geld- betrag			Bemerkung über die Erd- und Felsarten und deren Raum- verhältnifs im Abtrag.	
in densel- ben Statio- nen zu verwen- den Scht. R.	übrig Scht. R.	zu wenig Scht. R.			das Lösen einer Scht. R. Sgr.	den Trans- port einer Scht. R. Sgr.		Thlr.	Sgr.	Pf.		
44,5	—	41,9	44,3 Scht.-R. innerhalb St. $\frac{40}{42}$ zu verbauen.	5	13	4	17	25	6	6	mäfsig stren- ger Lehmbo- den.	
—	—	96,0										
—	—	120		249,5 Scht.-R. in St. $\frac{40}{45}$ zu verbauen und in St. $\frac{45}{47}$ zu entnehmen.	30	13	10	23	108	3		6
—	—	82,8										
—	—	16,8										
—	41,8	—	253,4 übrig 3,9 Ruthen								Die beiden gewöhnl. Ab- tragsgräben halten pro 10 R. Bahn 11,2 Scht.-R.	
—	74,6	—										
—	137,0	—										
—	354,4	—										

sind, wollen wir doch, um ein Beispiel zu geben, hier eine leicht zu handhabende Erdberechnungstabelle einer soeben im Bau begriffenen Bahn folgen lassen und auch gleich die Grundbreitentabelle anschliessen.