

# Lehrbuch des Erdbaues

oder

Kurzgefasste Anleitung zum Entwerfen, Veranschlagen  
und Ausführen von Erdarbeiten

für

**Kultur- und Bautechniker, Land- und Forstwirte, Landmesser,  
Wiesenbaumeister, Schachtmeister und Gartenkünstler**

---

Mit besonderer Berücksichtigung der Umformung grösserer Flächen

von

**Professor Dr. Eb. Gieseler**

Geheimer Regierungsrat

---

**Dritte neubearbeitete Auflage**

---

Mit 80 in den Text eingedruckten Holzschnitten und einem Anhang  
über Wertschätzung ländlicher Wegenetze

---

**Bonn**

Verlag von Friedrich Cohen

1905

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000294740





# Lehrbuch des Erdbaues

oder

Kurzgefasste Anleitung zum Entwerfen, Veranschlagen  
und Ausführen von Erdarbeiten

für

Kultur- und Bautechniker, Land- und Forstwirte, Landmesser,  
Wiesenbaumeister, Schachtmeister und Gartenkünstler.

---

Mit besonderer Berücksichtigung der Umformung größerer Flächen

von

Professor Dr. **Eb. Gieseler**,

Geheimer Regierungsrat.

---

**Dritte neubearbeitete Auflage.**

---

Mit 80 in den Text eingedruckten Holzschnitten und einem Anhang  
über Wertschätzung ländlicher Wegenetze.

---

**Bonn**

Verlag von Friedrich Cohen

1905.

Lehrbuch des Erdbebens

Lehrbuch der Erdbebenlehre  
und Anwendung von Erdbeben

von dem Professor der Baukunst, des Maschinenbaus und der Physik  
an der Kaiserlichen Technischen Hochschule zu Prag

Prag, in der k. k. Hof- und Universitäts-Buchhandlung

Verlag



II 5234

Verlag

Verlag

Druck von Fischer & Wittig in Leipzig.

Akc. Nr. 4657/50

# Inhaltsverzeichnis.



## Erstes Kapitel.

### Anleitung zum Studium und Vorkenntnisse.

	Seite
a. Allgemeines . . . . .	1
b. Meßgeräte . . . . .	3
c. Entfernung zweier Punkte . . . . .	4
d. Ausmessung und Bezeichnung derselben . . . . .	5
e. Das Nivellieren . . . . .	6

## Zweites Kapitel.

### Von der Ausmessung und Darstellung des Geländes.

§ 1. Benennungen . . . . .	9
§ 2. Bedingung für brauchbare Pläne . . . . .	9
§ 3. Quadratnetz-Methode . . . . .	10
§ 4. Katasterkarten als Grundlagen . . . . .	12
§ 5. Pläne für Wege, Eisenbahnen usw. . . . .	12
§ 6. Höhenlinien . . . . .	13
§ 7. Höhenabstand derselben . . . . .	14
§ 8. Lesen aus Höhenlinien . . . . .	14
§ 9. Konstruktion von Höhenlinien im allgemeinen. . . . .	15
§ 10. Darstellungen durch Profile . . . . .	17
§ 11. Profile aus Quadratnetz-Aufnahmen . . . . .	18
§ 12. Profile aus Schichtenlinien . . . . .	19
§ 13. Aufsuchung von Punkten gegebener Höhe . . . . .	20
§ 14. Höhenlinienkonstruktion in Quadratnetzen . . . . .	22
§ 15. Verfahren bei anderen Grundlagen . . . . .	24

## Drittes Kapitel.

### Konstruktionen in Plänen.

§ 16. Gefälle und Steigung einer Linie . . . . .	26
§ 17. Gefälle und Steigung einer Ebene . . . . .	27
§ 18. Linien im stärksten Gefälle . . . . .	28
§ 19. Talwege, Wasserscheiden usw. . . . .	29
§ 20. Höhenpunkte von Linien . . . . .	31
§ 21. Höhenlinien durch einen gegebenen Punkt . . . . .	32

	Seite
§ 22. Bestimmung der Höhe eines Punktes . . . . .	33
§ 23. Höhenlinie von gegebener Höhe . . . . .	33
§ 24. Durchschnittspunkte einer wagerechten Geraden mit dem Gelände . . . . .	33
§ 25. Dasselbe für eine geneigte Linie . . . . .	34
§ 26. Linien mit konstanter Steigung . . . . .	35
§ 27. Durchschnittslinie zwischen Gelände und Ebene . . . . .	37
§ 28. Dasselbe für beliebige Flächen . . . . .	38
§ 29. Durchschnitt zwischen Gelände und einer durch drei Punkte bestimmten Ebene . . . . .	38
§ 30. Gelände und Wiesenrücken . . . . .	40
§ 31. Gelände und Graben . . . . .	41

#### Viertes Kapitel.

##### Berechnung und Darstellung der Erdarbeiten.

§ 32. Inhalte von Profilen . . . . .	44
§ 33. Berechnung von Erdkörpern . . . . .	46
§ 34. Dasselbe bei nicht parallelen Profilen . . . . .	47
§ 35. Simpsons Regel . . . . .	48
§ 36. Schief abgeschnittene Prismen . . . . .	49
§ 37. Grabenauswurf . . . . .	50
§ 38. Wiesenrücken . . . . .	51
§ 39. Rampe . . . . .	52
§ 40. Umformung und mittlere Höhe . . . . .	52
§ 41. Mittlere Höhe einer Quadratnetz-Aufnahme . . . . .	54
§ 42. Mittlere Höhe bei beliebig gelegenen Punkten . . . . .	56
§ 43. Dieselbe aus Schichtenlinien . . . . .	56
§ 44. Planierung eines Grundstückes . . . . .	57
§ 45. Umformung in einen Hang . . . . .	58
§ 46. Beliebige Umformung . . . . .	62
§ 47. Berücksichtigung der Auflockerung . . . . .	65

#### Fünftes Kapitel.

##### Das Veranschlagen von Erdarbeiten.

§ 48. Allgemeines . . . . .	67
§ 49. Lösen und Laden . . . . .	68
§ 50. Einteilung der Bodenarten . . . . .	69
§ 51. Kosten für Lösen und Laden . . . . .	69
§ 52. Kosten für Entleeren . . . . .	70
§ 53. Reine Transportkosten . . . . .	71
§ 54. Transportfaktor . . . . .	73
§ 55. Zusammenstellung der Resultate . . . . .	73
§ 56. Beispiel . . . . .	74
§ 57. Bestimmung der mittleren Transportweite . . . . .	75
§ 58. Massennivellement . . . . .	77
§ 59. Eigenschaften der Kurve desselben . . . . .	78

§ 60. Beispiel . . . . .	79
§ 61. Allgemeines und Flächentransporte . . . . .	81
§ 62. Dieselben genauer veranschlagt . . . . .	81
§ 63. Vereinfachte Berechnung . . . . .	83
§ 64. Beispiel einer Flächentransportkostenberechnung . . . . .	84

Sechstes Kapitel.

Notizen für Vorarbeiten und Ausführung.

§ 65. Inhalte von Körpern . . . . .	92
§ 66. Schwerpunkte ebener Figuren . . . . .	93
§ 67. Schwerpunkte von Körpern . . . . .	93
§ 68. Wahl der Transportart . . . . .	94
§ 69. Kosten des Schiebkarrentransportes an Geräten usw. . . . .	94
§ 70. Kosten anderer Transportarten . . . . .	96
§ 71. Kosten von Nebenarbeiten . . . . .	97
§ 72. Allgemeine Disposition . . . . .	97
§ 73. Abstecken und Leitung: a) gestreckte Bauten, b) Planierung . . . . .	98
§ 74. Bodenuntersuchungen . . . . .	102
§ 75. Bleibende Auflockerung . . . . .	102
§ 76. Neigung und Befestigung der Böschungen . . . . .	103
§ 77. Dämme. Material. Boden. Schüttung. Setzen. Entwässerung . . . . .	103
§ 78. Gräben. Querprofil. Längenprofil. Wassermenge . . . . .	104
§ 79. Tabelle zur Bestimmung derselben . . . . .	105
§ 80. Wiesenbau. Allgem. Disposition. Systeme. Wassermenge. Kosten- ertrag. Künstliche Hebung des Wassers . . . . .	105
§ 81. Drainage . . . . .	111
§ 82. Technische Vorarbeiten bei Landesmeliorationen in Preußen . . . . .	116
§ 83. Wegebau . . . . .	119
§ 83 <sup>1</sup> . Instruktion über Anlage von Kunststraßen in Preußen . . . . .	121
§ 84. Graphische Methoden . . . . .	122
§ 85. Wertschätzung ländlicher Wegenetze . . . . .	125

Folgende Abkürzungen werden gebraucht:

mm bedeutet Millimeter	cmm bedeutet Kubikmillimeter
cm „ Zentimeter	cem „ „ zentimeter
dm „ Dezimeter	edm „ „ dezimeter
m „ Meter	cbm „ „ meter
km „ Kilometer	l „ ein Liter
qmm „ Quadratmillimeter	ha „ Hektar
qcm „ „ zentimeter	M „ Mark
qdm „ „ dezimeter	Pf „ Pfennig
qm „ „ meter	



## Erstes Kapitel.

# Anleitung zum Studium und Vorkenntnisse.



a. Allgemeines. Die nachfolgende Schrift über Erdbau unterscheidet sich dadurch von entsprechenden Büchern, daß sie den Umbau größerer Flächen nicht, wie dies in der Regel geschieht, vernachlässigt. Außerdem ist sie auch für Anfänger geschrieben und schreitet deshalb stufenweise fort.

Vor allem muß der Studierende suchen, sich eine klare und schnelle räumliche Auffassung der Geländeoberfläche anzueignen. Deshalb behandle er die Aufgaben dieses Buches nicht bloß auf dem Papier, sondern auch an Körpern. Er verschaffe sich ein ebenes, wagerecht liegendes Reißbrett, das den Horizont vorstelle, und bilde darüber Geländeformen aus nassem weißen Sande. In diesen führe er Konstruktionen aus, wobei die Durchschnitte (Profile) wirklich mit dem Messer geschnitten, gerade Linien durch feine Stricknadeln dargestellt werden usw. In der nachgebildeten Geländeoberfläche suche er die Höhenlinien, und danach die Wasserscheiden und die Talwege. Er forme sich Dämme, Gräben und Wiesenrücken, suche geeignete Linien für Kanäle, Wege und Eisenbahnen. Er löse die Aufgabe, das Gelände zu be- und zu entwässern usw.

Will man ein durch Höhenlinien gegebenes wirkliches Gelände nachbilden, so zeichne man die Höhenlinien auf das Reißbrett, und schlage alle zwei bis drei cm in jede derselben Drahtstifte ohne Köpfe, die so viel cm, oder andere Maßeinheiten, über die Fläche des Brettes hervorstehen, als die Höhenlinie m über dem an-

genommenen Horizont liegt. Ferner schneide man aus Zeichenpapier lange Papierstreifen, die so viel cm, oder andere Einheiten, breit sind, wie die Höhenzahlen der Höhenlinien angeben. Diese Papierstreifen befestigt man nun mit Hilfe der eingeschlagenen Drahtstifte und etwas feuchtem Sand über den ihnen entsprechenden Höhenlinien, so daß ihre Oberkanten in die darzustellende Oberfläche fallen. Werden nun die Zwischenräume mit feuchtem Sande ausgefüllt, so hat man das Gelände mit den durch die Papierkanten bestimmten Höhenlinien. Will man dem Ganzen Dauer verleihen, so hat man den Sand nur, statt mit Wasser, mit Leimlösung anzufeuchten.

Nach solchen Vorübungen wird man Interesse und Blick genug haben, um im Gelände selbst, wo man geht und steht, sich die charakteristischen Linien, Wasserscheiden und Talwege aufzusuchen. Man wird mit kritischem Auge prüfen, ob die vorhandenen Wege und Eisenbahnen, die Ent- und Bewässerungen unter zweckmäßiger Anpassung an die von Natur gegebenen Geländeformen konstruiert sind usw. Weiterhin wird man keine Mühe scheuen, um die Ausführung von Erdbauten zu sehen, und sich möglichst selbst daran beteiligen.

Der Erdbau erscheint dem Unwissenden als ein Geschäft mit viel Schmutz. Der Eingeweihte weiß dagegen, daß er alle Geisteskräfte in Tätigkeit setzt und den ganzen Mann erfordert. Denken wir nur daran, daß er die Länder verknüpfenden Straßen, Eisenbahnen und Kanäle schafft. Ohne umfangreiche Erdbauten wird keine Stadt gegründet, und das Wohlbefinden der Bewohner hängt viel mehr, als man gewöhnlich vermutet, an der richtigen Anlage derselben. Die Ergebnisse sind oft genug denjenigen bei den bekanntesten Erdbauten, dem Suez- und dem Panamakanal, entsprechend.

Sofern der „Erdbau“ den Bedürfnissen des Landwirts dient, hat er sich auch mit der Natur der Pflanze zu befassen, um zu lehren, wie man ihr einen nach Bestandteilen, Feuchtigkeit u. s. f. günstigsten Nährboden bereitet. Tausendfach bietet sich hier noch Gelegenheit zu verbessern, um durch zweckmäßige Anlagen der Be- und Entwässerung, durch Bodenverschiebungen und andere Erdbauten die Fruchtbarkeit ganzer Landstriche zu erhöhen.

Um solchen Lesern, denen alle Kenntnisse über das Ausmessen und Nivellieren von Grundstücken fehlen, die Benutzung des Buches

zu ermöglichen, sollen die ersten Grundlagen der Meßkunst vorausgeschickt werden.

b. Meßgeräte. Als durchaus notwendige und daher vorauszusetzende Hilfswerkzeuge sind die folgenden zu bezeichnen;

Ein *Messband*, eine *Messkette*, zwei *Messlatten* oder irgendein anderes Hilfsmittel zum Messen von geraden Linien. Leicht herzustellen und zur Erzielung genauer Resultate sehr geeignet sind zwei Messlatten von je 5 m Länge und entsprechender Stärke. Ihre Enden werden am besten durch Metallbeschlag vor Abnutzung gesichert und die Einteilung in m und dm wird gewöhnlich durch verschiedenfarbigen Anstrich mit Ölfarbe markiert. Für die Handhabung sind am bequemsten abgerundete Latten oder Stäbe von 4—5 cm Dicke und 5 m Länge.

*Fluchtstäbe*, d. h. mindestens drei gerade runde Stangen aus trockenem Holz von ca. 2 m Länge und 3—4 cm Dicke, die unten zugespitzt und womöglich mit Stahl beschlagen sind, damit sie sich leicht in den Boden lotrecht einstecken lassen. Zweckmäßig ist ein Ölfarbenanstrich, abwechselnd weiss und rot, um den Stab weiterhin sichtbar zu machen.

*Grundpfähle*, d. h. Pfähle, die oben gerade abgeschnitten, unten zugespitzt sind, so daß sie sich in den Boden so weit fest einschlagen lassen, daß ihre Oberfläche mit der des Bodens abschneidet. Wie lang die Pfähle zu nehmen sind, richtet sich nach der Beschaffenheit des Bodens, gewöhnlich sind 30 cm Länge und 4—5 cm Dicke ausreichend.

*Markierpfähle*, d. h. leichte Pfähle, die neben den Grundpfählen eingeschlagen werden und etwa 30 cm aus dem Boden vorstehen. Sie haben nur den Zweck, die Stelle des Grundpfahls zu bezeichnen, damit dieser leichter wieder aufgefunden werden kann. Außerdem versieht man die Markierpfähle mit einer Fläche und schreibt darauf die laufende Nummerbezeichnung für die Grundpfähle.

*Eine Kanalwage*. Dieselbe besteht aus einem wagerecht liegenden etwa 1 m langen Blechrohr (Zink) von 3 cm Weite, dessen Enden seitlich geschlossen sind, dagegen nach oben zwei Rohrstützen von entsprechender Weite und 3 cm Länge tragen, in welche Glaszylinder von 2—3 cm Weite und ca. 20 cm Länge eingekittet und oben mit nicht dicht schließenden Pflöfen versehen werden. Das wagerechte Blechrohr ist in seiner Mitte entweder bloß durch eine Stange gestützt, die mit Stahlspitze in den Boden festgesteckt wird,

oder besser, es steht um einen senkrechten Zapfen drehbar auf einem dreibeinigen Stativ. Jedenfalls ist die Höhe der Unterstützung so zu bemessen, daß die Mitte der Glaszylinder ungefähr der Augenhöhe entspricht. Beim Gebrauch wird das Rohr bis etwa zu halber Höhe der Glaszylinder mit Wasser gefüllt. Hält man dann das Auge so, daß die beiden Wasserspiegel in den Glaszylindern sich decken, so ist die dadurch bestimmte Sehlinie genau horizontal oder wagerecht.

Eine *Nivellierlatte*, d. h. eine gerade trockene Holzlatte von etwa 3 m Länge, 8 cm Breite und  $2\frac{1}{4}$  cm Dicke, welche auf der breiten Fläche in m, dm und cm eingeteilt ist. Die Teilung beginnt am unteren, womöglich durch Blech gegen Abnutzung geschützten Ende und wird schwarz auf einem Grunde von weißer Ölfarbe aufgetragen. Die Zwischenräume zwischen ganzen Dezimetern werden abwechselnd durch 1 cm breite schwarze Striche am Rande bezeichnet, an die sich abwechselnd weiß und schwarz gestrichene Quadrate anschließen, welche die einzelnen cm hervorheben. Außerdem sind die Teilstriche der ganzen dm durch die ganze Breite der Latte gezogen und durch große deutliche Ziffern 0,1, 0,2, 0,3 usw. markiert. Um genauer ablesen zu können, bringt man gewöhnlich einen Schieber an der Latte an, der an seiner Vorderseite mit einer runden Scheibe versehen ist, welche mit zwei schwarzen und zwei weißen Sektoren bemalt wird, um den Mittelpunkt kenntlich zu machen. Der Messgehilfe hat dann die Scheibe so lange zu verschieben, bis der Mittelpunkt in die Visierlinie fällt, stellt sie dann durch eine Druckschraube fest und liest die Höhe an der Rückseite der Latte an einem zu diesem Zwecke am Schieber befestigten Zeiger ab, der mit dem Mittelpunkt der Scheibe korrespondiert. Des einfacheren Ausdrucks wegen möge in der Folge angenommen werden, man hätte sich mit einer einfachen Latte begnügt.

Eine Kreuzscheibe, ein Winkelprisma oder ein Winkelspiegel zum Abstecken rechter Winkel.

c. Entfernung zweier Punkte. Wenn künftig von der Entfernung zweier Punkte *A* und *B* des Geländes die Rede sein wird, von denen etwa *A* höher liegt als *B*, so ist damit nicht die Länge der geraden Verbindungslinie der beiden Punkte gemeint, sondern immer nur, wie in der Meßkunst überhaupt, die horizontal gemessene Entfernung derselben. Das heißt also, wenn man ein Bleilot über *B* so hält, daß die Richtung des Fadens durch *B*

geht und nun genau wagerecht in gerader Linie von *A* aus bis an den Faden über *B* mißt, so ist die so gefundene Länge die Entfernung von *A* bis *B* oder die Länge von der Linie *AB*. Nur wenn die Punkte *A* und *B* in einer wagerechten Linie liegen, stimmt ihre wirkliche Entfernung genau mit der horizontal gemessenen überein.

d. Die geradlinige Entfernung zweier Punkte *A* und *B* im Terrain auszumessen und in Abständen von je 10 m durch Grundpfähle zu bezeichnen. Man stecke neben die Punkte *A* und *B* in der Richtung ihrer Verbindungslinie zwei Fluchtstäbe, Fig. a. Dann begeben sich mit einem dritten Fluchtstabe nach *D* in einiger Entfernung von *B*. Richte nun diesen Stab in die Linie der beiden anderen ein und stecke ihn fest in den Boden. Der Stab wird richtig stehen, wenn die in einiger Entfernung jenseits *D* gesehenen drei Seiten (rechts oder links) der

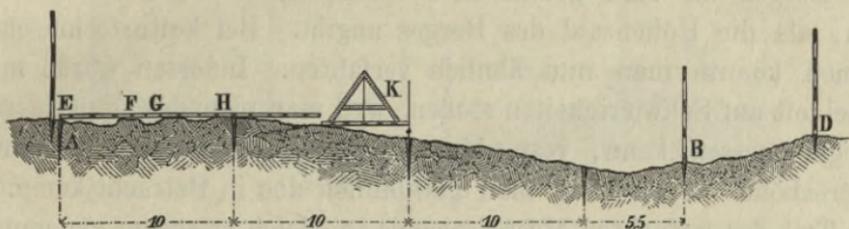


Fig. a.

hintereinander gesehenen Stäbe sich decken, nachdem man durch Bewegen des Auges die Seiten zweier Stäbe in Deckung gebracht hat.

Nun nehme man die 5 m lange Meßlatte *EF*, lege das Ende *E* derselben über *A* auf den dort geschlagenen Grundpfahl, halte die Stange horizontal, richte das Ende *F* durch Visieren über die Fluchtstäbe *B* und *D* in die Linie ein und lege dann die Latte auf den Boden. Nun nehme man die zweite Latte *GH*, stelle sich mit gespreizten Beinen über *F*, werfe die Latte *GH* in die durch die Fluchtstäbe *B* und *D* bestimmte Linie, so daß das Ende *G* etwas vor *F* fällt, und ziehe nun die aufruhende Latte *GH* vorsichtig zurück, bis beide Latten sich berühren. Das Ende *H* gibt die Stelle, an welcher der zweite Grundpfahl zu schlagen ist. Man bezeichnet diese in irgendeiner Weise, nimmt die Latte *EF* auf und bringt sie vor die Latte *GH*, wie früher *GH* vor *EF*, nimmt dann *GH* auf, schlägt den Grundpfahl an der bezeichneten Stelle u. s. f. (Bei einiger Übung kann man die Latten auch mit einer Hand bewegen, um die andere für das Notizbuch frei zu halten.)

Bei abschüssigem Terrain ist die horizontale Lage der Meßlatte durch eine Setzwage zu kontrollieren und der Punkt senkrecht unter dem Ende der Latte durch Einloten zu bestimmen, wie bei *K* angedeutet.

e. Das Nivellieren. Für kulturtechnische Arbeiten ist fast immer von der größten Wichtigkeit, genau die gegenseitigen Höhenlagen der Punkte des Geländes zu ermitteln. Die Arbeit, welche zu diesem Zwecke ausgeführt wird, heißt Nivellieren und das Resultat derselben ein Nivellement. Bekanntlich bezeichnet man in geographischen Karten die Höhen hervorragender Berge durch Zahlen, welche angeben, wieviel Meter der Gipfel über dem Meeresspiegel liegt, d. h. wenn man sich das Meer vollkommen beruhigt denkt, und seine Oberfläche bis unter den betreffenden Berggipfel in Gedanken fortsetzt, so würde eine lotrechte Linie vom Gipfel des Berges bis zum gedachten Meeresspiegel so viel Meter lang sein, als die Höhenzahl des Berges angibt. Bei kulturtechnischen Plänen könnte man nun ähnlich verfahren. Indessen würde man dabei oft auf Schwierigkeiten stoßen, weil man nicht bis zum Meeresspiegel messen kann, resp. bis zu einem Punkte von bekannter Meereshöhe. Auch kann man gewöhnlich den in Betracht kommenden Teil des gedachten Meeresspiegels, obgleich er streng genommen von kugelartiger Gestalt ist, doch als wagerechte Ebene behandeln und bezeichnen. Wir werden deshalb voraussetzen, daß für die von uns zu behandelnden Terrains die Höhenangaben sich beziehen auf eine wagerechte Ebene, deren Höhenlage man nach Gutdünken für jede besondere Aufgabe zweckmäßig bestimmt. Die Bestimmung selbst kann in verschiedener Weise geschehen. Zunächst einfach dadurch, daß man einen bestimmten Punkt, Fixpunkt, des Geländes bezeichnet. Einen solchen Fixpunkt bietet häufig das Terrain selbst, z. B. im höchsten Punkt auf der Oberfläche eines unverrückbaren Steines, im Scheitel eines massiven Brückengewölbes oder dergleichen mehr. Ist von Natur kein solcher Punkt gegeben, so stellt man ihn künstlich her durch Eingraben eines schweren Steines, in dem ein eisener Bolzen mit abgerundetem Kopf eingelassen ist oder durch Einschlagen eines festen Pfahles, in dem man einen Nagel eintreibt, dessen Kopf man als unverrückbar ansehen kann, usw.

Den Fixpunkt vorausgesetzt, ist es in der Regel zweckmäßig, zu bestimmen, daß die Ebene eine gewisse Anzahl Meter tiefer liegen soll, als der Fixpunkt. Um von ganz bestimmter Annahme

auszugehen, möge die genannte wagerechte Ebene ein für allemal so tiefliegend vorausgesetzt werden, daß sämtliche Punkte des zu bearbeitenden Terrains sich über derselben befinden. Die Ebene selbst nennen wir kurz den Horizont und die lotrechten Entfernungen der Punkte des Terrains kurz ihre Höhen, Koten oder Ordinaten.

Wäre beispielsweise im Terrain ein leicht aufzufindender Fixpunkt gegeben, so würde man zunächst ermitteln oder schätzen, wie tief sicher der tiefste Punkt des Terrains darunter liegt. Wären dies 9,53 m, so könnte man die Höhe des Fixpunktes mit der nächsten runden Zahl, etwa 10 m, bezeichnen und dadurch die Bestimmung treffen, daß der Horizont 10 m unter dem Fixpunkte zu denken sei.

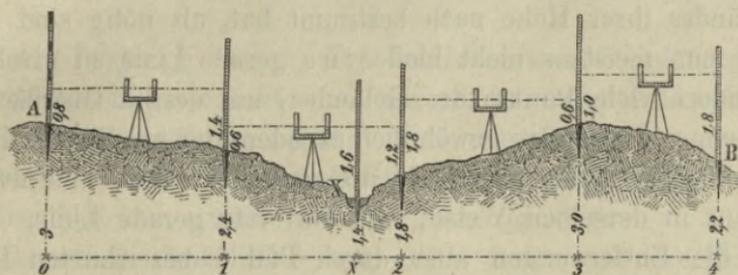


Fig. b.

Ausgedehnte Nivellements wird man suchen, an von der Landesvermessung oder an Bahnhofsgebäuden vielfach gegebene Fixpunkte anzuschließen, und nach diesen den Horizont, etwa eine runde Anzahl Meter über dem Meeresspiegel, annehmen.

Die nach  $d$  gemessene und mit Grund und Markierpfählen bezeichnete Linie soll nivelliert werden.

Es sei A Fig. b ein Fixpunkt und möge derselbe 3 m über dem angenommenen Horizont liegen. Man stelle die Kanalwage ungefähr in der Mitte zwischen A und dem folgenden Punkte 1 auf, dessen Höhe man bestimmen will. Dann lasse man die Nivellierlatte auf A halten und visiere über die Wasserspiegel nach der lotrecht stehenden Latte und lese das Maß der von der wagerechten Sehnlinie getroffenen Stelle ab, es sei 0,8 m.

Nun schließt man wie folgt. Der Punkt A liegt 3 m über dem Horizont, die Sehnlinie der Kanalwage liegt 0,8 m höher, mithin 3,8 m über dem Horizont.

Jetzt lasse man die Latte in gleicher Weise über den folgenden Punkt (1) halten, visiere über die Wasserspiegel nach derselben und finde, daß die Latte in der Höhe von 1,4 m von der Sehlinie getroffen wird.

Nun sagt man, die Absehnlinie liegt 3,8 m über dem Horizont und der Punkt (1) liegt 1,4 m tiefer, mithin  $3,8 - 1,4 = 2,4$  m über dem Horizont.

In ähnlicher Weise kann man die Höhe anderer Punkte der Umgebung bestimmen, indem man das Instrument gegen die auf ihnen gehaltene Latte richtet. Jeden dieser Punkte, sofern er fest durch einen Pfahl, oder sonst, gesichert ist, kann man nun benutzen, um bei der folgenden Aufstellung des Instruments die Visierhöhe oder die Höhe der Absehnlinie über dem Horizont zu bestimmen. So schreitet man von Punkt zu Punkt fort, bis man so viel Punkte des Geländes ihrer Höhe nach bestimmt hat, als nötig sind.

Da man meistens nicht bloß eine gerade Linie zu nivellieren hat, sondern viele Punkte des Geländes, um dessen Oberfläche zu bestimmen, so denkt man gewöhnlich in jedem der nivellierten Punkte eine Senkrechte zu der abgesteckten Geraden errichtet, und nivelliert diese ganz in derselben Weise, wie die erste gerade Linie. Dabei pflegen die Entfernungen aller durch Pfähle bezeichneten Punkte untereinander gleich genommen zu werden, so daß sie die Ecken eines Quadratnetzes bilden.

---

## Zweites Kapitel.

# Von der Ausmessung und Darstellung des Terrains.



§ 1. Derjenige Teil der Erdoberfläche, welcher zur Ausführung von Erdarbeiten untersucht wird, möge Terrain, Gelände oder Grundstück genannt werden. Von den Lesern dieses Buches wird erwartet, daß sie einigermaßen darüber unterrichtet sind, wie man Grundstücke ausmißt und in Plänen darstellt.

Bekanntlich denkt man sich dabei unter der Oberfläche des Geländes eine wagerechte Ebene, die Ebene des Lageplans, des Grundrisses oder Horizont genannt wird. Von jedem darzustellenden Punkte des Terrains zieht man in Gedanken eine Lotrechte bis zum Horizont. Die getroffene Stelle heißt Projektion oder geometrisches Bild des Punktes, und die Gesamtheit der Bilder aller Punkte der darzustellenden Gegenstände bildet den Lageplan (auch Grundriß oder Situation genannt) des Geländes, den man verkleinert auf Papier zeichnet.

Die Länge der erwähnten Lotrechten heißt die Höhe des Punktes über dem angenommenen Horizont, auch Kote oder Ordinate. Wird der Horizont den Bestimmungen der preußischen Landesaufnahme entsprechend gewählt, so heißt er Normalhorizont und die Höhen heißen Höhen über Normal Null (N. N.). Dabei ist die Höhe des mittleren Meeresspiegels bei Amsterdam sehr nahe gleich Null.

§ 2. In Plänen, die Erdarbeiten als Grundlage dienen, sind so viele Punkte ihrer Höhe und Lage nach zu bestimmen, daß, wenn man je drei benachbarte durch eine Ebene verbunden denkt,

die Gesamtheit der so entstehenden Dreiecksflächen möglichst genau mit der Oberfläche des Geländes zusammenfällt, d. h. so genau, als es die gestellte Aufgabe erfordert. Es möge nun gezeigt werden, wie man verfährt, um brauchbare Pläne zu erhalten.

§ 3. Quadratnetz-Methode. Um die Gestalt eines Grundstückes und die Höhenlage seiner Punkte zu bestimmen, kann man verfahren, wie folgt. Man bezeichne Fig. 1 durch lotrechte Stäbe die Richtung einer geraden Linie  $AB$ . Von  $A$  ausgehend messe man auf der Linie gleiche Strecken ab, die eine runde Anzahl Meter, z. B. 10 m, lang sind, und bezeichne deren Enden durch Holzpfähle von etwa 40 cm Länge, die mit einer ebenen

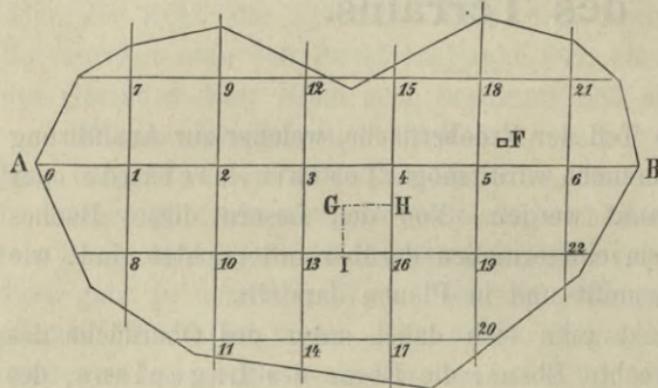


Fig. 1.

Fläche aus dem Boden etwa 10 cm weit hervorragen, so daß man Nummern an dieselben schreiben kann. An allen so bezeichneten Stationspunkten errichte man Senkrechte zur Linie  $AB$  und trage auf denselben Strecken

ab, die ebenso lang sind und ebenso bezeichnet werden, wie diejenigen auf  $AB$ .

Jetzt kann man sich mit Hilfe eines Maßstabes das gedachte Quadratnetz auf einen Papierbogen zeichnen, indem man die Länge von 1 m in der Natur durch eine kleinere Länge auf dem Papier darstellt, etwa durch 1 cm bis 0,2 mm, je nach der Größe des darzustellenden Grundstückes und der nötigen Genauigkeit. Für die Figuren dieses Buches ist gewöhnlich der Maßstab 1 : 1000 gewählt, bei dem die Länge eines Meters in der Natur durch 1 mm auf dem Papier dargestellt wird, die Größe eines ha also durch ein Quadrat von 1 m Seite. Um Zeit zu ersparen, kann man auch das käufliche Millimeterpapier benutzen, um das Quadratnetz einzutragen.

Es ist nicht zweckmäßig, die Endpunkte der Quadrate durch beigesetzte Nummern zu bezeichnen, wie in Fig. 1, weil man die

Papierfläche gebraucht, um die Höhen einzutragen. Man denke vielmehr wie Fig. 2 durch *A* eine Gerade parallel zu 7 1 8 und senkrecht zu dieser eine Gerade, die um die Länge einer Quadratseite von 11 14 17 20 absteht, also auch ganz außerhalb des Grundstückes zu liegen kommt. Den Punkt, wo diese Linien (Koordinatenachsen) zusammentreffen, bezeichne man mit 0 und die Stellen, in denen die Achsen von den verlängerten Quadratnetzseiten getroffen werden, mit Zahlen, welche deren Entfernung von Null ausdrücken. Dann ist jeder Punkt des Grundstückes leicht dadurch zu bezeichnen, daß man seine senkrecht gemessene Entfernung von den beiden Achsen angibt. Ist z. B. die Länge der Quadratseite gleich 10 m, so sind die Punkte

8 1 7 der Fig. 1 zu bezeichnen mit beziehlich 10/20; 10/30; 10/40; die Punkte 11 10 2 der Fig. 1 bez. mit 20/10; 20/20; 20/30 usw. Diese Zahlen schreibt man aber nicht an die betreffenden Punkte des Papiers, sondern nur an die Pfähle im Felde, wobei man um Raum zu sparen, die zweite Zahl unter die erste setzen kann. Irgendein anderer Punkt des Grundstückes kann dann entsprechend bestimmt werden, z. B. *G* und *F* Fig. 1 beziehlich durch 35/25 und 52,5/32,5. Hat man die Pfähle richtig numeriert, so ist es leicht, die Grenzen des Grundstückes, sowie alle sonstigen bemerkenswerten Punkte auf den Quadratseiten selbst oder durch ihre Entfernungen von denselben (wie z. B. *G*) einzumessen und auf das Papier zu übertragen, um so einen zuverlässigen Lageplan des Grundstückes zu erhalten. Allerdings darf man bei der Messung, sofern diese in geneigtem Terrain stattfindet, nicht vergessen, daß hierzu, wie in der Meßkunst überhaupt, unter der Entfernung zweier Punkte, *A* und *B*, von denen etwa *A* höher liegt als *B*, nicht die Länge ihrer geraden Verbindungslinien gemeint ist, sondern die horizontal gemessene Entfernung derselben. D. h. also, wenn man ein Bleilot über *B* so hält, daß die Richtung des Fadens durch *B* geht und nun genau in wagerechter Richtung von *A* nach dem Faden über *B* mißt, so ist die so gefundene Länge die hier gemeinte Entfernung von *A* bis *B* oder die Länge der Ge-

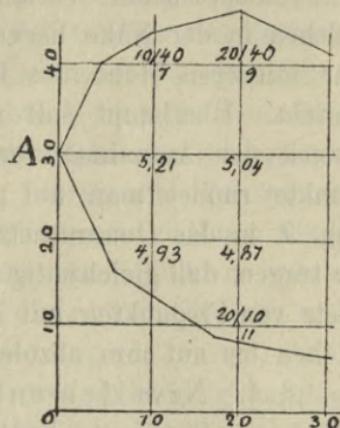


Fig. 2.

raden *A B*. Nur bei wenig geneigtem Terrain sind beide Längen als hinreichend genau gleich anzunehmen.

Ferner sollte man nicht vergessen, so viele im Terrain fest liegende Punkte, wie Grenzsteine, Punkte von Bauwerken und dergl. einzumessen, daß man jederzeit in der Lage ist, das Quadratnetz wieder herzustellen, wenn auch die Pfähle nicht mehr vorhanden sind.

Ist in der beschriebenen Weise das Netz festgelegt, so kann man durch Nivellieren (Seite 6) die Höhenlagen der einzelnen festgelegten Punkte bestimmen. Dabei setzt man an den Netzpunkten die Nivellierlatte auf den Boden. Sollte aber ein Netzpunkt auf eine zufällige Erhöhung, z. B. einen Maulwurfshaufen fallen, oder in eine entsprechende Vertiefung, so muß man die Latte an einer solchen in der Nähe liegenden Stelle aufhalten lassen, deren Höhe der mittleren Höhe des Bodens in der betreffenden Gegend entspricht. Überhaupt soll man sich immer den in § 2 dargelegten Zweck der Aufnahme vergegenwärtigen. Die Höhen der Terrainpunkte rundet man auf ganze cm ab und schreibt dieselben nach Fig. 2 in das Quadratnetz. Sehr wichtig ist es, dafür Sorge zu tragen, daß gleichzeitig oder schon vorher ein zusammenhängendes Netz von Fixpunkten mit eingemessen wird, und es ist üblich, deren Höhen bis auf mm abzulesen und einzutragen.

§ 4. Nivellement auf Grundlage von Katasterkarten. Sind gute Karten der aufzunehmenden Grundstücke mit hinreichend vielen Grenzen vorhanden, so kann man dieselben als Netz für die Höhenaufnahme benutzen. Man begeht dann das Gelände mit der Karte in der Hand und bezeichnet die außer den Grenzpunkten etwa noch aufzunehmenden Punkte durch Zweige, Stäbchen oder dergl., indem man ihre Lage in der Karte durch Einmessen oder, meist hinreichend genau, durch Einschreiten bestimmt. Für die Höhenaufnahme bezeichnet man in der Karte die Punkte mit fortlaufenden Nummern, die denjenigen im Nivellementsheft entsprechen. Sind erhebliche Umformungen auf den Flächen vorzunehmen, so ist es wegen der Zeitersparnis bei der Berechnung meist vorteilhafter, ein Quadratnetz abzustecken. Die Einmessung von Festpunkten ist nicht zu vergessen.

§ 5. Nivellements für langgestreckte Bauten, wie Straßen, Kanäle, Eisenbahnen usw., werden zweckmäßig in der Weise angefertigt, daß man zunächst die Mittellinie des betreffenden Bauwerks durch Pfähle bezeichnet, deren Abstände nach § 2

festgesetzt werden und durchschnittlich etwa 50 m betragen. Auf der so bestimmten Mittellinie denkt man sich in den bezeichneten Punkten senkrechte Linien errichtet, in denen man wieder so viele Punkte des Terrains ihrer Lage und Höhe nach bestimmt, als nach § 2 nötig ist. Gewöhnlich werden die Pfähle der Mittellinie nebst einer hinreichenden Anzahl von Festpunkten zuerst einnivelliert (Längennivellement) und als Ausgangspunkte für die Höhenbestimmung der seitlich gelegenen Punkte benutzt (Quernivellement). Die Höhen werden dann wie früher in den Lageplan eingetragen und gewöhnlich auch zur Darstellung von Profilen benutzt (siehe § 10).

§ 6. Höhenlinien. Wenn auch ein nach den beschriebenen Methoden aufgemessener und mit beigeschriebenen Höhenzahlen versehener Plan enthält, was zur Lösung der Aufgabe des Erdbaues gehört, so fehlt ihm doch die Übersichtlichkeit. Um die Höhenlagen aller Punkte dem Auge sofort ersichtlich und die Gestaltung der Oberfläche sozusagen handgreiflich darzustellen, verbindet man das Gleichartige. Man denkt sich also durch alle Punkte von gleicher Höhenlage eine fortlaufende Linie und zeichnet einige dieser Linien in den Plan. Diese nennt man Höhenlinien, Höhenkurven, Horizontalen, Schichtenlinien oder Isohypsen.

Denkt man sich den Spiegel des Meeres vollständig beruhigt und seiner Höhenlage nach mit der Höhe des Normalhorizontes zusammenfallend (§ 1), so schneidet der Meeresspiegel das Festland in der Höhenlinie Null, die man auch eine Niveaulinie nennen kann, weil alle Punkte derselben im Niveau des Meeres liegen. Nun denke man sich die Wassermenge des Meeres vergrößert, so daß sein Niveau sich um 1 m erhöht, dann trifft die Meeresoberfläche das Land in der Höhenlinie 1 m. Fährt man in dieser Weise fort, indem man in Gedanken den Meeresspiegel nach und nach um je 1 m erhöht, bis die Gipfel der höchsten Berge bedeckt sind, so erhält man ein System von Höhenlinien, durch welches die Gestalt der Erdoberfläche in vollkommenster Weise bestimmt wird.

Bei Darstellung von Grundstücken kann man die Niveauflächen, in der die Höhenlinien liegen, als eben auffassen. Die gleich weit voneinander abstehenden Ebenen zerschneiden dann den Boden in eine Anzahl paralleler Schichten; daher der Name Schichtenlinien. Isohypsen ist ein Name, der beweist, daß man die

Grundeigenschaft der Höhenlinien auch mit Hilfe der griechischen Sprache ausdrücken kann, um der Sache einen gelehrten Anstrich zu geben.

§ 7. Höhenabstand der Schichtenlinien. Der besseren Übersicht wegen wollen wir ein für allemal festsetzen, daß die einzelnen Höhenlinien stets von den benachbarten derselben durch runde Zahlen auszudrückenden Abstand haben sollen, also z. B. 1, 2, 3, 4 usw. m oder Teile eines m über dem Horizont liegen.

Wie groß man diesen ein für allemal festzustellender Höhenunterschied nimmt, richtet sich meistens nur nach dem Terrain und den Anforderungen der Aufgabe. Sind die vorkommenden Höhenunterschiede überhaupt gering, so muß man die Niveaulinien nahe zusammenbringen, um die geringen Unterschiede zur Anschauung zu bringen, und wird man dann etwa bis 1 dm oder 0,25 m Höhenabstand heruntergehen. Ist dagegen das Terrain mit erheblichen Gefällen versehen, verläuft es regelmäßig oder kommt es auf große Genauigkeit nicht an, so genügt es oft, die Schichtenlinien in 1 m Abstand oder noch weiter voneinander entfernt zu zeichnen.

Im allgemeinen läßt sich bemerken, daß ein Terrain hinreichend genau durch das angenommene System von Schichtenlinien dargestellt wird, wenn die gerade Verbindungslinie benachbarter Punkte zweier aufeinanderfolgenden Schichtenlinien nicht wesentlich von der Oberfläche des Terrains abweicht, d. h. um nicht mehr, als die natürlichen Unregelmäßigkeiten des Bodens, die man unmöglich darstellen kann, betragen. — Sollten dann einzelne wichtige Senkungen oder Hebungen des Terrains nicht genau genug durch das allgemeine System der Höhenkurven dargestellt werden, so kann man für solche Stellen ein engeres System anwenden, indem man zwischen die im allgemeinen ausreichenden Höhenlinien noch eine Anzahl besonderer einschiebt.

§ 8. Lesen der durch Höhenlinien dargestellten Oberflächen. Da wir als Grundlage kulturtechnischer Arbeiten uns gewöhnlich eines Planes bedienen, dessen Höhenangaben durch eingezeichnete Schichtenlinien gegeben sind, so ist es wichtig, sich die Fähigkeit zu erwerben, aus dem Dargestellten sofort eine deutliche Vorstellung über die wirkliche Gestalt des Terrains zu bilden. Ein vortreffliches Mittel bietet sich dar in der Vergleichung des Planes mit der Wirklichkeit. Fehlt es dazu an Gelegenheit, so ist eine Darstellung der Oberflächen von bekannten geo-

metrischen Körpern durch Höhenlinien sehr geeignet, um sich im Verstehen oder Lesen der Pläne zu üben. Als Anleitung möge man die folgenden Figuren benutzen.

In Fig. 3 ist ein normaler Kegel dargestellt, erstens in geometrischer Ansicht mit Andeutung einer Zerschneidung in vier horizontal begrenzte gleich dicke Schichten; zweitens durch die entsprechenden Höhenlinien 0, 1, 2, 3, 4, wobei die letzte derselben zu einem Punkt zusammenschrumpft.

Fig. 4 ist eine kegelförmige Vertiefung (Trichter) in entsprechender Darstellung, deren Unterschied von Fig. 3 im Grundplan sofort erkannt wird, wenn man den eingeschriebenen Zahlen

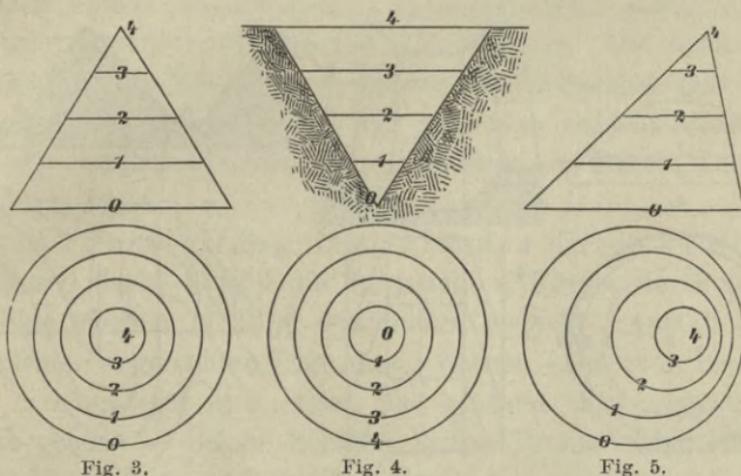


Fig. 3.

Fig. 4.

Fig. 5.

die Bedeutung beilegt, daß sie die Höhen der zugehörigen Schichtenlinien über dem Horizont bedeuten.

Fig. 5 stellt einen schiefen Kegel dar, unter entsprechenden Voraussetzungen.

Fig. 6. Darstellung einer Halbkugel in geometrischer Ansicht und durch Höhenlinien,

Fig. 7. Perspektivische Ansicht eines geböschten Hohlweges oder Grabens in ansteigendem, ebenem Terrain und Darstellung desselben Gegenstandes durch Höhenlinien.

Fig. 8. Darstellung eines welligen Terrains durch einen Querschnitt (nach *AB* des Planes) und durch Höhenkurven.

§ 9. Konstruktion von Höhenlinien in gegebene Pläne im allgemeinen. Angenommen, der Plan eines Terrains wäre fertig und in demselben so viele Punkte mit Höhenzahlen bezeichnet, als nötig sind, um die Gestalt der Terrain-

oberfläche zu bestimmen, und es wäre die Aufgabe gestellt, Höhenkurven einzutragen. — Zunächst wird man aus den eingeschriebenen Zahlen entnehmen, wie hoch der tiefste und wie hoch der höchste Punkt des Geländes über dem Horizont liegt. Es sei  $h$  die erstgenannte,  $H$  die andere Höhe, dann ist klar, daß sich in den Plan überhaupt nur Schichtenlinien eintragen lassen, deren Höhenzahlen zwischen den Werten  $h$  und  $H$  liegen. Man entschieße sich nun über den Höhenabstand der einzelnen Schichtenlinien (§ 7), derselbe sei mit  $a$  bezeichnet. Wenn nun besondere Verhältnisse keine andere Wahl bedingen, wird man dasjenige ganze Vielfache von  $a$ , welches größer oder gleich  $h$  ist und  $h$  am nächsten

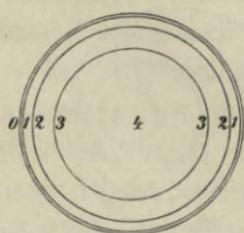
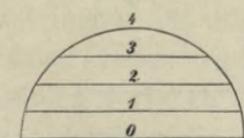


Fig. 6.

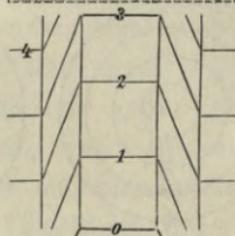
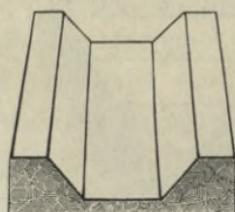


Fig. 7.

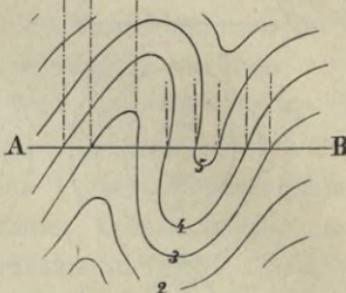
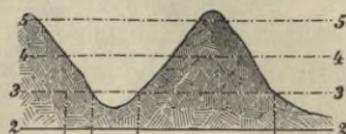


Fig. 8.

kommt, als Höhe der ersten Schichtenlinie nehmen. Ist  $n \cdot a$  diese Höhe, so ist offenbar  $na + a$  die Höhenzahl der nächsten Niveaulinie,  $na + 2a$  die der folgenden u. s. f., bis man zu einer Zahl  $na + pa$  kommt, die größer ist als  $H$ . Beträgt z. B. die Höhenzahl des tiefsten Punktes eines Planes 1,53 m, die des höchsten 1,83 m, hat man ferner nach § 7 als Höhenabstand der einzuziehenden Niveaulinien 0,1 m gewählt, so ist die Höhenzahl der ersten Schichtenlinie 1,6, die der zweiten 1,7 und 1,8 diejenige der dritten und letzten.

Sind die Höhenlagen aller überhaupt einzutragenden Schichtenlinien ermittelt, so kann man zur Konstruktion derselben schreiten. Da das Verfahren sich bei jeder Kurve wiederholt, so genügt es, zu zeigen, wie man verfährt, um eine Schichtenlinie von bestimmter Höhe, z. B. 1,5 m, aufzufinden. Man sehe sich die Höhenzahlen

des Planes an und suche Punkte, deren Höhenzahl 1,5 m beträgt. Findet man solche, so mache man sie etwa durch Einkreisen mit Blei kenntlich, denn durch sie geht die gesuchte Linie. Nun suche man weiter nach benachbarten Punkten, von denen der eine tiefer, der andere höher liegt als 1,5 m. Zwischen solchen Punkten liegt nämlich jedesmal ein Punkt von 1,5 m Höhe, d. h. ein Punkt der gesuchten Linie, deren Verlauf man jetzt nach Augenmaß ungefähr verfolgen und event. auch durch einen ganz leichten Bleistrich andeuten kann. Genauer findet man die Punkte, durch welche die Schichtenlinie geht, nach den in § 13 entwickelten verschiedenen Methoden.

Es läßt sich also die Konstruktion der Schichtenlinien eines gegebenen Planes allgemein kurz so beschreiben: Zunächst ist die Höhe jeder einzelnen Schichtenlinie festzusetzen. Um dann irgendeine derselben zu zeichnen, bestimmt man möglichst viele Punkte im Plan, deren Höhen denen der gesuchten Schichtenlinie gleich sind, und verbindet schließlich die gefundenen Punkte durch eine fortlaufende Linie.

§ 10. Darstellung des Geländes durch Profile. In den Figuren des § 9 sind die dargestellten Körper durch parallele wagerechte Ebenen in Teile zerschnitten gedacht. Anstatt der angenommenen wagerechten Lage dieser Ebenen kann es in besonderen Fällen zweckmäßiger sein, ihnen eine geneigte oder lotrechte Richtung zu geben. — Solche Schnitte heißen Profile. Man kann also horizontale, geneigte und vertikale Profile unterscheiden. Gebraucht man das Wort „Profil“ ohne Zusatz, so sind Vertikalprofile gemeint.

Ebenso wie man es bei der Darstellung des Terrains durch Höhenkurven zweckmäßig findet, die Abstände der Ebenen, in welchen sie liegen, untereinander gleich anzunehmen, so wird man auch bei der Darstellung eines Terrains durch Profile es in der Regel zweckmäßig finden, die schneidenden Vertikalebene untereinander parallel und in gleichen Entfernungen voneinander zu nehmen. Während man aber sämtliche Höhenlinien oder Horizontalprofile in ein und denselben Plan zeichnet, fordert die Deutlichkeit meistens gesonderte Darstellungen der aufeinander folgenden Profile, weil deren Grenzlinien sonst zu sehr durcheinander laufen würden.

Besonders vorteilhaft und unentbehrlich sind Profile bei der Darstellung von Wasserläufen, Wege-Anlagen, Dämmen u. s. f. Bei derartigen Gegenständen von überwiegender Längenausdehnung legt man die lotrechten Ebenen der Profile senkrecht zur Längen-

richtung und bezeichnet derartige Profile als Querprofile im Gegensatze zum sogenannten Längenprofil, dessen Ebene der Längenrichtung des dargestellten Gegenstandes folgt. Wenn es nun auch häufig vorkommt, daß die Längenrichtung des Gegenstandes (z. B. eines Flusses) keine gerade ist, so kann man doch die krummlinige Längenrichtung als aus sehr vielen geraden Strecken bestehend denken. Durch jede solche Strecke möge man sich eine vertikale Ebene vorstellen. Die aufeinanderfolgenden Ebenen schneiden sich in lotrechten Linien, und zwischen je zweien derselben ist ein Stück Profil des Terrains enthalten. Denkt man sich nun eines dieser Profile festgehalten und die übrigen um die erwähnten Lotlinien

Fig. 9.

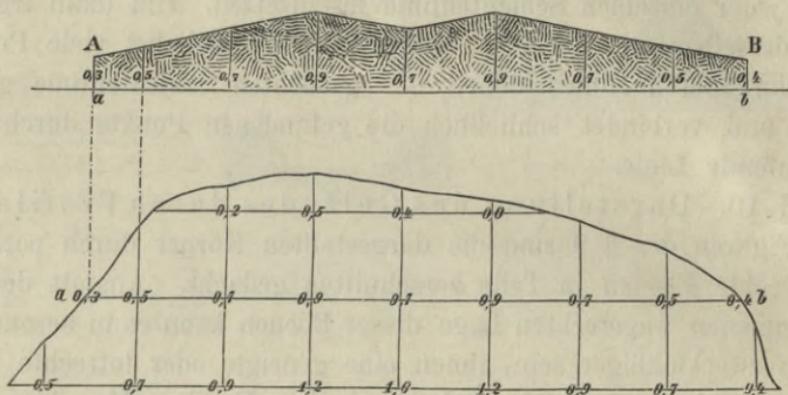


Fig. 10.

so lange gedreht, bis alle Profile nebeneinander in eine Ebene fallen, so erhält man eine sogenannte abgewickelte ebene Figur, die man als Längenprofil des Gegenstandes (z. B. eines Flusses, eines Weges usw.) bezeichnet.

§ 11. Konstruktion von Profilen aus Quadratnetz-Aufnahmen. Es bedeute Fig. 10 ein Stück eines Terrains, das durch ein Quadratnetz (§ 3) ausgemessen ist. Die auf einen Horizont berechneten Höhenzahlen sind beigeschrieben. Man soll dasjenige Profil dieses Terrains zeichnen, dessen Vertikalebene im Plan durch seine Durchschnittslinie  $ab$  mit dem Horizont bestimmt ist. Ziehe Fig. 9 eine Gerade  $ab$  gleich  $ab$  Fig. 10 und trage auf dieser von  $a$  aus Strecken ab, die beziehlich  $a$  0,5,  $a$  0,7,  $a$  0,9 usw. in Fig. 10 gleich sind. Errichte dann auf den in Fig. 9 auf  $ab$  erhaltenen Teilpunkten Senkrechte zu  $ab$ . Diese mache man beziehlich gleich den ihnen in Fig. 10 ent-

sprechenden Höhenzahlen und verbinde die erhaltenen Punkte Fig. 9 durch die fortlaufende Linie  $AB$ , so ist  $abBA$  das gesuchte Querprofil. Von besonderer Wichtigkeit an dieser Stelle ist übrigens noch folgende Bemerkung: Es ist im allgemeinen üblich, die Profile nicht in ihrer wirklichen Gestalt, sondern verzerrt zu zeichnen, indem man den Maßstab für die Höhen größer nimmt, als für die Längen. So ist auch in Fig. 9 der Höhenmaßstab  $1:100$  angenommen, d. h. 10 mal größer als der Längenmaßstab  $1:1000$ . Den Grund zu diesem Verfahren wird man sofort auffinden, wenn man versucht, das Profil richtig im Maßstabe  $1:1000$  für Höhen und Längen zu zeichnen, denn dann werden die Neigungen der oberen Begrenzungslinien des Profils so gering, daß das Auge sie nur mit größter Anstrengung, wenn überhaupt, herausfindet. Da nun gerade die Neigungen der Linien und die Höhenunterschiede der Punkte im Profil hervorgehoben werden sollen, ist die einseitige verzerrte Zeichnung gerechtfertigt, doch muß man sich daran gewöhnen, sie richtig in die Wirklichkeit zu übersetzen, indem man sie entweder mit dieser vergleicht oder mit einer in großem Maßstabe nach richtigen Verhältnissen entworfenen Zeichnung. Zur leichteren Auffassung wird es daher im allgemeinen zu empfehlen sein, bei Zeichnungen immer dasselbe Verhältnis des Höhen- zum Längenmaßstabe anzuwenden. In diesem Buche wird das Verhältnis  $10:1$  festgehalten.

Wenn man von dem durch Fig. 10 teilweise dargestellten Grundstücke alle der Richtung  $ab$  parallelen Profile durch die entsprechenden Quadratseiten zeichnet, so ist durch eine solche Darstellung das Grundstück ebenso durch Profile, die gewöhnlich, insofern man sie auf eine dazu senkrechte Längenrichtung bezieht, als Querprofile bezeichnet werden, bestimmt, wie früher durch Schichtenlinien. Man bezeichnet deshalb auch das Verfahren der Ausmessung des Grundstückes als Aufnehmen von Querprofilen. Dies Verfahren der Ausmessung wird verschieden von der Quadratnetz-Methode, sobald man die Längenrichtung, auf welcher die Profile senkrecht stehen, nicht mehr geradlinig nimmt, überhaupt die einzelnen Profile selbständig unter Anpassung an die Gestalt des Terrains ausmißt.

§ 12. Konstruktionen von Profilen aus Plänen mit Schichtenlinien. Sei Fig. 12 ein Plan mit Schichtenlinien,

deren Höhen in Decimeter über dem Horizont eingeschrieben sind, man soll ein Profil des Terrains nach der durch die Linie  $ab$  bezeichneten Richtung zeichnen. — Zu dem Ende ziehe man eine Linie  $ab$ , Fig. 12, bezeichne einen Punkt derselben mit  $a$  und trage die Strecken  $ah_0$ ,  $ah_1$ ,  $ah_2$ , u. s. f. in welche die Linie  $ab$  Fig. 12 durch die Schichtenlinien geteilt wird, von  $a$  aus auf Linie  $ab$  Fig. 11 ab und errichte in den Teilpunkten  $h_0$ ,  $h_1$ ,  $h_2$  u. s. f. Fig. 11 Senkrechte zu  $ab$ , mache deren Längen gleich den Höhen der Schichtenlinien, denen sie entsprechen, und verbinde die so gefundenen Punkte durch eine stetige Linie; dann ist  $abBA$  das gesuchte Profil (bis zum Horizont und den angenommenen Grenzen des Grundstückes). Der Beweis der Richtigkeit der Konstruktion

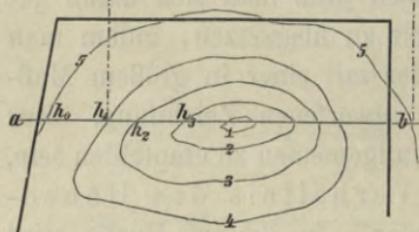
Fig. 11.



folgt unmittelbar aus der Anschauung.

Zur Übung löse man noch folgende Aufgabe: Aus gegebenen Profilen eines Terrains, deren gegenseitige Lagen und Entfernungen bekannt sind, den Grundplan des dargestellten Terrains durch Schichtenlinien zu entwerfen. Selbstverständlich muß dabei in jedem Profil auch die Linie gegeben sein, in der es vom Horizont geschnitten wird.

Fig. 12.



Beim Aufnehmen von Profilen im Terrain muß man namentlich die Brechpunkte, an denen die Neigung des Bodens wechselt, berücksichtigen, überhaupt so viel Punkte einmessen, daß deren gerade Verbindungslinien sich genau genug der Oberfläche des Bodens anschließen.

### § 13. Aufsuchung von Punkten gegebener Höhe.

a. Sei  $h$  die gegebene Höhe, zu der man entsprechende Punkte im Plan aufsuchen soll. Nach den Erörterungen des § 9 suche man zunächst im Plan zwei benachbarte Punkte  $a$  und  $b$ , deren Höhen  $h_1$  und  $h_2$  beziehlich die Eigenschaft besitzen, daß  $h_1 < h$  und  $h_2 > h$ , dann liegt auf der Geraden  $ab$  zwischen den Punkten  $a$  und  $b$ , Fig. 13, ein gesuchter Punkt  $p$  von der Höhe  $h$ , dessen Abstand von  $a$  mit  $x$  bezeichnet werden möge.

Nach Bestimmung dieses Abstandes kann man den gesuchten Punkt leicht eintragen. Um aber  $x$  zu finden, denke man sich

durch die Punkte  $A, P, B$  des Terrains, welche den Punkten  $a, p, b$  des Planes entsprechen, eine lotrechte Ebene gelegt, Fig. 14. Diese schneide den Horizont in der wagerechten Linie  $ab$ , und  $Aa, Pp, Bb$  seien lotrechte Linien durch die Punkte  $A, P, B$  des Terrains, dann ist nach der Voraussetzung  $Aa = h_1, Pp = h, Bb = h_2$  und die Linie  $APB$ , in welcher die Terrainoberfläche von der gedachten lotrechten Ebene geschnitten wird, ist nach § 2 als eine Gerade anzusehen. Zieht man dann noch die horizontale Hilfslinie  $ADC$ , so verhält sich:

$$AD : DP = AC : BC,$$

woraus folgt:

$$AD = AC \frac{DP}{BC}.$$

Da nun offenbar  $AD = x, AC = ab, DP = h - h_1, BC = h_2 - h_1$ , wobei die rechten Seiten der Gleichungen sich auf Fig. 13 beziehen, so hat man auch

$$x = ab \frac{h - h_1}{h_2 - h_1}. \quad (1)$$

Berechnet man also  $x$  aus den gegebenen Höhenzahlen und der gegebenen Entfernung  $ab$ , so braucht man  $x$  nur von  $a$  aus auf  $ab$  abzutragen, um  $p$  zu finden. Ist z. B.  $ab = 5$  m,  $h_1 = 1,2$  m,  $h_2 = 1,6$  m,  $h = 1,5$  m, so ergibt sich

$$x = 5 \frac{1,5 - 1,2}{1,6 - 1,2} = 5 \frac{0,3}{0,4} = 3,75 \text{ m.}$$

b. Zeichnend verfährt man wie folgt. Ziehe in Fig. 15 eine gerade Linie und nehme darauf  $ab$  gleich  $ab$  in Fig. 13, errichte  $aA$  und  $bB$  senkrecht zu  $ab$ , mache  $aA = h_1, bB = h_2, bE = h$ , ziehe  $EF$  parallel  $ab$  und verbinde  $A$  mit  $B$ ; dann ist  $FP$  der gesuchte Abstand  $x$ , den man nun von  $a$  in Fig. 13 zur Bestimmung von  $p$  abträgt.

Der gesuchte Punkt  $P$  ist hier dadurch bestimmt, daß man ein Profil des Geländes gezeichnet und in dasselbe die Schicht von der Höhe  $h$  durch die Linie  $FE$  eingetragen hat. Nun kann man aber in derselben Weise ein Profil des Geländes zeichnen, das einem gebrochenen, fortlaufenden, aus geraden Strecken bestehenden Linienzuge folgt, der eine große Anzahl von benachbarten Punkten  $a b c d \dots$

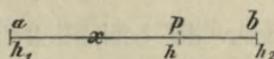


Fig. 13.

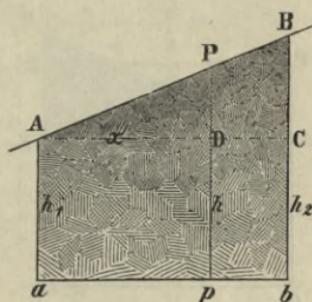


Fig. 14.

verbindet und in diese Darstellung alle in Betracht kommenden Höhengschichten eintragen. Hierdurch gewinnt man auf einmal alle zwischen den gegebenen Punkten zu suchende Punkte von den in Betracht kommenden Höhen, die man nun in den Plan überträgt. Zu solchen Darstellungen benutzt man mit Vorteil Millimeterpapier und gewinnt dabei auch die meist zu anderen Zwecken nötigen Profildarstellungen.

c. Aus Fig. 15 ergibt sich wegen Ähnlichkeit der Dreiecke  $AFP$  und  $PBE$  folgende bemerkenswerte Proportion

$$FP : PE = AF : BE$$

oder da beziehlich in Fig. 15 und Fig. 13  $FP = ap$ ,  $PE = pb$  und in Fig. 15  $AF = h - h_1$ ,  $EB = h_2 - h$ , so folgt für Fig. 13

$$\frac{ap}{bp} = \frac{h - h_1}{h_2 - h} \quad (2)$$

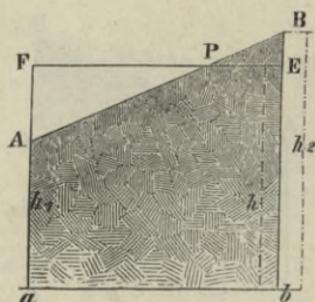


Fig. 15.

d. h. in Worten:

Eine auf der Verbindungslinie zweier Punkte des Planes gelegener Punkt teilt dieselbe im Verhältnis der Unterschiede seiner Höhe gegen diejenige der beiden Punkte.

Diese Tatsache kann zur Ermittlung der Lage von  $p$  benutzt werden und ist namentlich dann von Nutzen, wenn es genügt, die Lage von  $p$  nach Augenmaß zu bestimmen. Ist z. B. wie oben  $h_1 = 1,2$  m,  $h_2 = 1,6$  m und  $h = 1,5$  m, so sind die Unterschiede resp.  $h - h_1 = 1,5 - 1,2 = 0,3$  m und  $h_2 - h = 1,6 - 1,5 = 0,1$  m. Es teilt also  $p$  die Verbindungslinie  $ab$  im Verhältnis  $0,3 : 0,1 = 3 : 1$ . Teilt man also nach Augenmaß oder mit dem Zirkel  $ab$  in  $3 + 1 = 4$  gleiche Teile, so liegt der Punkt  $p$  im dritten Teilpunkt von  $A$  aus gerechnet oder im ersten von  $B$  aus gezählt.

§ 14. Praktische Konstruktion der Höhenlinien in einem durch Quadratnetz gegebenen Plane. Bei der wirklichen Ausführung der Zeichnung von Höhenkurven kann man sich in der Regel viel Zeit durch zweckmäßige Einrichtung des Verfahrens ersparen.

Sei z. B. Fig. 16 ein Stück des durch Quadratnetz mit Höhenzahlen gegebenen Planes, und es soll die Niveaurourve von der

Höhe 4 m gezeichnet werden. — Ziehe in Fig. 17 eine Linie  $ef$  gleich einer Quadratseite und errichte in  $e$  und  $f$  die Senkrechten  $ab$  und  $cd$ . Teile nun  $ef$  in Meter ein und fertige auf den Senkrechten  $ab$  und  $cd$  eine Teilung von  $ef$  aus nach beliebigem Maßstabe, die den für die gesuchte Kurve in Betracht kommenden Höhen entsprechen kann, wenn  $ef$  mit 4,0 bezeichnet wird, als Höhe der verlangten Höhenlinie. Jetzt ist es leicht, Punkte der Niveaukurve von 4 m Höhe zu bestimmen. Beginnen wir links unten, Fig. 16. Es liegt ein gesuchter Punkt zwischen 3,82 und 4,10. Man stecke in den Punkt 3,82 Fig. 17 links eine feine mit Siegellackkopf versehene Nähnadel und eine gleiche in Punkt 4,10 rechts. An die beiden Nadeln lege man die gerade Kante eines

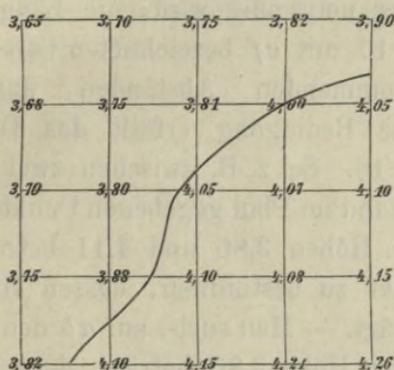


Fig. 16.

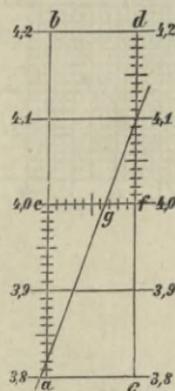


Fig. 17.

Lineals, wie Fig. 17 andeutet. Diese Gerade durchschneidet  $ef$  in einer Entfernung  $eg = 6,5$  m von  $e$ , die man abliest und von Punkt 3,82 Fig. 16 durch Zeichenmaßstab auf die betreffende Quadratseite abträgt. Damit ist hier ein gesuchter Punkt gefunden. Ebenso suche man einen Punkt von 4 m Höhe zwischen 4,10 und 3,88 u. s. f. — Die stetige Verbindungslinie der bestimmten Punkte ist die gesuchte Höhenlinie 4 m. Die Richtigkeit erhellt aus § 13 b, indem man hier weiter nichts zeichnete, als die dortige Konstruktionsfigur mit Hinweglassung des nutzlosen unteren Teiles und die dort mit  $AB$  bezeichnete Linie nur bestimmt, nicht wirklich gezogen hat, um die Papierfläche sauber zu erhalten. — Aus demselben Grunde wird man auch gut tun, die Bezifferung von Fig. 17 nur in Blei auszuführen. Ist man nämlich mit der Niveaukurve von 4 m Höhe fertig, so löscht man die Bezifferung und benutzt die Zeichnung zur Konstruktion einer weiteren Höhenlinie, indem

man die dieser entsprechenden Höhen beisetzt u. s. f. Statt Fig. 17 kann man auch die Seiten des Quadratnetzes Fig. 16 benutzen. Um z. B. zwischen 3,80 und 4,05 den Punkt 4,00 zu finden, legt man einen Zeichenmaßstab mit 4,00 auf 3,80 längs 3,80, 3,88 und sticht bei 3,80 des Maßstabes eine Nadel ein. Dann legt man Punkt 4,00 des Maßstabes auf 4,05 und sticht auf die Linie 4,05 3,81 bei 4,05 des Zeichenmaßstabes eine Nadel ein. Da wo die gerade Kante eines an die Nadeln gelegten Lineals 3,80 4,05 trifft, ist Punkt 4,00.

§ 15. Verfahren für andere Fälle. Wenn die im Plan enthaltenen Punkte ganz beliebige Abstände zeigen, so wird das im vorigen Paragraphen beschriebene Verfahren insofern zu modifizieren sein, als es notwendig wird, die Länge der in Fig. 17 mit  $ef$  bezeichneten Strecke allen vorkommenden Abständen anzupassen. Diese Bedingung erfüllt das Diagramm Fig. 18. Sei z. B. zwischen zwei in 17 m Abstand im Plan gegebenen Punkten, deren resp. Höhen 3,86 und 4,11 betragen, der Punkt zu bestimmen, dessen Höhe 4 m beträgt. — Man suche auf  $ab$  den Punkt  $x$ , dessen Höhe 3,86 beträgt, dann auf einer 17 m von  $ab$  entfernten Parallele zu dieser den Punkt  $y$  mit der Höhe 4,11. Verbindet man nun durch die gerade Kante eines Lineals  $x$  mit  $y$ , so durchschneidet diese Linie die Gerade 4,0 4,0 im Punkte 9,5, und geht daraus hervor, daß der gesuchte 4 m hohe Punkt im Plan 9,50 m vom Punkte, dessen Höhe 3,86 beträgt, entfernt ist.

Fig. 18.

Eine andere Methode nach § 13 *c* ist folgende. — Sei zwischen den Punkten 8,42 und 9,80 ein Punkt von der Höhe 9,00 zu bestimmen. Lege einen etwa in mm geteilten Maßstab so an Punkt 8,42, daß dieser mit dem Punkte 8,42 des Maßstabes zusammenfällt. Verbinde dann 9,80 des Maßstabes mit 9,80 des Plans und ziehe durch 9 des Maßstabes eine Parallele zu dieser Verbindungslinie. Wo letztere die Verbindungslinie von 8,42 und 9,8 des Planes schneidet, ist der gesuchte Punkt. Die genannten Linien werden meist nur nach Augenmaß gedacht.

Ein auf demselben Grundgedanken ruhendes Verfahren zeigt

Fig. 19. Man zeichnet auf Pauspapier eine Schar paralleler gerader Linien, die man bezeichnet, wie die Teilstriche eines Maßstabes. Soll man nun auf der Verbindungslinie 8,12 und 8,86 des Planes Punkte von den Höhen 8,0; 8,1; 8,2; 8,3 usw. finden, so legt man den durchsichtigen Maßstab so über 8,12 und 8,86, daß sie in die entsprechenden Stellen des Maßstabes fallen und sticht nun mit einer Nadel auf ihrer Verbindungslinie die Punkte durch, in denen sie von 8,0; 8,1; 8,2 usw. getroffen wird.

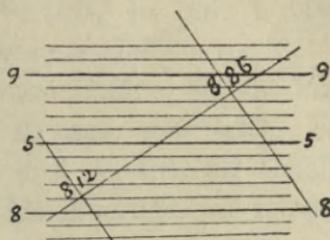


Fig. 19.

Wenn man nach einer der beschriebenen Methoden auf einer geraden Linie diejenigen Punkte bestimmt, deren Höhen denjenigen der Höhenlinien entsprechen, so sagt man kurz, die gerade Linie werde **kotiert**.

### Drittes Kapitel.

## Konstruktionen in Plänen.

§ 16. Gefälle und Steigung einer Linie. Ist eine gerade Linie nicht horizontal, so sagt man, sie falle oder habe Gefälle nach der Seite hin, wo ihre Entfernung vom Mittelpunkt der Erde abnimmt, und sie steige oder habe Steigung in der entgegengesetzten Richtung. In Fig. 20 sei  $AB$  eine fallende oder steigende Linie. Zieht man durch  $A$  und  $B$  lotrechte und nach

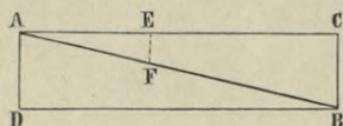


Fig. 20.

diesen von  $B$  und  $A$  aus horizontale Linien  $BD$  und  $AC$ , so nennt man die Länge  $BC$  das absolute Gefälle von  $A$  nach  $B$  und entsprechend  $AD$  die absolute Steigung von  $B$  nach  $A$ . Es erhellt aus der Figur:

$BC = AD$ , oder das absolute Gefälle ist der absoluten Steigung an Größe gleich. Unter relativem Gefälle oder Gefälle überhaupt verstehen wir das Verhältnis des absoluten Gefälles zur Länge der Linie (im Sinne der Meßkunst s. § 3), also das Verhältnis  $AD : BD$ , welches auch durch die trigonometrische Tangente des Neigungswinkels  $ABD$  der Linie  $AB$  gegen die Horizontale ausgedrückt wird. (Häufig wird auch  $AD : AB$  oder der  $\sin$  des Neigungswinkels „Gefälle“ genannt.) Macht man  $AE$  (Fig. 20) gleich 1 m und ist  $EF$  lotrecht, so verhält sich

$$EF : AE = BC : AC$$

oder, da  $AE = 1$  ist

$$EF = BC : AC$$

d. h. das relative Gefälle ist gleich dem absoluten Gefälle pro Einheit der Länge. In der Praxis ist es üblich, Gefälle in Prozenten auszudrücken. Man versteht dann unter einem Gefälle von 3, 4, 5 . . . . n ‰ die relativen Gefälle 3 : 100, 4 : 100, 5 : 100 . . . . n : 100 oder mit andern Worten, absolute Gefälle von 3, 4, 5 . . . . n Meter auf 100 m Länge. Kleinere Gefälle bezieht man auch auf 1000 Einheiten, indem man z. B. sagt, das Gefälle beträgt 1 auf 1000, d. h. also 1 : 1000 u. s. f. — Den für Gefälle erklärten Ausdrücken stehen entsprechende gleichwertige, wie relative Steigung u. s. f. für Steigungen gegenüber.

Auch vom Gefälle einer krummen Linie kann man sprechen. Dann versteht man unter Gefälle in einem bestimmten Punkte derselben dasjenige Gefälle, welches eine gerade Tangente an die krumme Linie in dem betreffenden Punkte aufweist. Unter dem mittleren Gefälle einer krummen Linie für eine gewisse Strecke ist dagegen das absolute Gefälle zwischen den Endpunkten der Strecke zu verstehen dividiert durch die Länge (§ 3) der krummen Linie. Das Gefälle einer krummen Linie kann hiernach konstant sein oder von Punkt zu Punkt einen andern Wert haben.

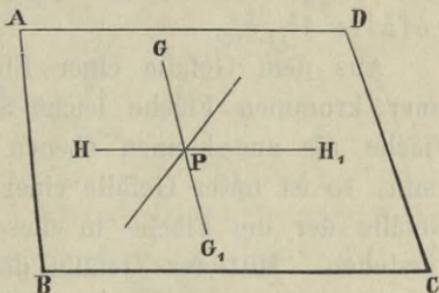


Fig. 21.

Gefälle und Neigung sind nicht zu verwechseln, da man unter Neigung einer Geraden den in Graden ausgedrückten Winkel versteht, den dieselbe mit dem Horizont bildet, während das Gefälle der Tangente des Winkels gleichkommt.

§ 17. Gefälle und Steigung einer Ebene. Sei Fig. 21  $ABCD$  eine geneigte Ebene und  $P$  ein Punkt in derselben. Man kann dann offenbar in der Ebene durch  $P$  unendlich viele Linien verschiedener Richtung ziehen. Denkt man sich eine beliebige Linie durch  $P$  gezogen und dreht dieselbe in Gedanken um den Punkt  $P$  herum, ohne die Ebene zu verlassen, so werden alle möglichen Lagen der Linie in der Ebene durchlaufen. Achtet man nun während der Drehung der Linie auf das Gefälle derselben, so wird man bemerken, daß dieses jeden Augenblick wechselt, und zwei besonders zu beachtende Lagen herausfinden, nämlich einmal eine Stellung  $HH_1$ , Fig. 21, in der die Linie horizontal

ist oder das Gefälle Null zeigt und rechtwinklig zu dieser eine Richtung  $GG_1$ , die ein größeres Gefälle zeigt als irgendeine andere Lage, daher die Richtung des stärksten Gefälles genannt wird. Dreht man die Gerade in der Ebene gleichmäßig von der Richtung  $HH_1$  in die Richtung  $GG_1$ , so wird das Gefälle anfangs schneller wachsen als später.

Unter dem Hauptgefälle oder dem Gefälle schlechtweg einer Ebene versteht man das Gefälle einer Geraden, welche in der Ebene liegt und parallel ist der Richtung des stärksten Gefälles. Außerdem spricht man noch von Gefällen der Ebene in bestimmten Richtungen, worunter das Gefälle von parallel diesen Richtungen gezogenen Geraden zu verstehen ist. So sagt man z. B. das Breitengefälle eines rechteckig begrenzten Grundstückes beträgt 2 ‰, das Längengefälle 1 ‰ und das Diagonalgefälle  $1\frac{3}{4}$  ‰.

Aus dem Gefälle einer Ebene läßt sich der Begriff Gefälle einer krummen Fläche leicht ableiten. Weil man jede krumme Fläche als aus kleinen ebenen Stücken zusammengesetzt denken kann, so ist unter Gefälle einer Fläche für irgendeinen Punkt das Gefälle der die Fläche in diesem Punkte berührenden Ebene zu verstehen. Mittleres Gefälle der Fläche in bestimmter Richtung ist das Gefälle der Geraden, welche die in dieser Richtung liegenden äußersten Punkte (Grenzen) der Fläche verbindet.

Wie früher entsprechen den Ausdrücken Gefälle einer Ebene u. s. f. gleichbedeutende, in denen man statt Gefälle das Wort Steigung gebraucht.

Flächen mit verhältnismäßig starken Gefällen, wie sie an den Seiten der Wegekörper, an Dämmen, Gräben usw. vorkommen, nennt man Böschungen und bezeichnet ihr Gefälle dadurch, daß man sagt, die Böschung sei einfach,  $1\frac{1}{2}$  fach, 2 fach, n fach, je nachdem das relative größte mittlere Gefälle derselben 1 : 1, 1 :  $1\frac{1}{2}$ , 1 : 2, 1 : n beträgt.

§ 18. Linien im stärksten Gefälle. Denkt man sich die kleinen Unregelmäßigkeiten eines geneigten Geländes ausgeglichen und die Oberfläche desselben als vollkommen glatt, so wird ein Wassertropfen oder eine Kugel, die man darauf legt, in einer bestimmten Richtung sich abwärts bewegen, nämlich in der Richtung des stärksten Gefälles, das von der betreffenden Stelle ausgeht. Zeichnet man nun von Punkt zu Punkt im Terrain

fortschreitend eine Linie, die stets in der Richtung des jedesmaligen stärksten Gefälles weiter geführt wird, so wird die Gestalt einer solchen wesentlich zur Charakteristik des Geländes beitragen und namentlich in kulturtechnischer Beziehung wichtig sein, weil sie unmittelbar beurteilen läßt, in welcher Weise Wasser, das man etwa zur Bewässerung der Oberfläche benutzt, sich über dieselbe hinbewegt. Wir werden uns also fragen müssen, wie man verfährt, um derartige Linien, die man Falllinien nennen könnte, in einem durch Höhenlinien gegebenen Plan einzutragen. Sei Fig. 22 ein solcher Plan und vom Punkte  $P$  ausgehend eine Falllinie zu zeichnen. Zunächst wird man sich erinnern (§ 17), daß die Richtung des stärksten Gefälles im Punkte  $P$  der Fläche senkrecht steht zu der durch  $P$  gehenden Höhenkurve 4; damit ist die Anfangsrichtung der Falllinie gegeben. Weiter weiß man von derselben, daß sie auch die nächst tiefere Höhenlinie 3 senkrecht durch-

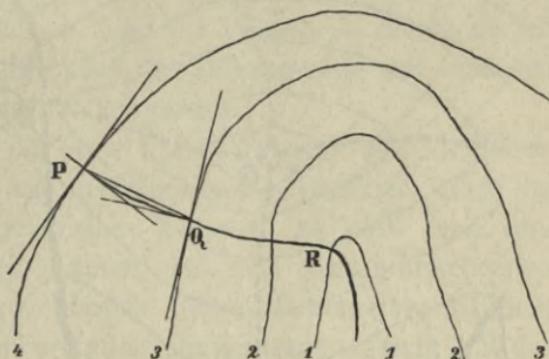


Fig. 22.

schneiden und zu ihr auf dem kürzesten Wege in der Fläche übergehen wird. Um nun diesen Bedingungen möglichst zu entsprechen, denke man sich von  $P$  nach den nächsten Punkten der Höhenlinie 3 eine Gerade  $PQ$  gezogen, welche mit 3 und 4 gleiche Winkel bildet. Errichte in  $Q$  und  $P$  auf den betreffenden Höhenlinien Senkrechte, betrachte diese als Tangenten an die gesuchte Linie und trage dieselbe nach Augenmaß ein. Von  $Q$  aus setze man die Falllinie in derselben Weise zur nächsten Schichtenlinie 2 fort usw.

§ 19. Talwege, Wasserscheiden, Gipfel-, Sattel- und Kesselpunkte. Denkt man sich in Fig. 23 die dargestellte Oberfläche der Geländes vollkommen glatt und undurchlässig für Wasser, so kann man mit Hilfe der eingezeichneten Falllinien leicht den Weg verfolgen, welchen auffallendes Regenwasser nehmen wird. Man erkennt leicht die Stellen, an denen die Wasserfäden zusammenfließen, um gemeinschaftlich ihren Weg als Wasserläufe fort-

zusetzen, die sogenannten Talwege. Andernteils findet man leicht Linien, von denen die Wasserfäden auseinander fließen oder die Wasserscheiden. Jedem Wasserlaufe fließt von einem durch Wasserscheiden begrenzten Gelände, den man sein Gebiet nennt, Wasser zu. Diejenigen Wasserscheiden, welche Stromgebiete trennen, heißen Wasserscheiden erster Ordnung, diejenigen, welche die Gebiete der Nebenflüsse abtrennen, heißen zweiter Ordnung usw. In der Figur sind die Talwege durch starke, die Wasserscheiden durch punktierte Linien angedeutet. In den Wasserscheiden sind die Gippelpunkte  $G$  dadurch aus-

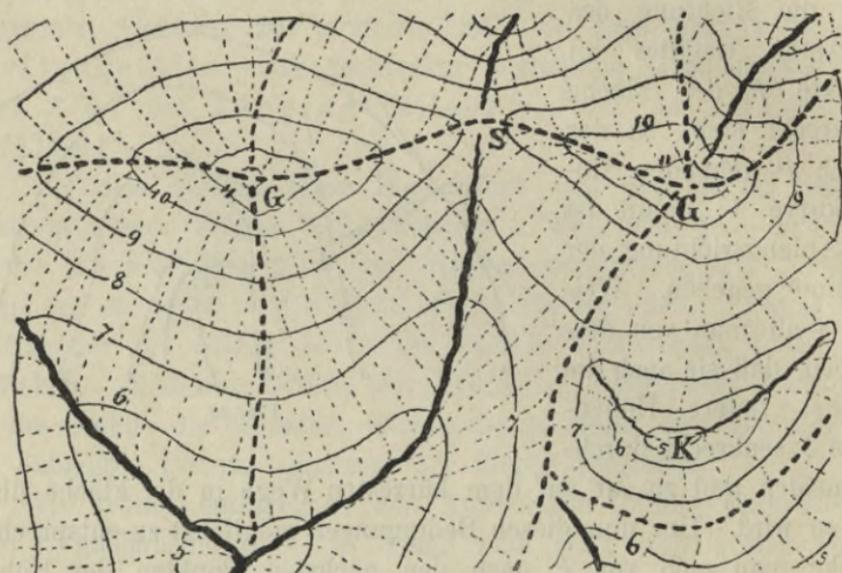


Fig. 23.

gezeichnet, daß sie höher liegen als die benachbarten, während die Sattelpunkte  $S$  (in Gebirgen Pässe genannt) tiefer liegen, als die nächstliegenden Teile der Wasserscheiden. Kesselpunkte  $K$  sind solche, denen das Wasser von allen Seiten zufließt, bei denen es sich also ansammelt. Die anliegenden Teile des Geländes werden also Teiche oder Sümpfe bilden, wenn der Boden nicht sehr durchlassend ist; es fehlt ihnen an Vorflut.

Die Lage der genannten Linien und Punkte sollte man stets aufsuchen, um sich über die Geländegestaltung einer Gegend oder eines Grundstückes Klarheit zu verschaffen. Besonders wichtig sind sie da, wo es sich um Ent- und Bewässerungen handelt, denn um

Ausgaben für Umformungen zu vermeiden, sind die Entwässerungsgräben längs der Talwege und die Bewässerungsgräben längs der Wasserscheiden anzulegen.

In Karten ohne Höhenlinien geben die Flüsse den Verlauf der Talwege, und die Wasserscheiden verlaufen zwischen den Anfangspunkten der Wasserläufe, und da, wo zwei in entgegengesetzten Richtungen fließende Wasserläufe einander sehr nahe kommen, pflegen Sattelpunkte zu liegen.

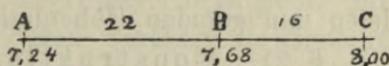
§ 20. Höhenpunkte von Linien. Diejenigen Punkte einer Linie, welche hinsichtlich ihrer Höhenlage dem System der Höhenlinien des Geländes entsprechen, mögen Höhenpunkte der Linie heißen.

Liegt die Linie in der Oberfläche des Geländes selbst, wie die Grenzlinie eines Grundstückes, so sind die Punkte, in denen sie mit den Höhenlinien zusammentrifft, auch ihre Höhenpunkte und brauchen daher nicht besonders bezeichnet zu werden.

Befindet sich dagegen die Linie über oder unter der Oberfläche, wie z. B. die Mittellinie eines anzuschüttenden Dammes, oder die Mittellinie des Wasserspiegels eines Flusses, so muß man ihre Höhenlage dadurch kenntlich machen, daß man einer hinreichenden Anzahl ihrer Punkte die zugehörigen Höhen beischreibt; nämlich so vielen, daß ihre geraden Verbindungslinien genau genug mit der Linie zusammenfallen.

Ist die betreffende Linie eine Gerade, so ist sie bestimmt durch die Höhenzahlen von zweien ihrer Punkte. Es ist dann aber meistens zu empfehlen, auch ihre Höhenpunkte zu bezeichnen (die Linie zu kotieren). Wie man diese findet, wollen wir an einem Zahlenbeispiel erläutern. (Siehe auch § 15.)

Sei in Fig. 24 die Höhe des Punktes  $A$  der Geraden 7,24, die von  $B$  gleich 7,68 und  $AB$  gleich 22 m.  $B$  liegt dann 7,68—7,24 gleich 44 cm höher als  $A$ . Die Gerade braucht also 22 m Länge, um



44 cm höher zu kommen. Um 1 cm höher zu kommen, ist also eine Länge von 22 : 44 zu durchlaufen. Will man von  $B$  auf die Höhe 8,00 kommen, so muß man um 8,00—7,68 gleich 32 cm steigen; dazu gehört also eine Länge von 32 mal 22 : 44 oder 16 m. Der gesuchte Höhenpunkt  $C$  mit der Höhe 8 liegt also 16 m von  $B$ . Um die andern Höhenpunkte, die ganzen Metern entsprechen, zu finden, z. B. 7,00, so liegt 7 um 100 cm tiefer als 8, ist also von  $C$  um 22 : 44 mal 100 gleich

Fig. 24.

50 m entfernt. Da alle Höhenpunkte einer Geraden gleich weit voneinander abstehen, so sind die noch fehlenden leicht zu bestimmen. (Die allgemeine Formel siehe § 13.)

Dasselbe Verfahren ist auch bei krummen Linien anwendbar, wenn sie an allen Punkten dasselbe Gefälle (oder dieselbe Steigung) zeigen, wie z. B. die Mittellinie eines mit unveränderlichem Gefälle dahinfließenden Wasserlaufes.

Ist das sich gleichbleibende Gefälle einer geraden oder krummen Linie gegeben, so sind die Abstände der Höhenpunkte mit 1 m Höhenunterschied leicht zu berechnen. Ist z. B. das Gefälle 1, 2, 3, 4, 5 usw. Prozent, so sind die betreffenden Entfernungen beziehlich 100, 50, 33,3, 25, 20 usw. m. Bei Böschungen geben die Zahlen,

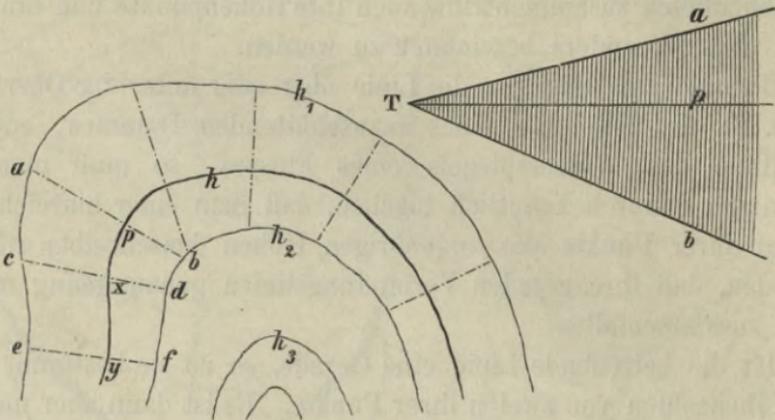


Fig. 25.

Fig. 26.

welche den Betrag der Böschung bestimmen, zugleich den Abstand der Höhenpunkte einer in derselben liegenden Geraden, also z. B. bei zweifacher Böschung 2 m. Ebenso weit sind natürlich die parallelen und geraden Höhenlinien der Böschungen voneinander.

§ 21. Konstruktion einer Höhenlinie, die durch einen gegebenen Punkt des Planes geht. Sei  $p$  Fig. 25 der im Plan gegebene Punkt, durch den eine Schichtenlinie gezeichnet werden soll. Man ziehe zunächst durch  $p$  eine gerade Linie, welche benachbarte Punkte  $a$  und  $b$  derjenigen Höhenlinien des Planes trifft, zwischen denen  $p$  liegt und diese Höhenlinien unter gleichen Winkeln durchschneidet. Dann ziehe man eine entsprechende Anzahl von Linien  $cd$ ,  $ef$  u. s. f., welche ebenfalls die genannten Höhenlinien beziehlich in beliebigen Punkten  $c$ ,  $d$ ,

$e, f$  usw. unter gleichen Winkeln durchschneiden. Endlich teile man alle Linien  $c d, e f$  usw. nach demselben Verhältnisse durch Punkte  $x, y$  u. s. f., in dem  $ab$  durch  $p$  geteilt wird, so daß also  $ap : pb = cx : xd = ey : yf$  u. s. f. Nun verbinde man die Teilpunkte  $x, y, p$  u. s. f. durch eine stetige Linie, so ist diese die verlangte. Die Richtigkeit der Konstruktion folgt aus § 13 c.

Um die vorkommenden Teilungen schnell ausführen zu können, kann man ein Diagramm Fig. 26 benutzen. Man überträgt auf eine Gerade die Strecken  $ap$  und  $pb$  aus Fig. 25, nimmt irgend einen Punkt  $T$  an und zieht durch denselben Strahlen  $Ta, Tp, Tb$ . Diese Strahlen durchschneidet man durch eine große Anzahl von Linien parallel zu  $ab$ . Alle diese Linien sind im Verhältnis  $ap : pb$  geteilt und es lassen sich leicht diejenigen herausfinden oder nach Augenmaß interpolieren, die man in Fig. 25 gebraucht. Am besten zeichnet man das Diagramm auf Pauspapier, verschiebt es über Fig. 25 und sticht die Punkte mit einer Nadel durch.

§ 22. Bestimmung der Höhenlage eines im Plane gegebenen Punktes. Wäre Fig. 25 die Höhe  $h$  des Punktes  $p$  zwischen den beiden Höhenlinien  $h_1$  und  $h_2$  zu ermitteln, so ist nach § 13 a

$$ap : ab = h - h_1 : h_2 - h_1$$

oder wenn  $ap : ab = n$  gesetzt wird

$$\frac{h - h_1}{h_2 - h_1} = n$$

woraus folgt:

$$h = h_1 + n (h_2 - h_1).$$

§ 23. Aufsuchung einer Höhenlinie von gegebener Höhe. Die gegebene Höhe sei  $h$ . Man suche zwei Höhenlinien, von denen die eine höher, die andere tiefer liegt als  $h$ . Ihre Höhen seien beziehlich  $h_1$  und  $h_2$ . Man verbinde benachbarte Punkte  $a$  und  $b$  der beiden Höhenlinien wie in Fig. 25, so daß beide unter gleichen Winkeln getroffen werden, und teile die Linie  $ab$  so, daß

$$\frac{ap}{bp} = \frac{h - h_1}{h_2 - h}$$

und lege durch den Teilpunkt  $p$  eine Höhenlinie nach § 21; dies ist die verlangte.

§ 24. Durchschnittspunkte einer horizontalen geraden Linie von gegebener Richtung und Höhe

mit der Terrainoberfläche zu bestimmen. Ist in Fig. 27 ein Plan mit Höhenkurven, deren Höhen  $h_1, h_2, h_3$  u. s. f. sind, gegeben, bedeutet ferner  $ab$  eine wagerechte Linie, die um ein Stück gleich  $h$  über dem Horizonte liegt, und es sollen Durchschnittspunkte dieser Linie mit der Oberfläche des Terrains ermittelt werden, so konstruiere man nach § 23 die in Fig. 27 punktiert angedeutete Schichtenlinie so, daß ihre Höhe gleich ist der Höhe  $h$  der wagerechten Linie  $ab$ . Schneiden sich nun die beiden zuletzt genannten Linien in Punkten  $x, y, z$  u. s. f., so sind diese Punkte die gesuchten Durchschnittspunkte der Linie  $ab$  mit dem Terrain. Da nämlich die Linie  $ab$  in der durch die Höhe  $h$  bestimmten wagerechten Ebene liegt, wird sie im allgemeinen die in derselben

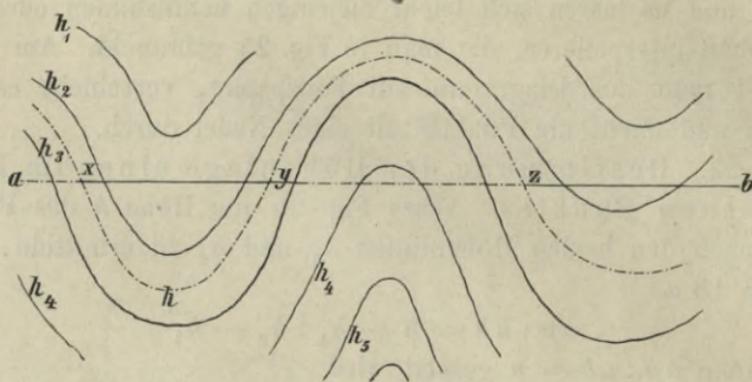


Fig. 27.

Ebene liegende Schichtenlinie treffen und diese Durchschnittspunkte sind auch Punkte der Oberfläche des Terrains, weil letztere die Schichtenlinie enthält.

Bei der praktischen Ausführung wird man selbstverständlich die Schichtenlinie  $h$  nur auf kurze Strecken in der Nähe von  $ab$  zeichnen, d. h. also nur so viel davon, als man gebraucht.

§ 25. Durchschnittspunkte eines Terrains mit einer geneigten Linie. Sei Fig. 29,  $p$  ein im Plan gegebener Punkt, von dem in der Richtung  $pa$  eine unter einem Winkel  $a$  ansteigende Linie gezogen ist. Man soll weitere Durchschnittspunkte dieser Linie mit der Terrainoberfläche bestimmen. Zu dem Ende konstruiere man nach § 12 ein Profil des Terrains Fig. 28, bestimme in demselben den Punkt  $P$ , der  $p$  im Plan Fig. 29 entspricht. Ziehe durch  $P$  Fig. 28 eine horizontale Linie  $PH$ , trage daran die Linie  $PA$  so, daß Winkel  $APH = a$ . Dann entspricht

die Linie  $PA$  des Profils der Linie  $pa$  im Plan und man hat nur noch die Durchschnittspunkte  $X, Y, Z$  der Linie  $PA$  des Profils mit der Terrainoberfläche in den Plan zu übertragen, indem man ihre horizontalen Entfernungen von  $P$ , die Fig. 28 den Längen  $px, py, pz$  gleich sind, von  $p$  Fig. 29 entsprechend auf  $pa$  abträgt, dann sind  $x, y, z$  die gesuchten Durchschnittspunkte.

Zur Übung bearbeite man die Aufgabe: Das Gefälle einer geraden Linie zu bestimmen, welche zwei gegebene Punkte des Planes verbindet und ihre Höhenpunkte (§ 20).

§ 26. Linien mit konstanter Steigung. Die in der Praxis so häufig vorkommende Aufgabe, die Erreichung eines Berg-

Fig. 28.

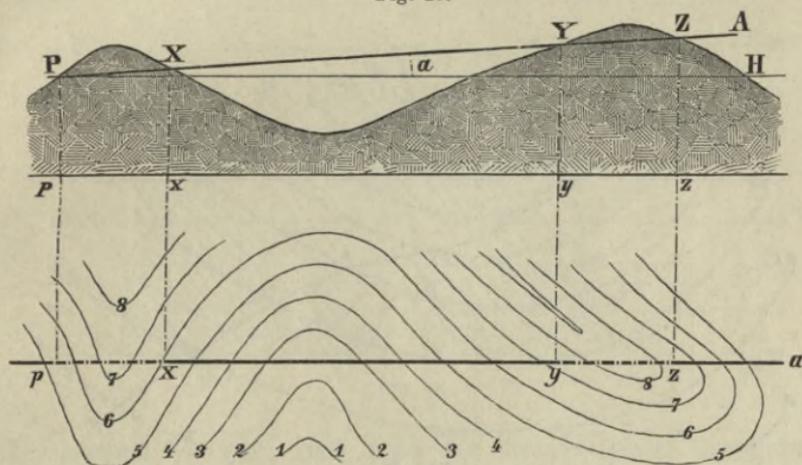


Fig. 29.

gipfels durch Anlage von Wegen zu erleichtern, deren Steigung ein gewisses Maß nicht überschreitet, gibt Veranlassung zu folgender Konstruktion. Sei  $p$  Fig. 30 ein Punkt des Planes, man soll von  $p$  aus eine Linie in der Oberfläche des Terrains zeichnen, deren Steigung einen gegebenen Zahlenwert  $I$  hat. Angenommen, die durch  $p$  gehende Höhenlinie habe die Höhe  $h_0$ , die nächst höhere die Höhe  $h_1$ , und es sei  $pp_1$  das Stück der gesuchten Linie, welches zwischen  $p$  und der Höhenlinie  $h_1$  liegt. Dann ist  $h_1 - h_0$  die absolute Steigung von  $p$  nach  $p_1$ . Bezeichnet man also die Länge (§ 3) der Linie  $pp_1$  mit  $l_1$ , so ist  $\frac{h_1 - h_0}{l_1}$  die relative Steigung, welche gleich  $I$  gesetzt wurde, daher

$$\frac{h_1 - h_0}{l_1} = I,$$

woraus folgt

$$l_1 = \frac{h_1 - h_0}{I}$$

Nimmt man nun an, daß die Linie  $pp_1$  eine Gerade sei, was um so genauer zutreffen wird, je näher die Schichtenlinien zusammenliegen, so ist die Bestimmung des Punktes  $p_1$  leicht zu erreichen. Man hat nur aus vorstehender Gleichung  $l_1$  zu berechnen, das Maß dieser Linie in den Zirkel zu nehmen und einen Bogen um  $p$  bis zur nächsten Horizontale  $h_1$  zu schlagen, so ist der so gefundene Punkt  $p_1$  ein Punkt der gesuchten Linie. Von diesem ausgehend ermittelt man in entsprechender Weise einen Punkt  $p_2$  auf den folgenden Niveaulinien u. s. f. Die stetige

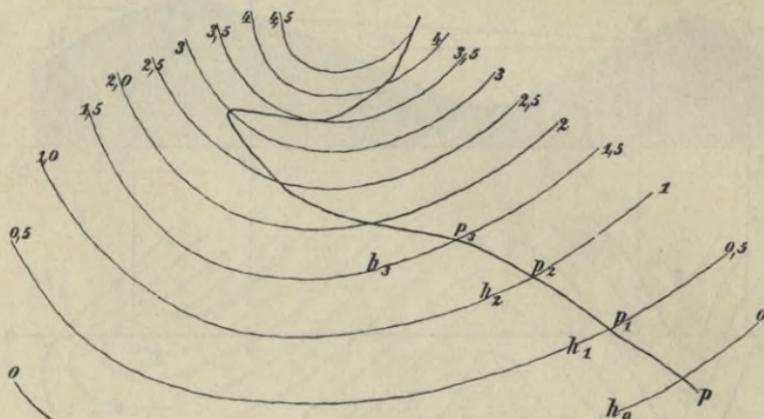


Fig. 30.

Verbindung der so gefundenen Punkte  $p$ ,  $p_1$ ,  $p_2$  usw. liefert die gesuchte Linie. Aus der Konstruktion erhellt leicht, daß die Aufgabe verschiedene Lösungen zuläßt. Weil nämlich der um  $p$  mit  $l_1$  geschlagene Bogen im allgemeinen die folgende Schichtenlinie  $h_1$  in zwei Punkten trifft, genügen zwei Punkte von  $h_1$  den Bedingungen der Aufgabe, man kann also jeden derselben zur Weiterführung benutzen und es kann nur nach den Besonderheiten in Einzelfällen beurteilt werden, ob der eine oder andere Punkt zweckentsprechender liegt. — Um die Aufgabe durch ein Beispiel zu erläutern, werde in Fig. 30 angenommen, die Schichtenlinien entsprechen den ihnen beige-schriebenen Höhenzahlen und die Steigung der Linie solle 4 ‰ oder  $\frac{1}{20}$  betragen. Dann ist

$$\begin{aligned} h_1 - h_0 &= 0,5 \\ I &= \frac{1}{20} = 0,05 \end{aligned}$$

mithin

$$l_1 = \frac{0,50}{0,05} = 10 \text{ Meter.}$$

Da der Abstand der Schichtenlinien sich von Linie zu Linie gleich bleibt, so sind die einzutragenden Längen gleich. Man nehme also die Länge von 10 m (Maßstab  $\frac{1}{1000}$ ) in den Zirkel, setze in  $p$ , schlage einen Bogen bis  $p_1$ , setze in  $p_1$ , schlage einen Bogen bis  $p_2$  u. s. f. und verbinde schließlich die Punkte  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$  usw. durch gerade oder nach Augenmaß gekrümmte Linien. Sollten die Schichtenlinien zu weit voneinander abstehen, so kann man damit beginnen, nach § 21 neue einzuschalten, soweit dies nötig erscheint.

### § 27. Durchschnittslinie des Geländes mit Ebenen.

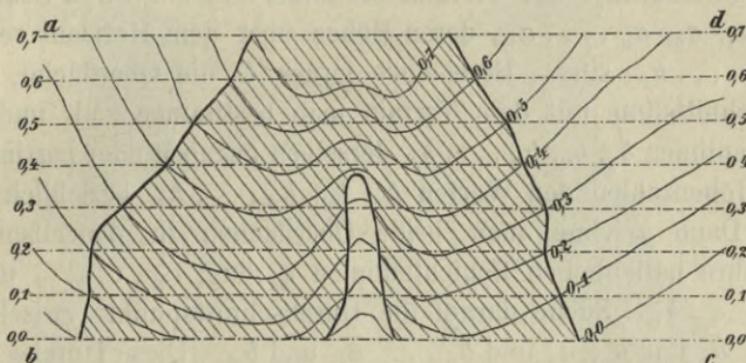


Fig. 31.

Häufig kommt es vor, daß man die ursprünglich unregelmäßige Oberfläche eines Grundstückes dadurch in einen ebenen Hang zu verwandeln hat, daß man von den höheren Stellen Erde fortnimmt (Abtrag) und dieselbe auf den tiefer liegenden Stellen auffüllt (Auftrag). Es ist dann von Nutzen, ehe man die Arbeit anfängt, die Grenzlinie zwischen Auf- und Abtrag zu bestimmen.

Sei Fig. 31  $a b c d$  der Plan eines Grundstückes, dessen natürliche Oberfläche durch die ausgezogenen Schichtenlinien mit eingeschriebenen Höhenzahlen gegeben ist. Dasselbe sei so zu verwandeln, daß seine Oberfläche einen ebenen Hang darstellt, der nach geschehener Umformung durch die punktierten Schichtenlinien bestimmt wird, deren Höhenzahlen den gegebenen entsprechen. Man betrachte nun je zwei Höhenlinien mit gleichen Höhenzahlen, von denen eine dem ursprünglichen Gelände angehört, die andere dem ungeformten, also z. B. die Höhenlinien 0,5. Beide haben zwei Punkte gemeinsam. Diese liegen also vor der Umformung

genau so hoch, wie nach derselben. Es sind dies deshalb Punkte der gesuchten Grenzlinie zwischen Auf- und Abtrag. Verbindet man nun die Durchschnittspunkte der resp. Schichtenlinien gleicher Höhe, wie in der Figur durch die kräftig ausgezogenen Linien angedeutet wird, so erhält man die Durchschnittsline zwischen der natürlichen und der herzustellenden Oberfläche des Grundstückes und die schraffierte Figur enthält die abzutragende Erde, während alle andern Stellen Auftrag erfordern.

§ 28. Durchschnittsline eines Terrains mit beliebigen Flächen. Das eben erörterte Verfahren ist ganz allgemein verwendbar, wenn es sich darum handelt, die Durchschnittsline des Terrains mit einer ganz beliebig gegebenen Oberfläche zu bestimmen. Sei die Oberfläche  $T$  des Terrains bestimmt im Plan durch Schichtenlinien  $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$ , deren Höhen über dem Horizont resp.  $h_1, h_2, h_3 \dots h_n$  sind. Bezeichnet ferner  $O$  die Oberfläche, deren Durchschnittsline mit dem Terrain man bestimmen soll, und seien Schichtenlinien  $b_1, b_2, b_3 \dots b_n$  derselben gegeben oder bestimmbar, deren Höhenzahlen den Werten  $h_1, h_2, h_3 \dots h_n$  beziehlich gleich sind. Dann zeichne man beide Oberflächen in denselben Plan durch ihre beziehlichen Schichtenlinien  $a_1, a_2, a_3 \dots a_n$  und  $b_1, b_2, b_3 \dots b_n$ . Suche darauf die Durchschnittspunkte zwischen  $a_1$  und  $b_1, a_2$  und  $b_2, a_3$  und  $b_3 \dots a_n$  und  $b_n$ . Diese Durchschnittspunkte sind sämtlich den Flächen  $T$  und  $O$  gemeinsam, sind also Punkte ihrer Durchschnittsline und diese selbst kann dann leicht durch stetige Verbindung der gefundenen Punkte nach Augenmaß hergestellt werden. Reichen die gegebenen Schichtenlinien zu hinlänglich genauer Konstruktion nicht aus, so kann man nach § 21 neue hinzufügen. Beispiele folgen.

§ 29. Durchschnittsline einer durch drei Punkte des Terrains bestimmten Ebene mit diesem. Seien Fig. 33 im Lageplan drei Punkte  $p, q, r$  gegeben, man soll dieselben durch eine Ebene  $E$  verbinden und die Durchschnittsline von  $E$  mit der Terrainoberfläche  $T$  bestimmen. Diese Aufgabe ist als auf die vorhergehende § 28 zurückgeführt, mithin als gelöst zu betrachten, wenn es gelingt, die Ebene, welche die Punkte  $p, q, r$  verbindet, durch Schichtenlinien darzustellen.

Um die gesuchten Schichtenlinien durch Rechnung zu bestimmen, ermittle man zunächst die Höhen der gegebenen Punkte  $p, q, r$  nach § 22. Dann suche man nach Anleitung von § 20 auf der

Linie  $pq$  zwei Punkte  $a_1$  und  $a_2$ , welche beziehlich die Höhen 0,8 und 1,2 der im Plan gegebenen Schichtenlinien haben. Ebenso ermittle man auf der Linie  $pr$  einen Punkt  $b_2$ , dessen Höhenlage gleich ist 1,2, d. h. der einer Schichtenlinie des Plans. Darauf verbinde man die gleich hoch liegenden Punkte  $a_2$  und  $b_2$  durch eine gerade Linie. Dieselbe ist eine der gesuchten Schichtenlinien der Ebene  $E$  (Höhe 1,2). Da man nun weiß, daß alle Höhenlinien einer Ebene parallel sind, so wird eine durch  $a_1$  zu  $a_2$   $b_2$  parallel gezogene Linie  $a_1 b_1$  ebenfalls eine Niveaulinie der Ebene  $E$  sein mit der Höhe 0,8. Ferner ist von den Schichtenlinien einer

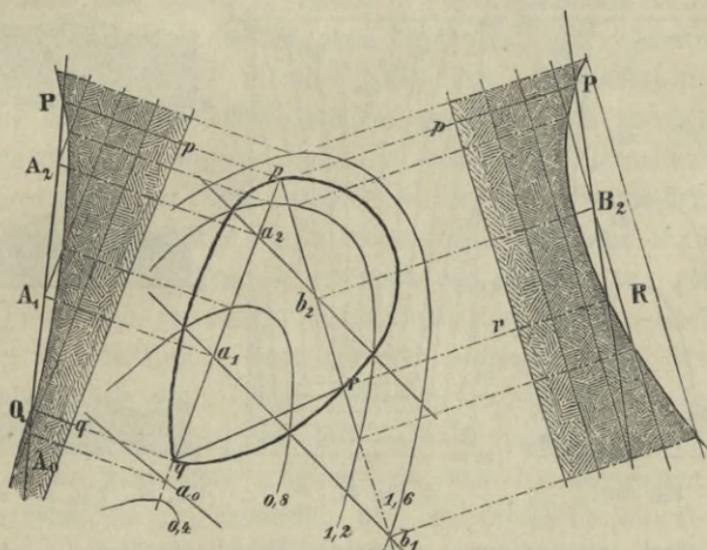


Fig. 32.

Fig. 33.

Fig. 34.

Ebene bekannt, daß sie nicht nur parallel, sondern auch voneinander gleich weit entfernt sind. Man braucht also nur zu  $a_1 b_1$  und  $a_2 b_2$  Parallellinien in gleichen Abständen zu ziehen, um so viel Schichtenlinien der Ebene  $E$  zu finden, als man gebraucht.

Will man die Aufgabe lösen, ohne zu rechnen, so zeichne man nach § 12 ein Querprofil des Terrains nach  $pq$  Fig. 33 und trage in dasselbe Fig. 32 die Punkte  $P$  und  $Q$  ein, welche  $p$  und  $q$  des Planes entsprechen. Verbindet man nun  $P$  und  $Q$  durch eine Gerade  $PQ$ , so stellt diese Linie im Querprofil die Linie  $pq$  des Planes dar. Zieht man jetzt zum Horizont des Profils,  $pq$  Fig. 32, Parallelen, welche den Höhen 0,4, 0,8, 1,2 u. s. f. der Schichtenlinien des Terrains entsprechen, so findet man in den beziehlichen Durchschnittspunkten  $A_0, A_1, A_2$  u. s. f. dieser Paral-

lelen mit  $PQ$  diejenigen Punkte, in welchen die Schichtenebenen des Planes die Linie  $PQ$  schneiden. Die Punkte  $A_0, A_1, A_2$  usw. werden nun in bekannter Weise in den Plan Fig. 33 übertragen und ergeben auf  $pq$  Punkte  $a_0, a_1, a_2$  u. s. f. von entsprechender Höhenlage. Jetzt zeichne man nach derselben Methode ein Profil des Terrains nach  $pr$  Fig. 33. Aus diesem in Fig. 34 dargestellten Profile lassen sich dann Punkte  $b_0, b_1, b_2$  usw. bestimmen, die eben so hoch liegen wie resp.  $a_0, a_1, a_2$  u. s. f. und es ergeben die Verbindungslinien  $a_0 b_0, a_1 b_1, a_2 b_2$  usw. (nur die beiden letzten sind gezeichnet) die gesuchten Horizontalen. Aus diesen

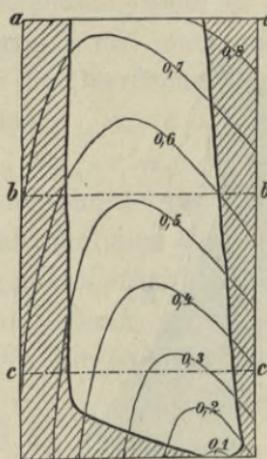


Fig. 35.

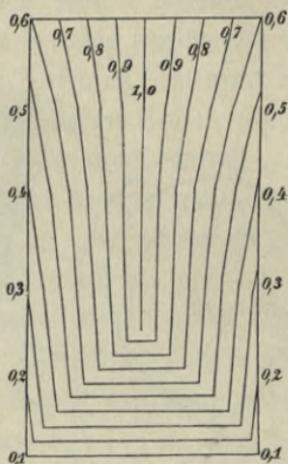


Fig. 36.

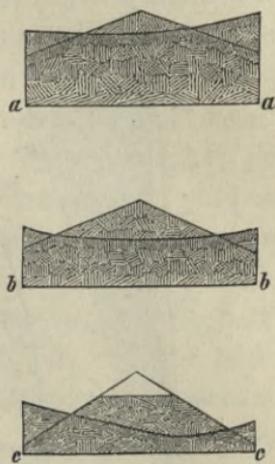


Fig. 37. Fig. 38. Fig. 39.

ist die stark ausgezogene gesuchte Durchschnittslinie abgeleitet (§ 27).

§ 30. Durchschnittslinie zwischen Terrain und Wiesenrücken. Sei Fig. 35 der Plan eines rechtwinkligen Grundstückes, dessen Oberfläche in einen gewöhnlichen Wiesenrücken umgeformt werden soll. Die Gestalt des letzteren sei bekannt und einmal durch den Plan mit Schichtenlinien Fig. 36 bestimmt, oder durch Querprofile Fig. 37, Fig. 38, Fig. 39 gegeben (wobei der Einfachheit wegen von allen in den Rücken etwa zur Bewässerung eingeschnittenen Gräben abgesehen ist). Es sei nun die Durchschnittslinie des Rückens mit der natürlichen Terrainoberfläche zu ermitteln.

Nimmt man an, der Schichtenplan Fig. 36 wäre gegeben, so ist die Lösung der Aufgabe sofort nach § 28 zu ermöglichen, indem man die Schichtenlinien des Rückens in den Plan des

Terrains zeichnet und die entsprechenden Durchschnittspunkte verbindet. Praktisch ausgeführt würde die Zeichnung wirr werden, wenn man alle zur Konstruktion nötigen Linien in denselben Plan zeichnete. Man übertrage also lieber die Schichtenlinien des Rückens auf ein Stück Pauspapier, lege die durchscheinende Zeichnung auf den Plan Fig. 35 und steche die Durchschnittspunkte der Schichtenlinien gleicher Höhe mit einer Nadel durch. Die Verbindungslinie der durchgestochenen Punkte ergibt die in Fig. 35 stark gezogene Scheidelinie zwischen Auf- und Abtrag. Letzterer ist schraffiert.

Setzt man nun zweitens voraus, der Schichtenplan des Rückens wäre unbekannt. Man wüßte etwa nur, daß die höchste Linie im Rücken (der First) 1 m über Null liegt, horizontal und von der oberen Grenze des Grundstückes gemessen 35 m lang sein soll. Ferner sei bekannt, daß die seitlichen Grenzlinien des Rückens im Plan mit den entsprechenden des Grundstückes zusammenfallen, ihr höchster Punkt 0,6 m hoch liegt und ihr Gefälle  $1\%$  beträgt (§ 16). Endlich sei noch die Bestimmung getroffen, daß die Querprofile (senkrecht zur Länge) des Rückens nach oben durch zwei gerade Linien begrenzt sein sollen und daß das Ende des Rückens durch eine Ebene gebildet werde, welche die Tiefpunkte der Grenzen desselben mit dem Endpunkte der Firstlinie verbindet. — Es wird dann möglich sein, aus den gegebenen Daten einen Schichtenplan zu entwerfen und zu verfahren wie oben. — Indessen wird man in ähnlichen Fällen oft schneller zum Ziele kommen, wenn man eine Anzahl von Querprofilen z. B. nach *aa*, *bb*, *cc* u. s. f. des Terrains konstruiert (Fig. 37, 38 und 39), dann in diese die entsprechenden Profile des Rückens einzeichnet, die Durchschnittspunkte zwischen Rücken und Terrain zunächst in den Querprofilen aufsucht, und dieselben dann in bekannter Weise in den Plan überträgt und durch eine stetige Linie nach Augenmaß verbindet.

§ 31. Durchschnittslinie zwischen Terrain und Graben. Sei Fig. 40 im gewöhnlichen Maßstabe (1 : 1000) ein Terrain durch Höhenkurven gegeben und in demselben eine krumme Linie *AB*, der man die Bedeutung beilegt, daß sie die Mittellinie eines Grabens vorstellen soll. Gestalt und Lage desselben seien durch folgende Data bestimmt: 1) Die Sohle sei eben, 6 m breit, habe ein Längengefälle von 1 : 100 und liege bei 1,0

ein Meter über dem Horizont; 2) die Seitenwände seien mit  $\frac{2}{3}$  facher Böschung gebildet (§ 16); 3) befindet sich die Sohle des Grabens 1,5 m oder mehr unter Terrainoberfläche, so wird derselbe einfach eingeschnitten; liegt dagegen die Sohle näher an der Oberfläche, so ist zu beiden Seiten des Grabens ein Damm anzuschütten, dessen Krone 1,5 m über der Sohle liegt, 1 m breit gemacht wird und nach außen an eine  $\frac{2}{3}$  fache Böschung anschließt. Nach diesen Angaben ist Fig. 41 ein Profil des Grabens entworfen (Höhenmaßstab 1 : 100) und schraffiert.

Die Konstruktion der Durchschnittslinie zwischen Graben- und Terrainoberfläche ist wie folgt durchgeführt. Zuerst wurde die

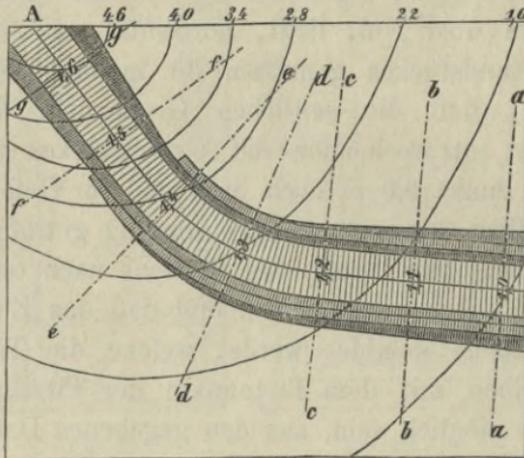


Fig. 40.

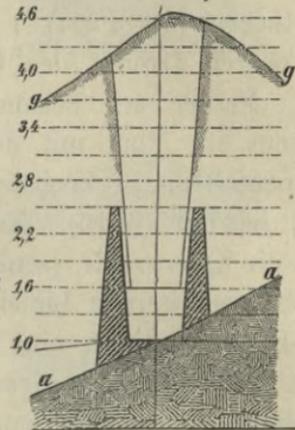


Fig. 41.

Längsachse  $AB$  Fig. 40 in Abteilungen (Stationen) eingeteilt durch wiederholtes Abtragen einer Länge von 10 m vom gegebenen Punkte 1,0 anfangend. In den Teilpunkten sind Normalen  $aa$ ,  $bb$ ,  $cc$  u. s. f. bis  $gg$  auf der Längsachse  $AB$  errichtet. Nach jeder dieser Normalen wurden dann Querprofile des Terrains gezeichnet (§ 12) und in diese das Grabenprofil, entsprechend seiner jedesmaligen Höhenlage, eingetragen. So ergaben sich im Profil die Durchschnittspunkte zwischen Terrain- und Grabenoberfläche von selbst und wurden nun in den Plan entsprechend übertragen und durch stetige Linien verbunden. Als Beispiel ist Fig. 41 das Profil  $aa$  des Terrains gezeichnet. In dasselbe wurde zunächst die Mittellinie des Grabens eingetragen, dann in der gegebenen Höhe 1,0 die Sohlenbreite mit je 3 m nach rechts und links abgemessen. Darüber wurde durch Antragen von 1,5 m die Kronen-

höhe bestimmt und in dieser Höhe die obere halbe Breite des Grabens mit  $3 + \frac{2}{3} \cdot 1,5 = 4$  m nach rechts und links abgetragen und die erhaltenen Punkte mit den Endpunkten des Sohlenprofils verbunden. Die äußere Breite des Grabenprofils in Sohlenhöhe berechnet sich aus oberer Breite, 8 m, + 2facher Kronenbreite, 2 m, + 2fachen Betrag der Erbreiterung durch die Böschung, gleich  $2 \cdot \frac{2}{3} \cdot 1,5 = 2$  m, in Summa zu 12 m. Nach Ermittlung dieser Zahl ist das Profil leicht fertig zu zeichnen und sind die Durchschnittspunkte zwischen Graben und Terrainprofil in den Plan Fig. 40 zu übertragen. — Als weiteres Beispiel wurde das Profil *gg* ebenfalls in Fig. 41 eingetragen. Schwierigkeiten kann hierbei nur die Ermittlung der Sohlenhöhe bereiten. Diese findet man durch die Erwägung, daß die Steigung des Grabens pro 100 m betragen soll 1 m, mithin pro 10 m gleich 0,1 ist. Da nun Profil *gg* in der Längsachse des Grabens gemessen um 60 m von *aa* entfernt ist, liegt die Grabensohle bei *gg* um 0,6 m höher als bei *aa* oder 1,6 m über dem Horizont. Hiernach ist es leicht, die Sohle in Fig. 41 entsprechend einzutragen u. s. f.

Zur Übung bearbeite man dieselbe Aufgabe unter Verhältnissen, die einer wirklichen Ausführung mehr entsprechen, indem man das Gefälle gleich 1 : 1000, die Kronenbreite gleich der Höhe der Dammkrone über Terrain, aber mindestens 1 m, und die Böschungen  $1\frac{1}{2}$  fach nimmt.

Ferner ist die Bearbeitung folgender Aufgabe zu empfehlen. In einem Gelände, wie es Fig. 23 Seite 30 bei *S* zeigt, sind die Höhenlinien 11 durch einen Damm mit  $1\frac{1}{2}$  fach geböschten Seitenwänden und 1 m breiter Krone, die 11 m über dem Horizont liegt, zu verbinden. Die Krone ist einzutragen und die Durchschnittslinie der Dammböschungen mit dem Gelände. Die Lösung ist leicht, wenn man letztere durch Höhenlinien 10, 9 u. s. f., die  $1\frac{1}{2}$  m Abstand voneinander haben, darstellt; denn ihre Durchschnittspunkte mit den entsprechenden Höhenlinien des Geländes sind Punkte der gesuchten Durchschnittslinien.

## Viertes Kapitel.

# Berechnung und Darstellung der Erdarbeiten.



§ 32. Inhalte von Profilen. Um den Inhalt eines Profils = Fig. 42 zu finden, denkt man sich dasselbe durch eine so große Anzahl paralleler Linien zerlegt, daß man die einzelnen

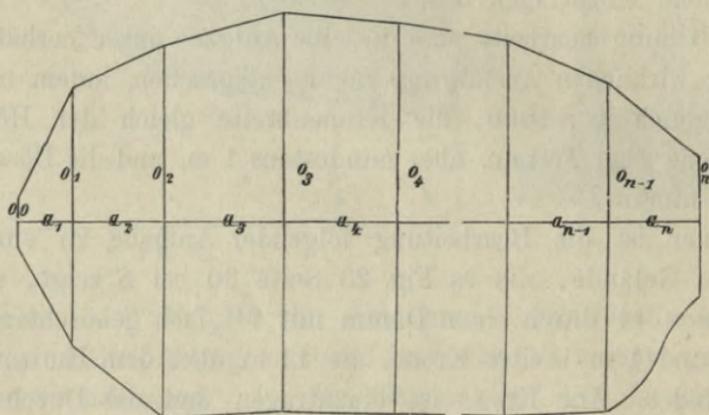


Fig. 42.

Teile als geradlinig begrenzt, d. h. also im allgemeinen als Trapeze betrachten kann. Bezeichnet man die Längen der Parallelen (Ordinaten) beziehlich mit  $o_0, o_1, o_2, o_3, \dots, o_n$ , ihre Entfernungen beziehlich mit  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ , so sind die Inhalte der einzelnen Trapeze beziehlich

$$\frac{o_0 + o_1}{2} a_1, \frac{o_1 + o_2}{2} a_2, \frac{o_2 + o_3}{2} a_3, \dots, \frac{o_{n-1} + o_n}{2} a_n$$

Ihre Summe stellt den Inhalt des ganzen Profils dar. Wäre dieser  $P$ , so ist also

$$P = \frac{o_0 + o_1}{2} a_1 + \frac{o_1 + o_2}{2} a_2 + \dots + \frac{o_{n-1} + o_n}{2} a_n$$

$$= \frac{1}{2} \left( (o_0 + o_1) a_1 + (o_1 + o_2) a_2 + \dots + (o_{n-1} + o_n) a_n \right)$$

Sind die Abstände der Parallelen untereinander gleich, z. B. =  $h$ , dann läßt sich  $h$  ausklammern und man erhält

$$P = h \left( \frac{o_0 + o_1}{2} + \frac{o_1 + o_2}{2} + \dots + \frac{o_{n-1} + o_n}{2} \right)$$

oder 
$$P = h \left( \frac{o_0}{2} + o_1 + o_2 + \dots + o_{n-1} + \frac{o_n}{2} \right)$$

Noch einfacher wird dieser Ausdruck, wenn die Endstücke des Profils als Dreiecke angesehen werden können, also  $o_0$  gleich Null und  $o_n$  gleich Null ist, dann ergibt sich

$$P = h (o_1 + o_2 + o_3 + \dots + o_{n-1})$$

Die Zahlenwerte von  $o_0$ ,  $o_1$ ,  $o_2$  u. s. f. gewinnt man bei der Aufnahme und kann daher den Inhalt des Profils berechnen, ohne es nach Maßstab aufzutragen. Ist dies indessen geschehen, so werden die Additionen der beiden letzten Formeln oft mit einem geraden Papierstreifen gemacht, auf dem man die einzelnen Strecken nebeneinander mit Bleistreichen aufträgt und schließlich die ganze Länge ausmißt. Die erste Formel läßt sich auch schreiben

$$P = o_0 \frac{a_1}{2} + o_1 \left( \frac{a_1}{2} + \frac{a_2}{2} \right) + o_2 \left( \frac{a_2}{2} + \frac{a_3}{2} \right) + \dots + o_n \frac{a_n}{2}$$

Oder: Man berechnet das Profil so, als wenn es aus lauter Rechtecken zusammengesetzt wäre, deren eine Seiten beziehlich gleich den gemessenen Ordinaten sind, während die zugehörigen anderen gefunden werden aus der Summe der halben Entfernungen bis zu den nächsten Ordinaten.

Für die Praxis ist es einfacher, nach der letzten Formel zu rechnen, weil man die Werte  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  u. s. f. in der Regel abgerundeten Zahlen entsprechend wählen kann, was die Rechnung sehr erleichtert, wie folgendes Beispiel zeigt.

Für ein gemessenes Profil sei gefunden beziehlich  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  u. s. f., zu 5, 10, 10, 4, 6 m und  $o_0$ ,  $o_1$ ,  $o_2$  u. s. f. zu 2,14; 2,68; 2,79; 3,06; 2,88; 2,60 m, dann rechnet man nach folgendem Schema:

Station	Ordinate m	Zugehörige Länge m	Inhalt qm
0	2,14	2,5	5,35
5	2,68	7,5	20,10
15	2,79	10,0	27,90
25	3,06	7,0	21,42
29	2,88	5,0	14,40
35	2,60	3,0	7,80
Summe		35,0	96,97

Eine andere schnell zum Ziele führende Berechnung der Profile gestatten die sogenannten Planimeter, bei denen der Inhalt durch Umfahren der Figur gefunden wird. Für die Besitzer dieser Instrumente dürfen wir den Gebrauch als bekannt voraussetzen.

§ 33. Berechnung von Erdkörpern. Die Inhaltsberechnung von Erdmassen wird meistens durch Ermittlung des Inhalts einer Anzahl von Profilen derselben vorbereitet.

Gewöhnlich werden die Ebenen dieser Profile zu einander parallel genommen. Dies vorausgesetzt, stelle Fig. 43 den Umriß des Erdkörpers dar,  $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$  seien die Abstände der parallel gerichteten Profile und  $F_0, F_1, F_2, \dots, F_n$  die berechneten Inhalte derselben. Durch die Profile wird der Erdkörper in Teile zerschnitten, deren Inhalte man für praktische Anwendungen genau genug berechnen kann. Man setzt nämlich den Inhalt des Erdkörperteiles, der von  $F_0$  und  $F_1$  begrenzt wird, gleich dem Inhalte eines prismatischen Körpers, dessen Höhe  $a_1$  und dessen Querschnitt  $\frac{F_0 + F_1}{2}$  gleichkommt. Demnach wäre der Inhalt des ersten Körperteiles gleich

$$\frac{F_0 + F_1}{2} a_1$$

Entsprechend drückt man die Inhalte der übrigen Teile aus und findet dann durch Summation den Inhalt  $K$  des ganzen Erdkörpers

$$K = \frac{F_0 + F_1}{2} a_1 + \frac{F_1 + F_2}{2} a_2 + \dots + \frac{F_{n-1} + F_n}{2} a_n$$

Diese Formel läßt sich auch schreiben

$$K = F_0 \frac{a_1}{2} + F_1 \frac{a_1 + a_2}{2} + F_2 \frac{a_2 + a_3}{2} + \dots + F_n \frac{a_n}{2}$$

In Worten: Man berechnet den Erdkörper so, als bestände er aus lauter prismatischen Teilen, deren Querschnitte den genommenen Profilen entsprechend gleich sind, und deren Höhen beziehlich durch die halbe Summe der Entfernungen bis zu den benachbarten Profilen erhalten werden. Wäre ein Endprofil, z. B.  $F_n$  gleich Null, so kann man das Endstück zur Erzielung größerer Genauigkeit besonders berechnen, indem man es durch parallele Profile von neuem zerlegt, oder man setzt den Inhalt des Endstückes gleich  $F_{n-1} a_n$  mal einem Koeffizienten. Dieser wäre für ein kegelförmiges Stück gleich  $\frac{1}{3}$  zu setzen, für ein Paraboloid

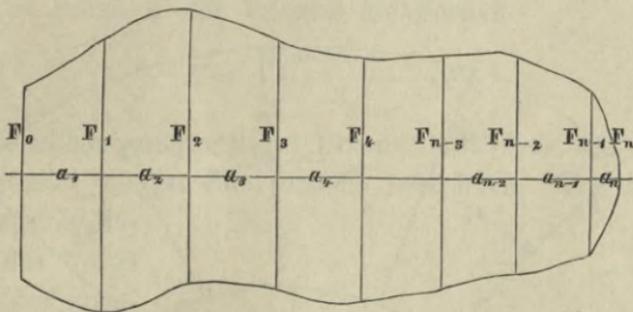


Fig. 43.

gleich  $\frac{1}{2}$  und wird im allgemeinen geschätzt, je nachdem sich der betreffende Körper diesen geometrisch bestimmten Formen nähert.

Die vorstehende Formel vereinfacht sich erheblich, wenn die Abstände der Profile untereinander gleich angenommen werden, z. B. gleich  $a$ , dann erhält man

$$K = a \left( \frac{F_0}{2} + F_1 + F_2 + F_3 + \dots + F_{n-1} + \frac{F_n}{2} \right)$$

Beispiel und Schema zur praktischen Berechnung liefert uns die Tabelle des vorigen §; wenn wir statt „Ordinate in m“ schreiben „Profil in qm“ und statt „Inhalt in qm“ setzen „Inhalt in cbm“.

§ 34. Inhaltsberechnung bei beliebig gerichteten Profilen. Bei Erdkörpern von ausgesprochener Längen-Ausdehnung (Wege, Dämme, Gräben) kommen häufig Krümmungen der Längsachse vor und die zur Inhaltsbestimmung dienenden Profile werden

dann meistens nicht untereinander parallel, sondern senkrecht zur Längenrichtung genommen. In Fig. 44 ist der Umriss eines solchen Körpers dargestellt. Die Inhalte der zur Längsachse senkrechten Profile seien  $F_0, F_1, F_2, F_3$  usw., es bedeuten ferner  $a_1, a_2, a_3 \dots$  die Entfernungen der Schwerpunkte (§ 66) derselben, dann setzt man den Inhalt  $K$  des Erdkörpers gleich

$$K = \frac{F_0 + F_1}{2} a_1 + \frac{F_1 + F_2}{2} a_2 + \frac{F_2 + F_3}{2} a_3 + \dots$$

Sind die Abstände  $a_1, a_2, a_3 \dots$  untereinander gleich, etwa  $a$ , so vereinfacht sich die Formel zu

$$K = a \left\{ \frac{F_0}{2} + F_1 + F_2 + \dots + \frac{F_n}{2} \right\}$$

Noch einfacher wird die Formel, wenn alle Profile untereinander gleich sind, etwa gleich  $F$ . Dann kann man sich den Körper

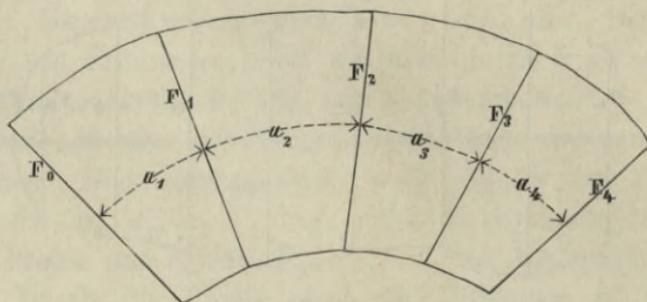


Fig. 44.

entstanden denken durch Bewegung des Profils. Nimmt man den Weg, den der Schwerpunkt desselben bei der betreffenden Bewegung zurücklegt, gleich  $l$  an, so ist genau (Guldin's Regel)

$$K = Fl.$$

§ 35. Simpson's Regel. Kommen Erdkörper vor, deren Formen den gewöhnlich in der elementaren Stereometrie behandelten Körpern entsprechen (Pyramide, Kegel, abgekürzte Pyramide, abgekürzter Kegel, Kugel, Kugelabschnitt, Paraboloid usw.), so entsprechen deren Inhalte genau einer allgemeinen Formel. Bezeichnet man nämlich den Inhalt des senkrecht zur Höhe in deren Mitte genommenen Querprofils des Körpers mit  $F_2$ , die an den Enden der Höhe senkrecht zu dieser genommenen Querprofile mit  $F_1$  und  $F_3$  und mit  $h$  die Höhe des Körpers, so ist der Inhalt  $K$  des letzteren zwischen  $F_1$  und  $F_3$

$$K = \frac{h}{6} (F_1 + 4 F_2 + F_3).$$

Für die Kugel z. B., deren Radius  $r$  sein möge, ist  $h = 2r$ ,  $F_1 = 0$ ,  $F_2 = \pi r^2$ ,  $F_3 = 0$ , mithin

$$K = \frac{2r}{6} (0 + 4\pi r^2 + 0)$$

oder

$$K = \frac{4}{3} \pi r^3.$$

§ 36. Schief abgeschnittene Prismen. Häufig kommt es vor, daß ein zu berechnender Erdkörper in schief abgeschnittene dreiseitige Prismen zerlegt werden kann. Stellt Fig. 45 ein solches dar und sind  $a$ ,  $b$ ,  $c$  die parallelen Kanten desselben, ist ferner  $F$  der Inhalt des Querschnitts senkrecht zu diesen Kanten, so hat man für den Inhalt  $K$  des Prismas die Formel

$$K = \frac{a + b + c}{3} \cdot F.$$

Ein beliebiges mehrseitiges Prisma läßt sich aus dreiseitigen zusammengesetzt denken und danach berechnen. Von besonderem

Interesse ist die Berechnung des vierseitigen, schief abgeschnittenen Prismas mit quadratischer Basis, welche außerdem senkrecht zu den Seiten steht. Sind Fig. 46  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  die Seitenkanten eines

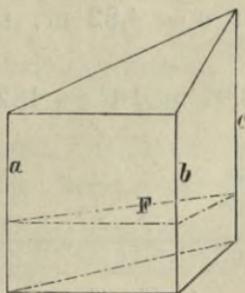


Fig. 45.

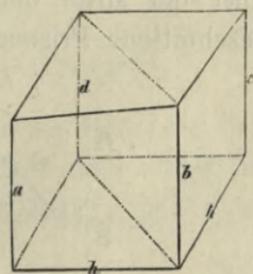


Fig. 46.

solchen Prismas und ist der Inhalt seiner quadratischen Grundflächen  $h^2$ , so denke man sich dieses Prisma durch die  $b$  und  $d$  verbindende Diagonalebene in zwei dreiseitige Prismen zerlegt und berechne deren Inhalte nach obiger Formel. Dann ist die Summe dieser dem Inhalte  $K$  des zu berechnenden Prismas gleich, also

$$K = \frac{a + b + d}{3} \cdot \frac{h^2}{2} + \frac{b + c + d}{3} \cdot \frac{h^2}{2}$$

$$K = \frac{h^2}{2} \left( \frac{a + 2b + c + 2d}{3} \right)$$

Denkt man sich dasselbe Prisma durch eine andere Diagonalebene, welche die Seiten  $a$  und  $c$  verbindet, in zwei dreiseitige Prismen zerlegt, so erhält man ebenso

$$K = \frac{h^2}{2} \left( \frac{2a + b + 2c + d}{3} \right)$$

und durch Addition der beiden letzten Gleichungen

$$2K = \frac{h^2}{2} \{a + b + c + d\}$$

mithin

$$K = \frac{a + b + c + d}{4} \cdot h^2$$

Ist  $o$  die Länge der Durchschnittslinie der beiden Diagonalebene(n) (oder die Höhe über Mitte, Grundfläche), so hat man

$$o = \frac{a + c}{2} \text{ und } o = \frac{b + d}{2}$$

Daraus folgt durch Addition

$$2o = \frac{a + c + b + d}{2} \text{ oder } o = \frac{a + b + c + d}{4}$$

Demnach

$$K = o h^2$$

Ist z. B. die Seite der Grundfläche  $h = 10$  m und die Höhe über der Mitte derselben  $o = 4,82$  m, so enthält das schief abgeschnittene Prisma

$$K = 4,82 \times 10^2 = 482 \text{ cbm.}$$

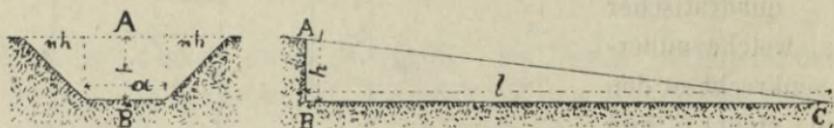


Fig. 47.

§ 37. Graben-Auswurf. Fig. 47 sei  $AB$  das Querprofil und  $A_1 B_1 C_1$  das Längenprofil eines Grabens. Man soll für die Sohlenbreite  $a$  die Länge  $B_1 C_1 = l$  und die Tiefe  $AB$  gleich  $h$  bei  $n$ facher Böschung der Seitenwände die auszuhebende Erdmasse berechnen, wenn  $A_1 C_1$  im stärksten Gefälle des vollständig eben gedachten Terrains liegt. — Vergewenwärtigt man sich in Gedanken die Gestalt des auszuhebenden Erdkörpers, so wird man finden, daß die ihn begrenzenden Ebenen in drei parallelen Kanten zusammentreffen, die in  $A_1$ ,  $B_1$  und  $C_1$  Fig. 47 senkrecht auf der Ebene der Figur stehen. Man hat also ein schief abgeschnittenes

dreiseitiges Prisma zu berechnen, dessen Normalschnitt  $A_1 B_1 C_1$  den Inhalt  $\frac{h l}{2}$  hat und dessen Seitenkanten bei  $C_1$  und  $B_1$  der Sohlenbreite  $a$  gleich sind und bei  $A_1$  gleich  $a + 2nh$ . Ist also  $E$  der Inhalt der Erdmasse, so wird nach § 36

$$E = \frac{3a + 2nh}{3} \cdot \frac{hl}{2}$$

§ 38. Wiesenrücken. Sei Fig. 48  $ABDC$  das Längsenprofil eines Stück Wiesenrückens, der auf dem ebenen Boden  $CD$  aufgedämmt ist und  $CC'DD'$  der Lageplan desselben; man soll die zur Aufdämmung nötige Erdmasse berechnen, abgesehen von den etwa eingeschnittenen Rinnen.

Man denke durch  $DD'$  eine lotrechte Ebene und verlängere die Firstlinie  $AB$  sowie die Seitenflächen des Rückens bis zu dieser Ebene und berechne zuerst den zwischen  $AC$  und  $GD$  liegenden Körper. Zieht man dann von demselben die Pyramide  $BGD'D'$  ab, so erhält man das gesuchte Resultat. Die Endfläche  $AC$  bildet ein Dreieck, dessen Grundlinie  $2b$  und dessen Höhe  $h_1 - h_2$  ist, daher der Inhalt  $(h_1 - h_2) b$ . Entsprechend ist der Inhalt der Endfläche  $DGD'$  gleich  $(h_1 - h_3) b$ . Der Inhalt der zwischen diesen Endflächen enthaltenen Masse ist dann (§ 33) gleich der halben Summe der Endflächen mal ihrer Entfernung  $l$ . Zieht man davon den Inhalt der Pyramide  $BGD'D_1$  ab, so erhält man das verlangte Resultat zu:

$$\frac{b l}{2} (2h_1 - (h_2 + h_3)) - \frac{a b}{3} (h_1 - h_3)$$

Es ist hierbei interessant zu bemerken, daß die Formel, wonach man den Inhalt aus Mittel der Endflächen mal ihrer Entfernung findet, in diesem Falle ein Resultat gibt, das nicht annähernd, sondern mathematisch genau ist. (Den Beweis findet man leicht, indem man zeigt, daß dasselbe Resultat herauskommt, wenn man den Körper statt aus 2 aus 3, 5 usw. Profilen berechnet.)

Will man die Erdmasse bis zum Horizont berechnen, so hat man zu Obigem noch den Inhalt des Prismas vom Querschnitt  $CDEF$  hinzuzufügen, nämlich

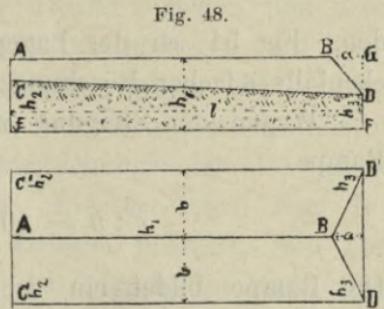


Fig. 49.

$$l \frac{h_2 + h_3}{2} \cdot 2b = (h_2 + h_3) b l$$

Mithin ist die Erdmasse  $E$  bis zum Horizont

$$E = \frac{b l}{2} (2h_1 + h_2 + h_3) - \frac{a b}{3} (h_1 - h_3)$$

§ 39. Rampe. Fig. 50 sei der Querschnitt eines Weges

Fig. 50.

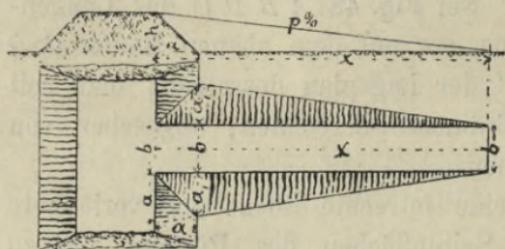


Fig. 51.

oder einer Eisenbahn mit der Höhe  $h$  und  $n$  facher

Böschung, so daß  $\frac{a}{h} = n$ .

Es soll nun auf dem waagrecht gedachten Gelände eine Rampe mit der Steigung von  $p\%$  angelegt und die dazu nötige Erde berechnet werden.

Fig. 51 sei der Lageplan der Rampe, mit der Breite  $b$  und ebenfalls  $n$  facher Böschung.

Wegen der Steigung von  $p\%$  hat man für die Länge  $x$  der Rampe

$$x : h = 100 : p \text{ oder } x = h \frac{100}{p}$$

Die Rampe bildet ein schief abgeschnittenes dreiseitiges Prisma mit den Seitenkanten  $b$ ,  $b$  und  $b + a_1 + a_1$  und dem Normalchnitt vom Inhalt  $\frac{x h}{2} - \frac{a h}{2}$ . Demnach ist der gesuchte Inhalt  $R$  der Rampe

$$R = \frac{h}{2} (x - a) \frac{b + b + b + a_1 + a_1}{3} = \frac{h}{2} (x - a) \frac{3b + 2a_1}{3}$$

$$\text{Da } a_1 : a = x - a : x \text{ oder } a_1 = \frac{a(x - a)}{x},$$

und  $x = h \frac{100}{p}$  und  $a = nh$ , so erhält man schließlich

$$R = \frac{h^2}{2} \left( \frac{100}{p} - n \right) \frac{3b + 2nh \left( 1 - \frac{np}{100} \right)}{3}$$

§ 40. Umformung und mittlere Höhe. Unter Verwandlung oder Umformung eines von bestimmten Grenzen eingeschlossenen Terrains verstehen wir die Veränderung der Oberfläche

desselben durch Verschiebung der in seinen Grenzen enthaltenen Erde (ohne daß also Erde nach außerhalb gebracht oder von außerhalb zugeführt wird). Denkt man sich den Erdkörper, der zwischen dem Horizont, der Terrainoberfläche und den Grenzen des Terrains eingeschlossen ist, so wird seine Erdmasse bei der gedachten Umformung keine Vergrößerung oder Verkleinerung durch die stattfindenden Erdverschiebungen erfahren. Es fragt sich nun, wird auch der Inhalt des Erdkörpers nach der Verschiebung eben so groß sein, als er vorher war. Theoretisch betrachtet scheint die Bejahung dieser Frage selbstverständlich, indessen stellt sich die Sache in der Praxis anders heraus, weil der Erdboden nicht verschoben werden kann, ohne gleichzeitig in seinem Gefüge gelockert zu werden, d. h. also ein Kubikmeter Boden vor der Verschiebung nimmt nach derselben mehr Raum ein als 1 cbm. Man hat also zu unterscheiden zwischen dem natürlichen oder gewachsenen Boden und dem gelockerten oder aufgetragenen. Der aufgetragene Boden wird allerdings im Laufe der Zeit ein dichteres Gefüge annehmen, sich setzen, und es läßt sich durch Stampfen künstlich die Lockerung vermindern. Bei genauen Rechnungen über Bodenverschiebungen ist also jedenfalls die Lockerung zu berücksichtigen. Indessen kann man bei praktischen Rechnungen häufig davon Abstand nehmen, weil der entstehende Fehler bei der Ausführung der Erdarbeiten leicht auszugleichen ist. Deshalb möge für die Rechnungen der nächsten Paragraphen angenommen werden, der Rauminhalt des Erdkörpers bliebe, trotz der vorzunehmenden Verschiebungen, ungeändert.

Denkt man sich unter dieser Voraussetzung ein Grundstück zu einer horizontalen Oberfläche planiert, so heiße die Höhe dieser ebenen Fläche über dem Horizont die mittlere Höhe des Grundstückes. Bezeichnet  $G$  die Größe desselben und  $h$  seine mittlere Höhe, so ist der Inhalt  $K$  des Erdkörpers, der zwischen Horizont, Oberfläche und Grenzen des Grundstückes enthalten ist, gleich  $G \cdot h$  oder

$$G \cdot h = K$$

oder

$$h = \frac{K}{G}$$

d. h. die mittlere Höhe eines Grundstückes wird gefunden, indem man den Inhalt seiner Erdmasse über

dem Horizont durch seine Größe dividiert. Es folgen einige Beispiele.

§ 41. Mittlere Höhe einer Quadratnetzaufnahme. Bei bedeutenden Erdverschiebungen werden in der Regel die betreffenden Grundstücke nach der Quadratnetz-Methode aufgenommen, weil das Mehr an Zeit, welches die Aufnahme erfordert, verschwindet gegen die großen Vorteile bei der Ausrechnung und Ausführung. Die Länge einer Quadratseite nimmt man zweckmäßig als Vielfaches von 5 oder 10 m. Ein Beispiel wird das Verfahren am besten erläutern. — Sei Fig. 52 ein durch die starken Linien begrenztes Grundstück gegeben. Die Länge einer

Quadratseite werde zu 10 m angenommen. Da das Grundstück bei *A* einen rechten Winkel hat, lege man die nächsten Netzpunkte 5 m von den Schenkeln desselben und die Achsen  $ox$  und  $oy$ , die man zur Bezeichnung gebraucht (§ 3), mögen ebenfalls 5 m von den Schenkeln des rechten Winkels und parallel zu diesen gedacht werden. Es sei die Breite des Grundstückes genau 30 m und bei *B* ebenfalls ein rechter Winkel, *CD* sei schief und gegen die

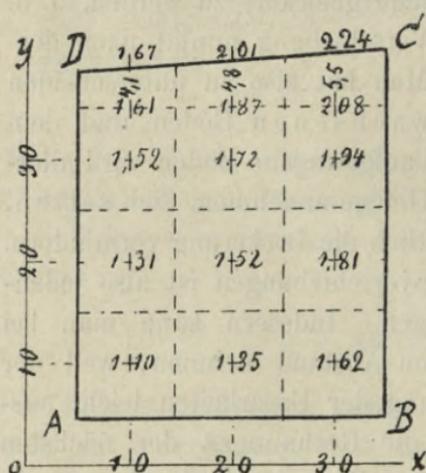


Fig. 52.

nächsten Quadratnetzpunkte durch die Längen 4,1; 4,8 und 5,5 m eingemessen. Die Quadratnetzpunkte werden bezeichnet durch ihre Entfernungen von  $oy$  und  $ox$ , und sind denselben die Höhen über dem Horizont beigeschrieben. Der Punkt, dessen Höhe 1,72 ist, wäre z. B. zu bezeichnen durch 20/30.

Um die Erdmasse bis zum Horizont zu berechnen, denke man sich dieselbe in die in der Figur durch punktierte Linien angedeuteten Teile zerlegt, welche sich teilweise als volle Quadrate, teilweise als Trapeze darstellen. Die Inhalte der Erdmassen, welche den vollen Quadraten entsprechen (schief abgeschnittene Prismen § 36) kann man sofort niederschreiben, denn sie werden erhalten, indem man die Grundfläche von  $10 \times 10 = 100$  qm mit der in der Mitte stehenden Höhe multipliziert. So ist z. B.  $1,52 \times 100 = 152$  cbm der Inhalt der Masse, deren Mitte 10/30 bezeichnet. Die Berechnung

der trapezförmig begrenzten Massen erfolgt durch Multiplikation ihres Mittelschnittes mit der Länge. So ergibt z. B. das Trapez, dessen Mitte durch  $10/35 + \frac{4,1}{2}$  oder  $10/37,05$  zu bezeichnen wäre, als Inhalt des Mittelschnittes seiner Erdmasse

$$\frac{1}{2} (1,61 + 1,67) 4,1 = 6,72$$

daher die gesuchte Masse =  $6,72 \times 10 = 67,2$  cbm. Es ist die zweite Decimale im Resultat zu vernachlässigen; denn da die Höhen nur mit 1 cm Genauigkeit genommen werden, macht dies auf ein Quadrat von 100 qm Fläche eine Ungenauigkeit von 1 cbm.

Den Erläuterungen entspricht das folgende Schema der ganzen oben links anfangenden Rechnung:

Bezeichnung		Länge	Breite	Inhalt	Höhe	Inhalt
<i>x</i>	<i>y</i>	m	m	qm	m	cbm
10	37,05	10	4,1	41	1,64	67,2
10	30	10	10	100	1,52	152,0
10	20	10	10	100	1,31	131,0
10	10	10	10	100	1,10	110,0
20	37,40	10	4,8	48	1,94	93,1
20	30	10	10	100	1,72	172,0
20	20	10	10	100	1,52	152,0
20	10	10	10	100	1,35	135,0
30	37,75	10	5,5	55	2,16	118,8
30	30	10	10	100	1,94	194,0
30	20	10	10	100	1,81	181,0
30	10	10	10	100	1,62	162,0
Summe: 1044						1668,1

Daraus folgt die mittlere Höhe zu

$$1668,1 : 1044 = 1,598 \text{ m.}$$

Aus vorstehender Rechnung kann man eine sehr wichtige Lehre für die Praxis entnehmen, nämlich die, daß durch eine richtige Auswahl der aufgenommenen Punkte die Rechnungen außerordentlich vereinfacht werden können. Hier ergibt die in einem Quadrat stehende Höhenzahl ohne jede Rechnung sofort die daselbst vorhandene Erdmasse bis zum Horizont und die Zahlen in ihrer Gesamtheit liefern ein anschauliches Bild der Massenverteilung.

Wenn man dagegen Aufnahmen gemacht hat, wie im folgenden §, so kommt man damit draußen meist viel schneller zurecht; aber die Rechnung wird so langwierig, daß man oft 10 mal so viel Zeit dazu gebraucht, als bei einer zweckmäßigen Aufnahme.

§ 42. Mittlere Höhe bei einer Aufnahme durch beliebig gelegte Punkte. Bilden die im Terrain einnivellierten und im Plan gegebenen Punkte keine regelmäßige Figur, so tut man am besten, sie zu einem Dreiecksnetz zu verbinden und die dreiseitigen schief abgeschnittenen Prismen einzeln zu berechnen, in welche das Dreiecksnetz den Erdkörper zerlegt. Daraus findet man durch Addition den Inhalt des ganzen Erdkörpers und die mittlere Höhe wie in § 40 durch Division mit der Grundfläche.

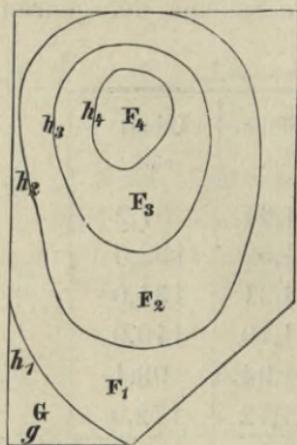


Fig. 53.

§ 43. Mittlere Höhe aus Plänen mit Schichtenlinien. Ist Fig. 53 ein Plan mit Schichtenlinien gegeben, dessen mittlere Höhe bestimmt werden soll, so braucht man sich nur zu erinnern, daß man die Figuren, welche von den Schichtenlinien, resp. von diesen und den Grenzen des Erdkörpers eingeschlossen werden, betrachten kann als Durchschnittsfiguren (Horizontalprofile) des Körpers mit parallelen Ebenen. Aus diesen berechnet man

nach § 33 den Inhalt  $K$  des Körpers.

Sind also Fig. 53  $h_1, h_2, h_3, h_4$  die Höhenlagen der Schichtenlinien und  $g$  die Höhe des tiefsten Punktes, so berechne man etwa zuerst die von  $h_4$  eingeschlossene Fläche (§ 32), sie sei gleich  $F_4$ , dann die von  $h_3$  umschlossene Fläche  $F_3$ , ebenso für  $h_2$  die zugehörige Fläche  $F_2$ , nun wäre die von  $h_1$  und den Grenzlinien des Grundstückes umgebene Fläche  $F_1$  zu ermitteln und schließlich noch die Größe des Grundstückes gleich  $G$ .

Um nun die weitere Rechnung deutlich übersehen zu können, wird eine graphische Darstellung nützlich sein. In Fig. 54 bedeutet  $oo$  den Horizont. Auf diesem ist eine Senkrechte errichtet, und sind darauf von  $oo$  aus die Höhen  $g, h_1, h_2, h_3, h_4$  nach Maß abgetragen und in den Endpunkten die Profile der betreffenden Schichtenlinien als Linien parallel  $oo$  gezogen. Auf jede der Schichtenlinien sind Strecken abgetragen, welche den entsprechenden Horizontalschnitten

$G, F_1, F_2, F_3, F_4$  beziehlich insofern gleich sind, als ihre Längen durch dieselben Zahlen ausgedrückt werden, wie die Inhalte der betreffenden Profile. Die Endpunkte der Strecken sind durch eine stetige Linie verbunden. Dann wird offenbar der Inhalt der umschlossenen Figur auf dieselbe Weise berechnet und durch dieselbe Zahl  $K$  dargestellt wie derjenige des Erdkörpers, mithin

$$K = Gg + \frac{G + F_1}{2} (h_1 - g) + \frac{F_1 + F_2}{2} (h_2 - h_1) + \frac{F_2 + F_3}{2} (h_3 - h_2) + \frac{F_3 + F_4}{2} (h_4 - h_3) + \frac{1}{2} F_4 p.$$

Darin bedeutet  $p$  die Höhe des höchsten Punktes über  $F_4$  und ist der Koeffizient  $\frac{1}{2}$  genommen, weil die Kuppe in der Natur einem Paraboloid mehr ähnlich ist als einem Kegel, der den Faktor  $\frac{1}{3}$  erhalten würde. Im allgemeinen ist also anzumerken, daß zur Berechnung solcher Kuppen, je nachdem sie mehr kegelförmig oder paraboloidisch sind, der Faktor von 0,3 bis 0,5 mit Grundfläche mal Höhe zu multiplicieren ist, um den Inhalt zu erhalten.

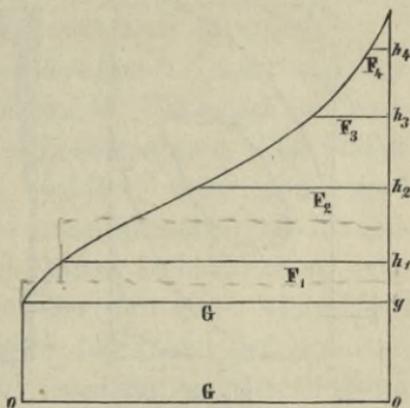


Fig. 54.

Ist, wie gewöhnlich

$$h_2 - h_1 = h_3 - h_2 = h_4 - h_3 = h,$$

so vereinfacht sich vorstehende Formel zu folgender:

$$K = \left( g + \frac{h_1 - g}{2} \right) G + \left( \frac{h_1 - g}{2} + \frac{h}{2} \right) F_1 + (F_2 + F_3) h + \frac{h + p}{2} F_4.$$

§ 44. Planierung eines Grundstückes. Soll ein gegebenes Gelände durch Erdverschiebungen so verändert werden, daß seine Oberfläche eine vollständig horizontale Ebene darbietet, so ist es zunächst leicht, die Höhe dieser Ebene über dem Horizont zu ermitteln. Denn, da wir von einer Auflockerung des Bodens beim Abtragen desselben vorläufig absehen, ist die Höhe des zu bildenden Planums gleich der mittleren Höhe des Grundstückes. Man bestimme

also nach Anleitung der letzten Paragraphen die mittlere Höhe. Hierauf zeichne man nach § 23 in den Plan eine Niveaulinie, deren Höhe gleich der mittleren Höhe des Grundstückes ist. Diese gibt die Grenze zwischen Auf- und Abtrag. Man hat also nur die Erde von den durch die betreffende Höhenlinie begrenzten höheren Teilen des Grundstückes bis zum Niveau derselben fortzunehmen und bis zu demselben Niveau auf die tieferen Teile zu bringen. Damit ist die Lösung im Plan bestimmt. Die Anleitung zur Kostenberechnung folgt später.

§ 45. Umformung in einen Hang. Das Grundstück Fig. 55 sei rechtwinkelig begrenzt und habe bei 80 m Länge 50 m Breite, mithin eine Fläche von 4000 qm. Zur Berechnung der

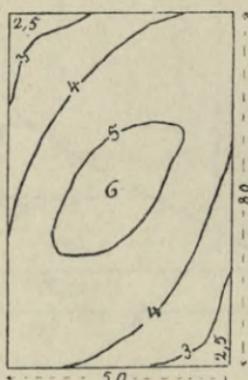


Fig. 55.

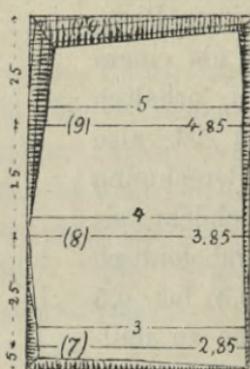


Fig. 56.

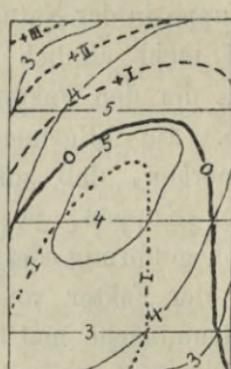


Fig. 57.

mittleren Höhe nach § 43 seien ermittelt die Flächen der Horizontalschnitte in beziehlich- 3, 4 und 5 m Höhe zu 3744, 2704 und 480 qm. Es soll das Grundstück umgeformt werden in einen ebenen Hang, dessen Gefälle 4 ‰ beträgt und in der Längenrichtung des Grundstückes liegt.

Man berechne zunächst die mittlere Höhe der Erdmasse, welche unter der Oberfläche des Grundstückes bis zum Horizont liegt. Nach § 32 und § 43 gestaltet sich die Rechnung wie folgt:

Hor. Profil von m	Flächeninhalt qm	Zugehörige Höhe m	Kubikinhalt ebm
0 bis 2,75	4000	2,75	11000
2,75 bis 3,50	3744	0,75	2808
3,50 bis 4,50	2704	1,00	2704
4,50 bis 5,50	480	1,00	480

---

Summe 16992

Indem man nun den erhaltenen Kubikinhalt durch die Fläche des Grundstückes dividiert  $16992 : 4000$ , erhält man die gesuchte mittlere Höhe zu 4,248 Meter, wofür 4,25 zu setzen ist, weil die Arbeit keine Ausführung auf mm zuläßt.

Jetzt fertige man sich Fig. 56 einen Plan des Grundstückes mit der verlangten neuen Oberfläche. Da dieselbe eine ebene sein soll, so sind die Höhenlinien untereinander parallel und gleich weit voneinander entfernt. Der Betrag dieser Entfernung beträgt für ein Meter Höhenunterschied, wegen des mit 4 ‰ gegebenen Gefälles,  $100 : 4$  oder 25 Meter. Man gebe der oberen Grenze des Grundstückes einstweilen die beliebig angenommene Höhe (10) m und ziehe dazu die Höhenlinien (9), (8), (7), parallel in Abständen von 25 m, dann ist die Oberfläche des Grundstückes hinsichtlich ihrer Form den Bedingungen der Aufgabe entsprechend bestimmt.

Nun wäre die mittlere Höhe zu bestimmen, wozu man eine der obigen ähnliche Rechnung anstellen könnte. Da jedoch in diesem besonderen Falle das Längenprofil des Erdkörpers an allen Stellen dasselbe ist, so wird man einfacher rechnen, wenn man seinen Inhalt mit der Breite des Grundstückes multipliziert. Das Längenprofil ist ein Trapez mit den parallelen Seiten 10 und 6,8 m, demnach ist der Inhalt  $16,8 : 2$  mal 80 oder 672 qm. Multipliziert man diesen Wert mit 50, so erhält man den Inhalt der Erdmasse zu 33600 cbm. Teilt man nun durch die Grundfläche, oder 4000 qm, so erhält man die gesuchte mittlere Höhe zu 8,40 m.

Da die mittlere Höhe des Projekts nicht mit derjenigen der Aufnahme übereinstimmt, so ist der Horizont des ersteren um die Differenz 8,40 — 4,25 gleich 4,15 m höher zu legen, damit zur Ausführung des Projekts nicht mehr Erde erfordert wird, als vorhanden ist. Die Höhenlinien des Projekts erhalten dann um 4,15 m kleinere Werte. Somit sind die vorläufig angenommenen Höhenzahlen für die in Fig. 56 gezeichneten Höhenlinien (10); (9); (8); (7) umzuändern in beziehlich 5,85; 4,85; 3,85; 2,85, und ist damit ein Projekt gewonnen, das den Bedingungen der Aufgabe entspricht.

Um nun in diesem die Grenzlinie zwischen Auf- und Abtrag zu bestimmen, zeichne man nach § 23 mit Hilfe der eben bestimmten Höhenlinien, die Höhenlinien 5, 4, 3 und trage auch die aufgenommenen Höhenlinien des Grundstückes in die Zeichnung Fig. 57 (oder lege sie auf Pauspapier darüber).

Diejenigen Punkte, in denen die gleich hoch liegenden Höhenlinien beider Pläne zusammentreffen, liegen vor der Umformung ebenso, wie nach derselben und sind mithin Punkte der gesuchten Grenzlinie zwischen Auf- und Abtrag. Durch stetige Verbindung derselben wurde die in Fig. 57 mit  $o$  bezeichnete Linie erhalten. Da die Höhenlinien 5 und 4 zu wenig Punkte lieferten, wurden die Schichtenlinien 4,1; 4,2 usw. in Blei hinzugefügt und nach dem Gebrauche wieder entfernt.

In derselben Weise, wie die Linie  $o$  alle Punkte umfaßt, in denen die Höhe des Auftrages Null ist, kann man auch alle Punkte mit Auftragshöhen von 1 m verbinden. Es ist nur nötig, diejenigen Stellen aufzusuchen, an denen die Höhenlinien des Planes um ein Meter höher liegen als diejenigen des ursprünglichen Grundstückes. Da wo die Schichtenlinien 4,0; 4,1; 4,2 usw. des Grundstückes von den entsprechenden 5,0; 5,1; 5,2 usw. des Planes getroffen werden, sind die Punkte, deren stetige Verbindung die Linie  $+ I$ , einer Auftragshöhe von 1 m entsprechend, geliefert hat. In ähnlicher Weise enthalten die Linien  $+ II$  und  $+ III$  die Auftragshöhen von beziehlich 2 und 3 m und die Linie  $- I$  alle Punkte mit Abtragshöhen von 1 m.

Jetzt sei der Kubikinhalt der ab- oder aufzutragenden Erdmasse zu berechnen. Zu dem Ende trägt man die Grenzlinie zwischen Auf- und Abtrag auch in den ursprünglichen Plan des Grundstückes ein und berechnet nun die Erdmasse bis zum Horizont unter der Abtragsfläche im gegebenen Grundstück und im Project. Die Differenz liefert den gesuchten Wert der abzutragenden Erdmasse. In derselben Weise kann man aus der entsprechenden Differenz der unter der Auftragsfläche liegenden Erdmassen den Inhalt des Auftrags erhalten, der, wenn richtig gerechnet wurde, ebenso groß sein muß, wie der Abtrag.

Welcher Methode man sich zur Berechnung der gesuchten Erdmassen am besten bedient, ergeben die Besonderheiten der Aufgabe. So ist es meistens zweckentsprechend eine Anzahl von parallelen Vertikalprofilen durch das Grundstück zu legen und das Projekt in dieselben einzutragen, um die Querschnitte von Auf- und Abtrag, und daraus deren Kubikinhalte zu berechnen.

Nach einer anderen Methode berechnet man den Auftrag aus Fig. 57 so als ob, wie in § 43, die Erdmasse eines Grundstückes gleich der Auftragsfläche zu berechnen wäre, das die Linien 0, I, II, III

als Höhenlinien enthält mit den Höhen 0, 1, 2, 3 über dem Horizont. Daß diese Rechnung ein richtiges Resultat ergibt wird man leicht erkennen, wenn man bedenkt, daß der Inhalt eines beiderseits schief abgeschnittenen Prismas auch gleich ist dem Inhalte des Querschnittes mal seiner mittleren Höhe.

Die Rechnung gestaltet sich dann wie folgt:

#### A. Auftrag.

Hor. Profil Nr.	Inhalt qm	Zugeh. Höhe m	Erdmasse cbm
III	37,5	0,6	225
II	285,0	1,0	285
I	850,0	1,0	850
0	1612,0	0,5	806
			Summe 2166

#### B. Abtrag.

0	2588,0	0,5	1294
I	1184,0	0,7	829
			Summe 2123

Demnach sind in runder Zahl Ab- und Auftrag zu 2150 cbm anzunehmen.

Die Umformung wäre nun in jeder Beziehung für die praktische Ausführung vorbereitet, wenn nicht meistens die Rücksichten auf die Nachbargrundstücke, sofern diese in ihrer ursprünglichen Lage bleiben, zu weiteren Umänderungen des Projektes Veranlassung gäben. Unsere Rechnung setzt nämlich voraus, daß man an den Grenzen den Boden mit lotrechter Wand abgraben und aufschütten könnte, was nur bei festem Felsen zulässig sein würde, weil Erde nur stehen bleibt, wenn die Neigung ihrer Oberfläche ein gewisses Maß nicht überschreitet.

Nehmen wir z. B. an, der Boden wäre loser Sand, der nur mit zweifacher Böschung stehen bleibt. Dann müßte man den mit senkrechten Grenzflächen aufgeschüttet gedachten Boden an den Grenzen wieder entfernen und auf der Fläche verteilen bis die Böschung 2 : 1 überall erreicht ist; wie Fig. 56 zeigt. Den so gewonnenen Boden würde man zunächst dazu benutzen, um im Abtrage an den Grenzen die in derselben Figur dargestellten Böschungen herzustellen, indem man an den senkrecht abgeschnitten gedachten Wänden wieder Boden anfüllt bis die notwendige Böschung erreicht

ist. Es bleibt dann aber noch Boden übrig, der auf der ganzen Fläche des Grundstückes, mit Ausnahme der Böschungen, zu verteilen ist, wodurch die ganze Fläche eine Erhöhung erfährt.

Selbstverständlich wird man die hier angedeuteten Bodenbewegungen in Wirklichkeit nicht vornehmen, sondern nur in Gedanken, um danach das Projekt so umzuarbeiten, daß es die erforderlichen Böschungen enthält.

Berechnet man die im Projekte Fig. 56 durch Herstellung der Böschungen im Auftrage frei werdende Erde, so erhält man 518 cbm. Davon sind der Rechnung nach im Abtrage 84 cbm zur Herstellung der hier erforderlichen Böschungen zu verbrauchen. Es bleiben demnach  $518 - 84$  gleich 434 cbm zur Verteilung auf der Fläche übrig. Die ganze Fläche des Grundstückes beträgt 4000 qm. Zieht man davon 620 qm, welche in die Böschungen fallen, ab, so bleiben 3380 qm. Diese Fläche erhöht sich also um  $434 : 3380$  gleich 0,128 m oder, da mm nicht in Betracht kommen können, um 13 cm. Demnach würde man in Fig. 56 die Höhenzahl jeder Höhenlinie um 0,13 vergrößern müssen, um ein richtiges Projekt zu erhalten. In diesem kann man dann, wie oben, durch Zusammenstellung mit dem Plane des Grundstückes die richtige Grenzlinie zwischen Auf- und Abtrag erhalten. Zur Kontrolle wird man dann nochmals den Kubikinhalt von Auf- und Abtrag, wie oben, berechnen und vielleicht noch eine kleine Verbesserung eintreten lassen. Dabei ist immer im Auge zu behalten, daß mehr als 1 cm Genauigkeit bei Erdarbeiten nicht zu erreichen ist. Für die ganze Fläche von 4000 qm macht 1 cm Höhe an Erdmasse 40 cbm.

Die Ausarbeitung des definitiven Projektes überlassen wir dem Leser zur eigenen Übung. Derselbe wird gut tun, bei dieser Arbeit verschiedene Methoden der Darstellung und der danach sich richtenden Erdmassen-Berechnung zu benutzen, also namentlich statt der wagerechten Profile eine Reihe von zweckmäßig gelegten Vertikalprofilen anwenden.

§ 46. Beliebige Umformung eines Grundstückes. Wenn man die beiden zuletzt behandelten besonderen Fälle aufmerksam durchgearbeitet hat, wird es nicht schwer sein danach ein allgemein anwendbares Verfahren zu beschreiben, wonach man Projekte zur Umformung von Grundstücken durch bloße Verschiebung ihrer Erdmassen ausarbeiten kann.

Zuerst hat man sich einen Plan des Grundstückes zu ver-

schaffen, in dem die von Natur vorhandene Oberfläche gegeben ist (durch Höhenpunkte, Höhenlinien, Profile oder dergl.) mit Beziehung auf einen durch Fixpunkte bestimmten Horizont.

Zweitens ist in gleichem Maßstabe eine Zeichnung des Grundstückes auszuarbeiten, welche die gewollte Oberfläche in Beziehung auf einen einstweilen nach Gutdünken angenommenen Horizont in entsprechender Weise bestimmt. Diese möge Projekt oder Entwurf heißen, die andere kurz Plan.

Die zu lösende Aufgabe besteht nun darin, den Horizont des Entwurfes so zu verlegen, daß der im Plan gegebene Boden zur Ausführung ausreicht.

Zu dem Ende berechne man aus dem Plane des Grundstückes die innerhalb seiner Grenzen bis zum Horizont enthaltene Erde. Es seien dies  $K$  Kubikmeter.

Ebenso berechne man die im Projekt entsprechend bis zu dessen Horizont enthaltene Erde. Es seien dies  $L$  Kubikmeter.

Ist  $K$  gleich  $L$ , so ist das Projekt für die Ausführung ohne weiteres zu gebrauchen. Wäre  $K$  nicht gleich  $L$ , so ist der Horizont im Entwurf um eine näher zu bestimmende Größe  $x$  zu verlegen, um die gewünschte Gleichheit herzustellen. Durch die Verlegung erfährt die Erdmasse  $L$  des Entwurfes eine Veränderung  $Gx$ , wenn  $G$  die Größe des Grundstückes bedeutet. Demnach gilt folgende Gleichung:

$$K = L - Gx$$

mithin

$$x = \frac{L}{G} - \frac{K}{G}$$

Da  $K : G$  und  $L : G$  beziehlich die mittleren Höhen von Plan und Projekt darstellen, so läßt sich die Lösung unserer Aufgabe auch ausdrücken:

Man berechne die mittlere Höhe des gegebenen Grundstückes und diejenige eines Entwurfes mit der neuen Oberfläche. Sind die beiden Höhen nicht gleich, so bilde man ihre Differenz und lege den Horizont des Projektes um diesen Wert höher oder tiefer, so daß der veränderte Entwurf dieselbe mittlere Höhe ergibt wie das gegebene Grundstück.

Verbesserung des ersten Entwurfes. Die vorstehend beschriebene Rechnung setzt voraus, daß die aufgetragene Erdmasse an den Grenzen des Grundstückes mit lotrechter Wand stehen und entsprechend der Abtrag lotrecht abgegraben werden kann.

Dies ist im allgemeinen nicht möglich, man muß vielmehr dem Boden eine seiner Beschaffenheit entsprechende Böschung geben (§ 76). Diese Böschung ist nun in den Entwurf einzutragen. Dadurch werden die Auf- und Abtragsmassen vermindert und es kann vorkommen, daß hierbei ein vollkommener Ausgleich eintritt. Andernteils kann aber auch sowohl Erde übrig bleiben, wenn mehr aus dem Auftrage genommen werden muß, als an den Grenzen des Abtrages Platz findet, oder es kann auch an Erde mangeln. Tritt einer der letztgenannten Fälle ein, so hat man, wenn  $U$  die übrig bleibende oder  $F$  die fehlende Erde bedeutet, die Höhen des Entwurfes um  $U:G$  zu vergrößern, beziehlich um  $F:G$  zu vermindern, um den Ausgleich herbei zu führen. In den meisten Fällen werden die vorzunehmenden Veränderungen weniger betragen als 5 mm und so, als innerhalb der Fehlergrenzen liegend, überhaupt keine Berücksichtigung erfahren können. Indessen sind auch Fälle, wenigstens denkbar, in denen nach dieser Verbesserung noch eine zweite derselben Art anzubringen ist.

Bestimmung der Grenze zwischen Auf- und Abtrag. a) Ist das Grundstück durch Vertikalprofile gegeben, so wird man die entsprechenden Profile des Projekts in dieselben eintragen und so nicht allein die Stellen erhalten, an denen Ab- und Auftrag zusammenstoßen, sondern auch die zur Berechnung der Auf- und Abtragsmassen erforderlichen Profile (§ 33). b) Sind Plan und Projekt durch Schichtenlinien gegeben, so ist zunächst nachzusehen, ob die Höhenzahlen in beiden in gleicher Weise vom Horizont aus abgestuft sind. Sollte dies nicht der Fall sein, so sind im Entwurf nach § 23 diejenigen Höhenlinien zu konstruieren, welche denjenigen des Planes entsprechen. Dann kann nach § 28 die Grenzlinie zwischen Auf- und Abtrag gefunden werden, indem man Plan und Entwurf zur Deckung bringt und die Durchschnittspunkte gleich hoher Höhenlinien verbindet. Nun kann man wie in § 45 Linien gleicher Ab- beziehlich Auftragshöhe zeichnen und zur Berechnung der Rauminhalte von Ab- und Auftrag benutzen. c) Zuweilen gestattet die Aufgabe erhebliche Vereinfachungen, indem man von einer Darstellungsweise zur andern übergeht oder durch besondere Verhältnisse. Hat man z. B. eine Quadratnetzaufnahme im natürlichen Terrain gemacht, so fertige man danach einen Plan mit den betreffenden Höhenzahlen. Unter diese Höhenzahlen schreibe man die sich auf den gleichen Normalhorizont beziehenden des um-

geformten Terrains. Ziehe nun die unteren Zahlen von den oberen ab, dann bedeuten die positiven (mit + zu bezeichnenden) Reste die Abtragstiefe, die negativen Auftragshöhen an den betreffenden Stellen. Die Grenzlinie zwischen Auf- und Abtrag scheidet die positiven und negativen Zahlen. Punkte derselben findet man leicht nach Art des folgenden Beispiels. Seien — 3 und + 5 benachbarte Reste mit verschiedenen Vorzeichen, so teile man deren Verbindungslinie im Verhältnisse 3 : 5, so ist der Teilpunkt der gesuchte Punkt.

§ 47. Berücksichtigung der Auflockerung. Bisher wurde von der Auflockerung der Erde, welche dieselbe beim Transport erleidet, abgesehen. Es ist indessen eine bekannte Tatsache, daß der natürliche, sogenannte gewachsene Boden, wenn er abgegraben und neu aufgeschüttet wird, einen größeren Raum einnimmt, als vorher. Diese Raumvergrößerung läßt sich durch mechanische Mittel (Einschlämmen mit Wasser oder Stampfen) zwar vermindern, aber im allgemeinen nicht vollständig beseitigen. Selbst im Laufe der Zeit, wenn die Bodenteilchen durch Einwirkung von Regen u. s. f. sich zusammendrängen, oder wenn, wie man sagt, der Boden sich setzt, pflegt doch der ursprüngliche Kubikinhalte nicht wieder erreicht zu werden, oder mit anderen Worten, ein gewisses Maß von Auflockerung bleibt bestehen, so daß man genötigt ist bei genauerer Berechnung der Erdarbeiten die Auflockerung in Betracht zu ziehen. Ein Kubikmeter gewachsener Boden wird also, nachdem er aufgetragen ist, einen größeren Raum einnehmen, den wir vorläufig, da er von der Beschaffenheit des Bodens abhängt, durch eine allgemeine Zahl  $n$  bezeichnen wollen.

Unter dieser Voraussetzung möge die Lösung der Aufgabe des § 46 dahin vervollständigt werden, daß jetzt auch auf die Auflockerung Rücksicht genommen wird.

Nachdem ohne Rücksicht auf Lockerung der Abtrag gleich  $A$  errechnet ist, denke man die Erde, oben anfangend, abgetragen, bis der berechnete Auftragskörper  $A$  ausgefüllt ist. Dann verbraucht man ein Quantum  $A - Y$  des Abtrages, so daß  $\frac{A}{A - Y} = n$  oder

$A - Y = \frac{A}{n}$ . Es bleibt mithin an gewachsenem Boden übrig das Quantum  $A - \frac{A}{n} = A \frac{n - 1}{n}$ . Dies wäre noch zu verteilen. Auf

der Abtragsfläche wird es (fast ganz) als gewachsener Boden liegen bleiben können, auf der Auftragsfläche als lockere Erde. Bezeichnet nun  $z$  die Höhe, um welche der Auftrag durch Verteilen des Restes  $A \frac{n-1}{n}$  erhöht wird und ist  $F_1$  der Inhalt der Abtragsfläche,  $F_2$  der Inhalt der Auftragsfläche, so sind  $F_1 z$  und  $F_2 z$  die Inhalte der resp. auflagernden Erdkörper. Von diesen ist der Körper über  $F_1$  näherungsweise als ganz aus gewachsenem, der über  $F_2$  als ganz aus gelockertem Boden bestehend zu betrachten. Der Inhalt des letzteren ist  $F_2 z$  und in gewachsenem Boden ausgedrückt  $F_2 z \frac{1}{n}$ , mithin muß sein

$$F_1 z + F_2 z \frac{1}{n} = A \frac{n-1}{n}$$

woraus folgt

$$z = A \frac{n-1}{n \left( F_1 + \frac{F_2}{n} \right)} = A \frac{n-1}{n F_1 + F_2}$$

$$z = \frac{A}{F_1} \cdot \frac{n-1}{n + \frac{F_2}{F_1}}$$

Man wird diesen Wert von  $z$  berechnen und den Normalhorizont des Projektes um so viel tiefer legen. Sollte die Lösung noch nicht genau genug erscheinen, so wäre die Rechnung unter Zugrundelegung der verbesserten Scheidelinie zwischen Auf- und Abtrag zu wiederholen. Indessen wird dies kaum jemals nötig sein.

## Fünftes Kapitel.

# Das Veranschlagen von Erdarbeiten.

---

§ 48. Allgemeine Gesichtspunkte. Beim Wegbringen des Bodens von einer Stelle zur anderen wird es zunächst nötig, den Boden zu lösen. Hierauf kann derselbe bei geringen Entfernungen (bis 5 *m*) direkt mit Schaufeln geworfen werden. Im allgemeinen wird derselbe aber in Transportgeräte (Schiebkarren, Kippkarren, Pferdekarren usw.) verladen, an Ort und Stelle gebracht und dort werden die Transportgeräte entleert. Um nun zunächst die am meisten übliche Art des Erdtransportes zu betrachten, werde angenommen, der gelöste Boden sei durch Schiebkarren zu befördern. Dadurch erhalten wir für unsere Entwicklungen eine ganz bestimmte Unterlage und einfache Ausdrücke, auch lassen sich die erhaltenen Resultate leicht mit Hilfe der Angaben des folgenden Kapitels auf jede andere Transportart übertragen.

Ehe man nun zur Aufstellung eines Kostenanschlages schreitet, wird man sich schlüssig machen über die Einheit, deren man sich bedienen will, um die Kosten auszudrücken. Im speziellen Falle wird im allgemeinen gefragt werden, wie hoch die Kosten in Geld ausgedrückt sich belaufen. Für allgemeine Betrachtungen eignet sich indessen diese Einheit nicht, weil der Tagelohn an verschiedenen Orten sehr verschieden ausfällt, auch mit der Zeit veränderlich ist, man wird also, je nach den Lohnsätzen, die man zugrunde legt, sehr verschiedene Resultate erlangen. Aus diesem Grunde erscheint es zweckmäßig, die Kosten der Erdarbeit in einer sich mehr gleich bleibenden Einheit auszudrücken, von der man in jedem besonderen

Falle leicht zu Geldbeträgen übergehen kann. Als Einheit dieser Art bietet sich z. B. das Tagewerk dar, d. h. die Leistung eines Arbeiters an einem Tage. Indessen ist auch diese Einheit schon deswegen veränderlich, weil die Länge eines Arbeitstages im Winter kürzer ist als im Sommer. Man könnte allerdings diese Unbestimmtheit dadurch umgehen, daß man eine mittlere Tagesleistung in Rechnung stellt, wobei man gewöhnlich eine Arbeitszeit von 10 Stunden täglich zugrunde legt. Indessen erscheint es aus anderen Gründen für unseren Zweck noch einfacher, die stündliche Leistung eines Arbeiters als Einheit zu wählen. Wir stellen uns also die Aufgabe, einen Kostenanschlag dadurch aufzustellen, daß wir zunächst ermitteln, wieviel Stunden ein Arbeiter gebraucht, um die zu veranschlagende Arbeit zu leisten. Kennt man diese Zahl, so ist damit ohne weiteres die erforderliche Zahl von mittleren Tagewerken durch Division mit 10 gegeben und durch Multiplikation mit dem Tagelohn werden auch die Kosten in Geld gefunden.

Die Gesamtkosten der Erdarbeit lassen sich in zwei Hauptabteilungen bringen, nämlich erstens in solche, die nur abhängen von dem Kubikinhalte und der Beschaffenheit des Bodens, und zweitens in solche, bei denen außerdem die Länge der Strecke, um welche die Erde transportiert werden muß, in Betracht kommt. Zur ersten Abteilung gehören:

1. die Kosten für das Lösen;
2. für das Einladen des Bodens;
3. für das Entleeren der Transportgeräte.

Die zweite Abteilung läßt sich als eigentliche Kosten des Transportes bezeichnen.

§ 49. Kosten für Lösen und Laden. Die Kosten für Lösen und Laden des Bodens werden in der Regel zusammengefaßt. Bei leichteren Bodenarten, die direkt vom Arbeiter auf die Schaufel genommen werden können, läßt sich das Lösen vom Laden auch nicht gut trennen, da derselbe Arbeiter den Boden löst, in die Schiebkarre ladet und transportiert. Bei schwierigen Böden sind besondere Arbeiter für das Lösen angestellt.

Wenn man nun Mittelwerte für die Kosten aufstellen will, so handelt es sich zunächst darum, den Boden zu klassifizieren. Als Einteilungsgrund wird dabei lediglich die mehr oder minder schwierige Behandlung für unseren Zweck maßgebend sein. Im

allgemeinen sind solche Einteilungen nur unvollkommen zu bestimmen und im gegebenen Falle am sichersten durch Probearbeiten festzustellen. Wir führen als Beispiel eine Einteilung an, wie sie im wesentlichen von Gustav Meyer im Handbuch der Ingenieurwissenschaften von Edmund Heusinger von Waldegg, Leipzig, 1877, unter Benutzung früherer Schriftsteller, vorliegt.

### § 50. Einteilung der Bodenarten.

1. *Klasse*, Bodenarten, deren Lösung mit Schaufeln und Spaten sehr leicht erfolgt, wie reiner trockener Sand, Ackerkrume u. s. f.

2. *Klasse*, Bodenarten, die sich mit dem Spaten noch stechen lassen, deren dichtere Sorten (Lehm) man aber schon mit Vorteil an senkrechten Wänden von größerer Höhe (3—4 m), mit Keilen (0,15—0,25 m stark und 1 m lang) abspaltet. Es gehören hierzu Lehm leichterer Art, gebundener Sand, feiner Kies und Torfmoor.

3. *Klasse*, Bodenarten, die, ehe sie mit der Schaufel gefaßt werden können, meist einer vorhergehenden Lockerung bedürfen, wie Tonarten, schwere Letten und Lehm, Mergel, mit losen Steinen durchsetzter Boden, grober Kies. Die Lockerung kann bei einigen, besonders Mergel, durch Keile geschehen, bei Ton ist die Breithacke meistens geboten, weil die Zähigkeit die Anwendung von Keilen meist nutzlos macht. Pulverminen sind oft mit Vorteil benutzt, um, namentlich bei Mergel, große Mengen zu lockern.

4. *Klasse*, Bodenarten, deren Lösung die Anwendung der Spitzhacke, Kreuzhacke, der Keilhaue und zuweilen des Brecheisens erfordert, bei denen auch eine Lockerung durch Sprengminen oft vorteilhaft ist. Es sind dies meist zerklüftete Trümmergesteine, Gerölle, verwittertes, zutage liegendes Gestein, weiche Sandsteine und kleinbrüchige Schiefer.

5. *Klasse*, Felsarten in Bänken, die mit Spitzhacke, Brecheisen und Unterkeilung vom Lager gelöst werden können.

6. *Klasse*, Felsarten in geschlossenen Bänken, die mit Sprengstoffen zu lösen sind.

7. *Klasse*, feste Massengesteine, deren Sprengung mit den größten Schwierigkeiten verknüpft ist, wie Granit, Gneis, Quarz, Syenit, Porphyr.

§ 51. Kosten des Lösens und Ladens vorstehender Bodenarten ausgedrückt in Arbeitsstunden pro Kubikmeter Rauminhalt der abzutragenden Masse.

1. Loser Sand, Dammerde pro 1 cbm . . . . .	0,5—1,0
2. Leichter Lehm, feiner Kies, Torfmoor . . . . .	1,0—1,6
3. Schwere Lehm, Ton, Mergel, grober Kies . . . . .	1,6—2,4
4. Trümmergestein, Gerölle, kleiner Schiefer . . . . .	2,4—3,2
5. Felsen, mit Spitzhacke und Brecheisen zu lösen . . . . .	3,2—4
6. Felsen in Bänken zu sprengen . . . . .	3,5—6
7. Fester Felsen, wie Granit, Gneis u. s. f. . . . .	6—10.

Aus vorstehender Tabelle ist leicht ersichtlich, daß Klasse 1 bis 3 Erdarten, 5 bis 7 Felsarten und 4 den Übergang zwischen beiden darstellt. Bei den Erdarten kann die Gewinnung wesentlich durch Nässe derselben erschwert werden und rechnet man für nassen Boden ca. 15 % Mehrkosten gegen trockenen Boden. Bei Felsarten ist die Art und Weise ihrer Lagerung und wie sie angefaßt werden können, von größter Bedeutung. Bei lehmiger Ackerkrume kommt es vor, daß Dürre nach heftigen Regengüssen den Boden so erhärtet, daß er nicht allein mit dem Spaten gewonnen werden kann.

#### § 52. Kosten für Entleeren der Schiebkarren.

Um die Kosten des Entleerens der Schiebkarren aufstellen zu können, gebraucht man zwei Daten, nämlich einmal die Anzahl der Karren, welche nötig sind, um ein Kubikmeter Boden zu laden, und zweitens die Zeit, welche zur Entleerung einer Karre erfordert wird.

Betrachten wir zunächst die Anzahl der Karren pro Kubikmeter, so werden wir in dieser Beziehung große Unterschiede unter den deutschen Schriftstellern finden, je nach ihrem Wohnsitz. Meyer und Streckert (Berlin) geben die Zahl der Karren pro Kubikmeter auf 14—16 für Boden und 17—18 für Steine an, v. Kaven (Aachen) 15—16 für Boden und 17—20 für Steine. Wenig abweichend sind die Angaben von Rheinhard (Stuttgart), dagegen gibt Grebenau (früher Kgl. bayr. Bauamtmann) 0,0323 Fassungsraum der Karren für lockere Erde und 0,0249 Fassungsraum für Steine an, woraus sich rund 32 bis 40 Karren pro Kubikmeter berechnen. Eickemeyer (München) gibt 20 resp. 25 Karrenladungen pro Kubikmeter für Boden resp. Steine als Mittelwert an.

In ähnlicher Weise sind auch die Angaben über Zeitversäumnis beim Entleeren der Schiebkarren verschieden. Meyer rechnet

1 Minute, Grebenau  $1\frac{1}{3}$  Minute, v. Kaven  $1\frac{1}{4}$  Minute, Henz-Streckert  $1\frac{1}{2}$  Minute, Eickemeyer 2 Minuten.

Da nun anzunehmen ist, daß die Angaben verschiedener Schriftsteller sich auf Wahrnehmungen an verschiedenen Orten und unter verschiedenen Verhältnissen gründen, so können überhaupt bestimmte Zahlen für jeden besonderen Fall nur durch Probearbeiten ermittelt werden, resp. sich auf spezielle Betrachtungen stützen. Hier kann es sich nur darum handeln, an Mittelwerten das Verfahren im allgemeinen zu erläutern und nehmen wir deswegen folgende Zahlen als für unseren Zweck hinlänglich genau an.

a. Anzahl der Karren pro Kubikmeter. Nach der im § 51 angegebenen Einteilung fordert 1 cbm Boden der bezeichneten Klasse die beigesezte Anzahl von Karrenladungen:

1. Loser Sand, Ackerkrume, Karren pro 1 cbm . . . . .	14
2. Leichter Lehm, feiner Kies, Torfmoor . . . . .	15
3. Schwerer Lehm, Ton, Mergel, grober Kies . . . . .	16
4. Trümmergestein, Gerölle, kleiner Schiefer . . . . .	17
5. Felsen mit Spitzhacke und Brecheisen zu lösen . . . . .	17,5
6. Felsen in Bänken zu sprengen . . . . .	18
7. Fester Felsen wie Granit, Gneis u. s. f. . . . .	18,5

Der Zeitverlust beim Entleeren werde zu  $1\frac{1}{2}$  Minuten angenommen, so berechnet sich die Zeit zum Entleeren der Karren pro Kubikmeter, wie folgt:

Bodenklasse	Zeit zum Entladen in Stunden pro cbm
1. Loser Sand, Ackerkrume usw. . . . .	0,35
2. Leichter Lehm, feiner Kies, Torfmoor . . . . .	0,38
3. Schwerer Lehm, Ton, Mergel, grober Kies . . . . .	0,40
4. Trümmergestein, Gerölle, kleiner Schiefer . . . . .	0,43
5. Felsen mit Spitzhacke und Brecheisen zu lösen . . . . .	0,44
6. Felsen in Bänken zu sprengen . . . . .	0,45
7. Fester Felsen, wie Granit, Gneis u. s. f. . . . .	0,46

§ 53. Bestimmung der reinen Transportkosten. Die reinen Transportkosten pro Kubikmeter Erde enthalten die Zeitversäumnis des Arbeiters während der Hin- und Rückfahrt der in Schiebkarren verladene Erde. Für ihre Berechnung muß man die Anzahl der Fahrten kennen, die mittlere Geschwindigkeit bei denselben und die Länge des zurückzulegenden Weges. Die Anzahl der Fahrten hin und zurück, welche gemacht werden müssen, um

1 cbm Erde zu befördern, ist gleich der Anzahl der Karren pro Kubikmeter, folgt daher ohne weiteres aus § 52. Über die Geschwindigkeit sind die Beobachtungen verschieden. Bei horizontaler Bahn, die wir zunächst voraussetzen, fährt der Arbeiter hin mit beladener Karre langsamer, als zurück. Dividiert man die ganze Zeit in Sekunden, die er hin und zurück gebraucht, durch die ganze Länge des hin und zurück durchlaufenen Weges in Meter, so erhält man die mittlere Geschwindigkeit des Arbeiters in Meter pro Sekunde. Die Resultate solcher Beobachtungen sind je nach den Verhältnissen verschieden. Als mittlere Geschwindigkeit werden angegeben von Meyer 0,83 m, von Grebenau 0,934 m, von v. Kaven 0,95 m, von Henz-Streckert 1 m, von Eikemeyer 1 m. Wir wollen 0,95 m annehmen. Ist allgemein  $t$  die Transportweite in Meter,  $a$  die Anzahl der Karren pro Kubikmeter,  $v$  die mittlere Geschwindigkeit pro Sekunde in Meter,  $c$  die Anzahl der zu transportierenden Kubikmeter, so ist zunächst die Anzahl der Karren

$$= a \cdot c.$$

Ebenso oft ist eine Hin- und Rückfahrt zu machen, also der Weg  $2t$  zurückzulegen, mithin die ganze zu durchlaufende Weglänge

$$= 2t \cdot a \cdot c.$$

Da nun pro Sekunde  $v$  Meter vom Arbeiter zurückgelegt werden, gebraucht er für vorstehende Weglänge

$$\frac{2t \cdot a \cdot c}{v} \text{ Sekunden}$$

oder

$$\frac{2t \cdot a \cdot c}{60 \cdot 60 \cdot v} \text{ Stunden.}$$

Letzteren Ausdruck kann man auch so schreiben:

$$\frac{2a}{60 \cdot 60 \cdot v} t \cdot c \text{ Stunden.}$$

Es erhellt leicht, daß der Faktor  $\frac{2a}{60 \cdot 60 \cdot v}$  ausdrückt, wie viel es kostet in Stunden, um 1 cbm 1 m weit zu transportieren, weil dieser Faktor allein bleibt, wenn man  $t = c = 1$  setzt. Man wird natürlich nicht auf 1 m Transportweite in Wirklichkeit mit Schiebkarren transportieren, aber man kann mit Vorteil die gedachte Zahl

als Einheitszahl den wirklichen Berechnungen zugrunde legen, da man sie nur mit der Transportweite und dem Kubikinhalte des Bodens zu multiplizieren braucht, um die reinen Transportkosten in Stunden zu erhalten.

§ 54. Berechnung der Kosten, um 1 cbm 1 m weit zu transportieren. Um die im vorigen Paragraph als zweckmäßig erkannte Einheitszahl, die wir künftig kurz Transportfaktor nennen wollen, für verschiedene Bodenarten zu berechnen, entnehmen wir die Zahl  $a$  der Karren aus § 52 und setzen  $v$  gemäß § 53 gleich 0,95. Dann ergibt sich beispielsweise für Bodenklasse 1 aus  $a = 14$  und  $v = 0,95$  der Transportfaktor gleich

$$\frac{2 \cdot 14}{60 \cdot 60 \cdot 0,95} = \frac{1}{122} = 0,0082 \text{ Stunden.}$$

In entsprechender Weise sind folgende Werte für den Transportfaktor, oder die Zeitversäumnis in Stunden pro Kubikmeter Boden und pro Meter Transportweite gefunden:

Bodenklasse	Transportfaktor Stunden pro cbm 1 m weit
1. Loser Sand, Ackerkrume . . . . .	0,0082
2. Leichter Lehm, feiner Kies, Torfinoor . . . . .	0,0088
3. Schwere Lehm, Ton, Mergel . . . . .	0,0094
4. Trümmergestein, Gerölle, kleiner Schiefer . . . . .	0,01
5. Felsen mit Spitzhacke und Brecheisen zu lösen . . . . .	0,0102
6. Felsen in Bänken zu sprengen . . . . .	0,0105
7. Fester Felsen, wie Granit, Gneis u. s. f. . . . .	0,0108

§ 55. Zusammenstellung der Resultate. Zur Erleichterung der Übersicht sind die Resultate der vorstehenden Entwicklungen in nachfolgender Tabelle zusammengestellt, nach welcher sie den Kostenanschlägen zugrunde zu legen sind. Die erste Kolonne enthält die Nummer der in § 51 näher definierten Bodenklassen, die zweite Kolonne ergibt die Kosten für Lösen und Laden zusammen, die dritte Kolonne ergibt die Kosten für Entleeren der Transportgefäße und die vierte enthält die Summe der beiden vorhergehenden, ergibt also die Einheitszahl der Kosten des Transportes, so weit diese nur von dem Kubikinhalte und der Beschaffenheit des Bodens abhängen. Endlich ergibt die letzte Kolonne die Einheitszahl für die reinen Transportkosten.

Tabelle  
über die Kosten in Stunden pro Kubikmeter und Meter  
für Erdbodentransporte.

Boden- klasse nach § 51	Lösen und Laden Stunden pro Kubikmeter	Entleeren Stunden pro Kubikmeter	Summa: Lösen, Laden, Leeren Stunden pro Kubikmeter	Transport- faktor 1 cbm 1 m weit Stunden
1	0,5—1,0	0,35	0,85—1,4	0,0082
2	1,0—1,6	0,38	1,4—2,0	0,0088
3	1,6—2,4	0,40	2,0—2,8	0,0094
4	2,4—3,2	0,43	2,8—3,6	0,0100
5	3,2—4	0,44	3,6—4,4	0,0102
6	3,5—6	0,45	4,0—6,5	0,0105
7	6 —10	0,46	6,5—10,5	0,0108

§ 56. Beispiel zur Erläuterung der Anwendung vorstehender Tabelle. Es sei eine Bodenmasse von 500 cbm, welche im ganzen aus leichtem Lehm besteht, 120 m weit zu transportieren, man soll den Arbeitsaufwand in Stunden und die Kosten bei 2 Mark Tagelohn in Geld berechnen.

Aus der Tabelle ersieht man, daß die Kosten  $k_1$  für die günstigste Beschaffenheit des Bodens dieser Art betragen für Lösen, Laden und Entleeren pro Kubikmeter 1,4 Stunden, mithin für die gegebene Masse von 500 cbm

$$k_1 = 1,4 \cdot 500 = 700 \text{ Stunden.}$$

Im ungünstigsten Falle

$$k_1 = 2 \cdot 500 = 1000 \text{ Stunden.}$$

Für Transportieren der Erdmasse von 1 cbm 1 m weit gebraucht man laut Tabelle 0,0088 Stunden, mithin für 500 cbm 120 m weit eine Anzahl von  $s$  Stunden, so daß

$$\begin{aligned} s &= 0,0088 \cdot 120 \cdot 500 \\ &= 528 \text{ Stunden.} \end{aligned}$$

Für die ganze Arbeit gebraucht man also im günstigsten Falle  
1228 Stunden,

im ungünstigsten Falle

$$1528 \text{ Stunden.}$$

Rechnet man mittlere Arbeitstage zu 10 Stunden wirklicher Arbeitszeit, so erfordert die vorliegende Erdarbeit im günstigsten Falle 122,8 Tage, im ungünstigsten 152,8 Tage. Bei einem Tage-

lohn von 2 Mark pro Tag kostet mithin die Arbeit resp. 245,6 oder 305,6 M. oder im Mittel 275 M.

Es ist wichtig zu bemerken, daß die reinen Transportkosten auf 120 m Entfernung weniger betragen, als die Kosten für Lösen, Laden und Leeren. Eine Unsicherheit von 10 m in der Länge des Transportweges würde das Resultat nur um  $0,0088 \times 500 \times 10 = 44$  Stunden beeinflussen, also um weniger als 4 ‰.

§ 57. Bestimmung der Transportweite. Bei größeren Erdtransporten hat man in der Regel jede einzelne Karrenladung auf eine andere Entfernung zu schieben, daher müßte man, streng genommen, die ganze Erdmasse in einzelne Karrenladungen zerlegen und für jede einzeln die Transportweite bestimmen, danach den Zeitaufwand berechnen und schließlich alles summieren. Da

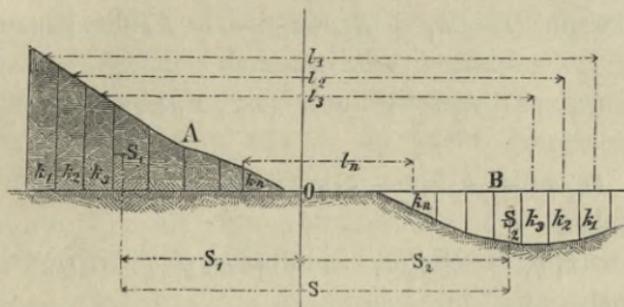


Fig. 58.

eine solche Arbeit viel zu umständlich ist, um sie praktisch ausführen zu können, müssen wir suchen die Rechnungsweise zu vereinfachen.

Sei Fig. 58 eine Erdmasse von  $Q$  Kubikmeter auf horizontaler Bahn von  $A$  nach  $B$  zu transportieren. Man denke sich  $Q$  in einzelne Karrenladungen, deren Inhalte  $k_1, k_2, k_3 \dots k_n$  sein mögen, zerlegt, ebenso den Auftrag bei  $B$ . Bezeichnet man dann mit  $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$  die Weglängen, um welche beziehlich die einzelnen Karrenladungen zu transportieren sind, und ist  $z$  der Transportfaktor (Zeit in Stunden pro Kubikmeter ein Meter weit zu transportieren), so ergibt sich der Zeitaufwand in Stunden für die erste Karre gleich

$$z k_1 l_1,$$

für die zweite

$$z k_2 l_2$$

für die  $n$  te

$$z k_n l_n.$$

Mithin ist der Zeitaufwand  $T$  in Stunden für den ganzen Transport

$$T = z k_1 l_1 + z k_2 l_2 + \dots + z k_n l_n$$

$$T = z (k_1 l_1 + k_2 l_2 + \dots + k_n l_n).$$

Man nehme jetzt zwischen Ab- und Auftrag einen sonst beliebigen Punkt  $O$  an, und denke durch denselben eine lotrechte Ebene senkrecht zur Transportrichtung. Diese Ebene teilt sämtliche Transportstrecken  $l_1, l_2, \dots, l_n$  in je zwei Teile, die für  $l_1$  mit  $x_1$  und  $y_1$ , für  $l_2$  mit  $x_2$  und  $y_2$  u. s. f. bezeichnet werden mögen. Dann kann man für die letzte Gleichung setzen

$$T = z [k_1 (x_1 + y_1) + k_2 (x_2 + y_2) + \dots + k_n (x_n + y_n)]$$

oder

$$T = z (k_1 x_1 + k_2 x_2 + \dots + k_n x_n) + z (k_1 y_1 + k_2 y_2 + \dots + k_n y_n)$$

Es sei nun, wenn  $Q = k_1 + k_2 + \dots + k_n$  die ganze Erdmasse bedeutet

$$(k_1 x_1 + k_2 x_2 + \dots + k_n x_n) : Q = s_1$$

oder

$$(k_1 x_1 + k_2 x_2 + \dots + k_n x_n) = Q s_1$$

und entsprechend

$$(k_1 y_1 + k_2 y_2 + \dots + k_n y_n) = Q s_2$$

Dann ist auch

$$T = z Q s_1 + z Q s_2$$

oder

$$T = z Q (s_1 + s_2)$$

Setzt man nun  $s_1 + s_2 = s$ , so wird  $T = z Q s$ .

Man nennt  $s$  die mittlere Transportweite, weil die Kosten  $T$ , welche der wirkliche Transport der Erde  $Q$  verursacht, ebenso groß sind, als wenn alle Teile derselben auf die Entfernung  $s$  transportiert würden.

Die Berechnung von  $s_1$  ist dieselbe, welche man in der Mechanik anwendet, um die Entfernung des Schwerpunktes der Abtragsmasse von der durch  $O$  gedachten Ebene zu finden, entsprechend ist  $s_2$  die Entfernung des Schwerpunktes der aufgetragenen Masse von der Ebene  $O$ .

Die Transportkosten eines Abtrages, der in parallelen Bahnen transportiert wird, werden also gefunden, indem man die Erdmasse (cbm) mit der Entfernung der Schwerpunkte von Auf- und Abtrag multipliziert und das erhaltene Produkt mit dem Transportfaktor.

Und: Die mittlere Transportweite ist gleich der Entfernung der Schwerpunkte von Auf- und Abtrag.

Hieraus folgt ferner sofort das beachtungswerte Resultat, daß es bei der Berechnung der Transportkosten gleichgültig ist, an welche Stellen des Auftrages man die abzutragenden Massenteile gebracht denkt. Bei der praktischen Ausführung wird man selbstverständlich in dieser Beziehung, durch die Rücksicht auf Erlangung einer bequemen Transportbahn, nicht so ungebunden verteilen können.

Unter Transportgröße sei künftig das Produkt aus Erdinhalt ( $Q$ ) und mittlerer Transportweite verstanden.

§ 58. Graphisches Verfahren oder Massennivellement. Die im vorigen Paragraph erläuterte Methode der Ermittlung von Transportkosten durch Rechnung würde sehr einfach sein, wenn es leicht wäre, die Schwerpunkte von Erdmassen zu bestimmen. Da diese Bestimmung häufig Schwierigkeiten bietet, leistet ein im folgenden darzulegendes Verfahren oft gute Dienste.

Ist eine Erdmasse  $k_1$  auf eine Strecke  $l_1$  zu transportieren, so ist die Transportgröße (§ 57)  $k_1 l_1$  leicht graphisch darstellbar durch ein Rechteck, dessen Seiten  $k_1$  und  $l_1$  sind.

Wäre nun Fig. 59 eine Abtragsmasse  $A B C$  dazu bestimmt, eine Vertiefung  $D E F$  auszufüllen, so denke man sich  $A B C$  in kleine Teile  $k_1, k_2, k_3 \dots k_n$  zerlegt, die sich nach dem Transport in den ebenso bezeichneten Teilen der Auftragsmasse  $D E F$  wiederfinden mögen. Ferner seien  $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$  die den einzelnen Massenteilen entsprechenden Transportentfernungen. Nach § 57 ist dann die Transportgröße  $T$  gleich

$$T = k_1 l_1 + k_2 l_2 + k_3 l_3 + \dots k_n l_n.$$

Nun denke man sich in der Weise, wie Fig. 60 zeigt, die einzelnen Glieder dieser Summe durch Rechtecke von den Seiten  $k_1$  und  $l_1, k_2$  und  $l_2, k_3$  und  $l_3$ , u. s. f. bis  $k_n$  und  $l_n$  dargestellt. Dann ist offenbar die Summe aller einzelnen Rechtecke dargestellt durch die Fig.  $G K H$ , welche begrenzt wird von der Geraden  $G H$  und der treppenförmig abgestuften Linie  $G K H$ . Statt dieser gebrochenen Linie  $G K H$  möge jetzt die in der Figur angedeutete Kurve  $C_1 K F_1$  gesetzt werden, so daß der Inhalt der von ihr begrenzten Figur  $G_1 K F_1$  gleich ist demjenigen, welchen die abgestufte Linie  $G K H$  begrenzt. Denkt man die Teile  $k_1 k_2 \dots k_n$  hinreichend klein, was für die Genauigkeit des Resultates vorteilhaft ist, so wird man leicht eine Eigenschaft der Kurve erkennen,

welche zu ihrer Konstruktion dienen kann. Nämlich irgendeine Ordinate  $xy$  unter der Abtragsmasse ist gleich der Summe aller Abtragsmassen ( $k_1 + k_2 + k_3 + \dots$ ), welche im Sinne der Transportrichtung bis zu der durch  $xy$  bestimmten Stelle zu transportieren sind. Weiterhin ist z. B. die Ordinate  $zv$  gleich der Summe aller bis dahin liegenden Abtragsmassen ( $k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_n$ ), vermindert um die Summe aller rückwärts liegenden Auftragsmassen ( $k_n + k_{n-1} + \dots$ ). Denkt man nun alle Abtragsmassen als positive Größen und ebenso alle Auftragsmassen als negative, so läßt sich die Regel so aussprechen: Jede Ordinate der Massennivellementscurve ist gleich der algebraischen Summe

Fig. 59.

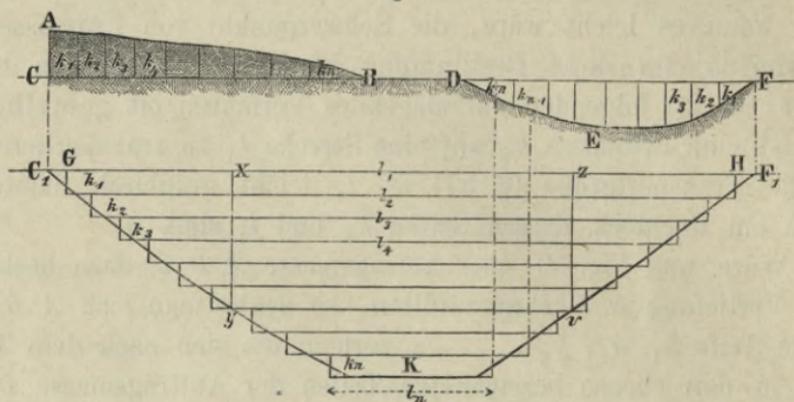


Fig. 60.

der rückwärts liegenden Auf- und Abträge. Graphisch wird diese Summation so ausgeführt, daß man alle Abträge in einer bestimmten Richtung ( $xy$ ) aneinander trägt, dagegen alle Aufträge in entgegengesetzter Richtung ( $yx$ ) hinzufügt.

§ 59. Beispiel und Eigenschaften der Massennivellementscurve. Sei  $AB$  Fig. 61 das Längsprofil eines Weges oder einer Eisenbahn, auf dem Längentransporte vorkommen. Die Länge der Straße sei in einzelne Stationen durch  $0, 1, 2, 3$  usw. abgeteilt und die zwischen je zwei Punkten liegenden Ab- und Auftragsmassen  $k_1, k_2, k_3$  u. s. f. seien berechnet. Mit Hilfe der Werte  $k_1, k_2, k_3 \dots$  seien einzelne Ordinaten der Massennivellementscurve (§ 58) bestimmt und die Endpunkte  $a, b$  usw. derselben durch einen stetigen Zug verbunden, der die Kurve darstellen soll; dann läßt sich aus dieser Konstruktion folgendes entnehmen.

1. Die Summe der Inhalte der in Fig. 62 schraffierten Figuren ist gleich der Transportgröße für die Längentransporte von  $A$  bis  $B$ .

2. Da, wo wie bei  $C_1$  und  $B_1$  die Kurve die Horizontale  $A_1 B_1$  durchschneidet, gleichen sich die rückwärts liegenden Auf- und Abträge aus.

3. Die unter der Horizontalen  $A_1 B_1$  liegenden Täler der Kurve bedeuten Sektionen, in denen vorwärts, die über der Horizontalen liegenden Berge Stationen, in denen rückwärts transportiert wird.

4. Die Kurve ist absteigend im Abtrag, aufsteigend im Auftrag, horizontal an Übergangsstellen.

5. Behält der Ab- oder Auftrag zwischen je zwei aufeinander-

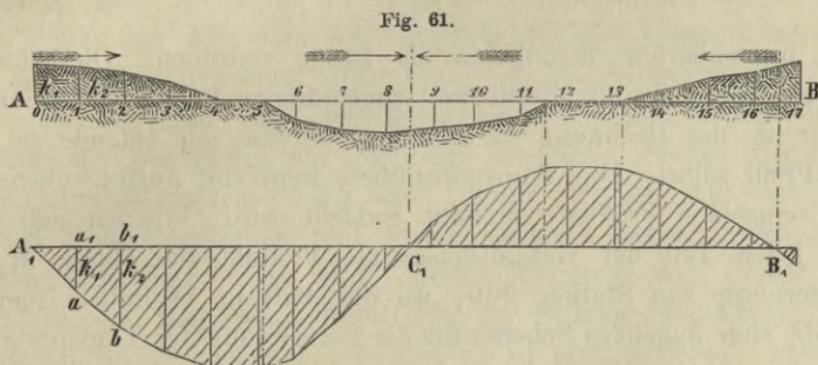


Fig. 62.

folgenden Stationen dieselbe Größe, so wird die Kurve geradlinig ab- oder aufsteigend.

6. Je größer der Winkel, um welchen die Kurve gegen die Horizontale geneigt ist, um so größer sind die Querprofile der Ab- und Aufträge an der betreffenden Stelle, sie sind den Tangenten dieser Neigungswinkel proportional.

7. Der Inhalt der von zwei Ordinaten  $aa_1$  und  $bb_1$  begrenzten Figur  $aa_1 bb_1$  ist gleich der Transportgröße für die auf der Strecke  $a_1 b_1$  im ganzen vorüberziehenden Transporte, zwischen  $a$  und  $b$ .

Aus vorstehendem ergibt sich, daß die Massennivellements-kurve ein anschauliches Bild der Transporte gewährt. — Anwendungen später.

§ 60. Beispiel zur Berechnung der mittleren Transportweite. Es sei in Fig. 63 das Längenprofil einer herzustellenden Straße dargestellt. Die einzelnen Stationspunkte seien 50 m voneinander entfernt und die beige-schriebenen Zahlen

ihre Abstände von Station 0. Die oberhalb stehenden Zahlen sollen in qm die Inhalte der Abtragsprofile derjenigen Erdmassen bedeuten, die der Länge nach transportiert werden müssen. Entsprechend sind die Inhalte der Auftragsprofile den Stationspunkten unten beschrieben.

Den Abstand zwischen je zwei Profilen möge man durch eine Mittellinie geteilt denken und jedem Profil den Abstand zwischen

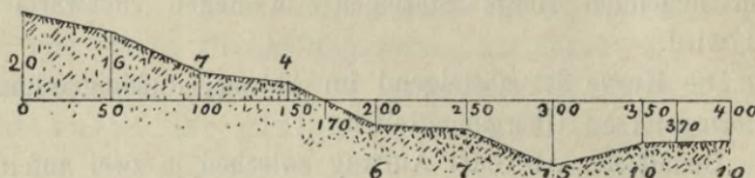


Fig. 63.

den benachbarten Mittellinien als Länge zuordnen. Die Abtragsmasse, die sich aus Profil mal zugeordneter Länge (§ 33) ergibt, möge in der Rechnung so behandelt werden, als befände sie sich im Profil selbst. Die Transportgrößen, wenn der Auftrag ebenso in den einzelnen Profilen vereinigt gedacht wird, ergeben sich dann für jeden Teil der Gesamtmasse als Produkt der Masse in ihre Entfernung von Station 200, wo der Auftrag beginnt. Demnach ergibt sich folgendes Schema für die Berechnung der Transportgröße.

Station m	Profil qm	Zugehör. Länge m	Inhalt cbm	Transport- weg m	Transportgröße cbm × m
0	20	25	500	200	100000
50	16	50	800	150	120000
100	7	50	350	100	35000
150	4	35	140	50	7000
170	0	10	0	30	0
	<b>Summe Abtrag</b>		<b>1790</b>		
200	6	40	240	0	0
250	7	50	350	50	17500
300	15	50	750	100	75000
350	10	35	350	150	52500
370	10	10	100	170	17000
	<b>Summe Auftrag</b>		<b>1790</b>	<b>Summe 424000</b>	

Die mittlere Transportweite ist nun  $424\,000 : 1790 = 237$  m.

## § 61. Allgemeines und Transporte in Flächen.

Bei Veranschlagung langgestreckter Erdbauten (Wege, Kanäle, Eisenbahnen) wird man zuerst die Mittellinie abstecken und in Stationen von durchschnittlich etwa 50 m Länge durch Pfähle abteilen und diese nivellieren. Hierauf an den bezeichneten Punkten Querprofile aufnehmen. Letztere werden aufgetragen (häufig auf Millimeterpapier), die beabsichtigten Profile dazu gezeichnet und in gehöriger Ordnung zusammen geheftet. Jedes Profil enthält dann im allgemeinen einen Teil, der im Abtrage liegt und einen anderen, der dem Auftrage zugehört. Ab- und Auftrag sind zunächst im Profile selbst auszugleichen, wobei als Transportweite die Entfernung der nach Augenmaß geschätzten Schwerpunkte der beiden Profiltteile gilt. Was im Profil selbst nicht ausgeglichen werden kann, gibt das Ab- oder Auftragsprofil für die Längentransporte. Die Kunst des Ingenieurs sucht nun stets die Mittellinie des Bauwerks so zu legen, daß womöglich keine Längentransporte nötig werden oder wenigstens nur auf kurze Strecken. Ferner wird man, wenn Längentransporte nötig sind, dahin streben, daß die Erdmassen sich ausgleichen und weder seitliche Ablagerungen noch seitliche Entnahme nötig wird. Beim Übergange vom Profil zum Erdinhalt hat man jedes Profil mit der Summe der halben Entfernungen bis zu den Nachbar-Profilen zu multiplizieren, oder bei der Rechnung behandelt man die Aufgabe so, als ob die Querschnitte der Massen nur immer in den Mitten zwischen zwei Stationen wechselten.

Wenn es hiernach nicht schwer sein dürfte die Transportgrößen bei langgestreckten Bauten zu ermitteln, so bietet die Berechnung des Erdtransportes in Flächen meist größere Schwierigkeiten, weil die Richtungen, in denen transportiert wird, gewöhnlich nicht, wie bisher angenommen wurde, untereinander parallel sind. Ehe man überhaupt zur Ermittlung der Transportkosten schreiten kann, ist vorauszusetzen, daß die Trennungslinie zwischen Auf- und Abtrag in den Plan eingetragen wurde. Hierdurch gewinnt man einen allgemeinen Überblick über die vorzunehmenden Transporte. Dann genügt es in vielen Fällen, die mittlere Transportweite nach Augenmaß im Plan abzugreifen und mit der nach § 46 ermittelten Abtragsmasse zu multiplizieren, um hinlänglich genau die Transportgröße zu erhalten.

## § 62. Genaueres Verfahren für Flächentrans-

porte. Es sei in Fig. 64 das gegebene Terrain durch ein Quadratnetz bestimmt und in dasselbe die Trennungslinie für Ab- und Auftrag eingetragen. Ferner sei für jedes Quadrat, resp. wenn dasselbe durch die Scheidelinien geteilt ist, für jeden Teil desselben, die Menge des Ab- resp. Auftrages berechnet und eingeschrieben. Man denke nun jede Abtrags- und Auftragsmasse in ihrem Schwerpunkte (§ 67) vereinigt. Hierauf beginnt man damit, eine Transportdisposition anzufertigen, indem man annimmt, daß die Massen von Schwerpunkt zu Schwerpunkt transportiert werden. Man fasse z. B. das erste Quadrat oben links ins Auge. Hier fehlen 51 cbm. Die nächsten Abtragsfiguren enthalten resp. 48 und 12 cbm. Da auf dem Wege von 48 nach 51 noch 7 cbm fehlen, sind diese zuerst abzugeben, bleiben also zur Ausgleichung für 51 noch 41 cbm, die noch fehlenden 10 cbm können von 12 entnommen werden. Man ziehe nun die Transportstrecken von Schwerpunkt zu Schwerpunkt und schreibe in jede die zu transportierende Masse (7, 41, 10). Dann fasse man die folgende Auftragsmasse 38 ins Auge. Hierfür sind von 12 noch 2 cbm disponibel und die übrigen 36 etwa von 52 zu entnehmen u. s. f. Hat man in

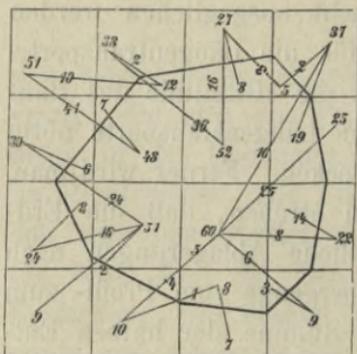


Fig. 64.

abzugeben, bleiben also zur Ausgleichung für 51 noch 41 cbm, die noch fehlenden 10 cbm können von 12 entnommen werden. Man ziehe nun die Transportstrecken von Schwerpunkt zu Schwerpunkt und schreibe in jede die zu transportierende Masse (7, 41, 10). Dann fasse man die folgende Auftragsmasse 38 ins Auge. Hierfür sind von 12 noch 2 cbm disponibel und die übrigen 36 etwa von 52 zu entnehmen u. s. f. Hat man in

dieser Weise von Schwerpunkt zu Schwerpunkt die Transportwege gezeichnet und die auf denselben zu transportierenden Kubikmeter eingeschrieben, so ist die Transportgröße leicht zu ermitteln, indem man das Maß jeder Transportstrecke abgreift, mit der darauf zu transportierenden Masse multipliziert und alle diese Produkte addiert.

Ist unsere Figur im Maßstabe 1 : 1000 gezeichnet, so wäre die Transportgröße gleich

$$7 \cdot 6 + 41 \cdot 15 + 10 \cdot 15 + 36 \cdot 16 + \dots = 3966.$$

Der Kostenanschlag für den Transport der Erde wäre daher folgender :

298 cbm Erde lösen, laden und leeren à 1,5 St. . . . = 447 Stunden

298 cbm Erde auf die mittlere Transportweite  $\frac{3966}{298}$

zu transportieren pro cbm und m à 0,0088 St. . . = 35 „

Summa = 482 Stunden.

Oder Tage à 10 Stunden . . . . .	48,2 Tage
Bei einem Tagelohn von 2 M., Kosten . . . . .	96,40 M.
(§ 69 f.) Zuschlag der Geräte und deren Unterhaltung rund 10 % . . . . .	9,64 M.
	Gesamtkosten 106,04 M.

§ 63. Vereinfachte Transportkosten-Berechnung. Das im vorigen Paragraphen erläuterte Verfahren ist hinsichtlich der Genauigkeit der damit zu erzielenden Resultate ohne Beschränkung, indessen stehen die zu erlangenden Ergebnisse häufig in keinem Verhältnis zu der darauf verwendeten Zeit. Deshalb begnügt man sich in der Regel mit einem mehr summarischen Verfahren. Um dieses zu erläutern, möge zunächst ein einfacher Fall betrachtet werden. Es sei Fig. 65 der Abtrag im schraffierten Teil der Figur

und im Rest Auftrag. Beim vorteilhaftesten Transport werde irgendein Erdteilchen  $a$  nach  $c$  gebracht. Zum bequemeren Rechnen nehmen wir nun an, daß statt des direkten Weges von  $a$  nach  $c$  der Transport in zwei im allgemeinen rechtwinklig zueinander liegenden Richtungen erfolge, nämlich zunächst von  $a$  nach  $b$  und dann von  $b$  nach  $c$ . Auch werde ausdrücklich angenommen, daß andere Transporte als solche in der Richtung  $ab$  und  $bc$  überhaupt nicht nötig sind, um die Arbeit zu beenden. Dann soll ausgerechnet werden, wie viel der Transport kosten wird, wenn man in dieser Weise transportiert. Fragen wir zunächst nach der Transportgröße in der Richtung  $ab$ . Um diese zu berechnen, lege man eine Anzahl Querprofile senkrecht zu  $ab$ , berechne den Inhalt derselben sowohl für das Projekt, als für das natürliche Terrain und berechne, wie viel Erde zu wenig oder zu viel in jedem der Streifen vorhanden ist, in welche das Terrain durch die Querprofile zerlegt wird. Sei beispielsweise in den beiden ersten Streifen der Figur  $+m_1$  und  $+m_2$  zu viel, in den beiden andern  $-m_3$  und  $-m_4$  zu wenig, so lassen sich die Erdtransporte in der Richtung  $ab$  durch das Massennivellement darstellen, wie Fig. 66 zeigt. Dann ist der Inhalt der Figur  $ABC$  Fig. 66 der mit  $F_1$  bezeichnet werden möge, gleich der Transportgröße für die in der Richtung  $ab$  voraus-

Fig. 65.

Fig. 66.

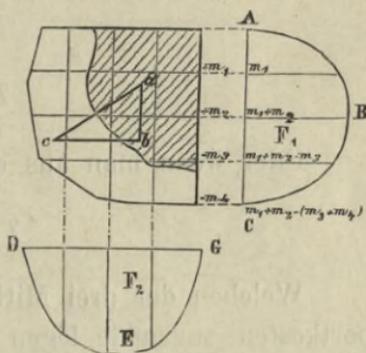


Fig. 67.

gestellt. Die Transportgröße in der Richtung  $bc$  wird durch den Inhalt der Figur  $BCD$  Fig. 66 dargestellt, der mit  $F_2$  bezeichnet werden möge. Die Transportgröße in der Richtung  $ac$  wird durch den Inhalt der Figur  $ABC$  Fig. 66 dargestellt, der mit  $F_3$  bezeichnet werden möge. Die Transportgröße in der Richtung  $ab$  wird durch den Inhalt der Figur  $ABC$  Fig. 66 dargestellt, der mit  $F_1$  bezeichnet werden möge, gleich der Transportgröße für die in der Richtung  $ab$  voraus-

gesetzten Transporte. In derselben Weise denke man sich das Terrain in Streifen parallel zur Richtung  $bc$  zerlegt und die Transportgröße für diese Richtung durch Massennivellement oder entsprechende Rechnungen ermittelt. Sei  $D E G$  Fig. 67 die der Transportgröße für Erdbewegungen nach  $bc$  entsprechende Figur und  $F_2$  ihr Inhalt. Ist nun  $T$  die Transportgröße für die gesamten Erdbewegungen, so weiß man jedenfalls, daß

$$T > F_1 \quad (1)$$

$$T > F_2 \quad (2)$$

$$T < F_1 + F_2. \quad (3)$$

Man kann also annähernd  $T$  gleichsetzen dem Mittel aus Gleichung (1) und (3) oder gleich dem Mittel aus (2) und (3) und erhält daraus zwei Näherungswerte

$$T = F_1 + \frac{F_2}{2} \quad (4)$$

$$T = F_2 + \frac{F_1}{2}. \quad (5)$$

Oder wenn man aus diesen nochmals das Mittel zieht

$$T = \frac{3}{4} (F_1 + F_2). \quad (6)$$

Welchen der drei Mittelwerte man der Berechnung der Transportkosten zugrunde legen will, bleibt einer besonderen Erwägung überlassen. Im allgemeinen wird man die Profile einer Richtung so legen können, daß mit ihr die Hauptrichtung aller Transporte zusammenfällt. Dann wird eine der Zahlen  $F_1$  und  $F_2$  groß gegen die andere. Ist z. B.  $F_1$  sehr groß gegen  $F_2$ , so muß ihm auch ein überwiegender Einfluß auf das Resultat eingeräumt werden und man nimmt die Gleichung (4) zur Berechnung von  $T$ . Sind dagegen beide Werte  $F_1$  und  $F_2$  nahe gleich, wird man auch beiden gleichen Einfluß auf das Resultat einräumen müssen und Gleichung (6) anwenden. Die genauesten Resultate werden selbstverständlich im allgemeinen im ersten Falle erzielt und würde man deshalb in unserem Beispiel zweckmäßiger die eine Transportrichtung diagonal gelegt haben.

§ 64. Beispiel einer Transportkostenberechnung. Es sei Fig. 68 ein regelmäßig gebildetes Terrain durch die Niveaulinien, welche resp. 4, 5, 6 und 7 m über dem Normalhorizont liegen, im Maßstab 1 : 1000 gegeben, man soll die Oberfläche des-

selben nach Fig. 69 umformen, so daß die Begrenzungen des Grundstückes ihre Höhenlage unverändert beibehalten, auch von der Auflockerung der Erde beim Entwerfen des Planes abgesehen werden kann.

Um die Aufgabe zu lösen, wird man zunächst nach § 46 die Pläne über die gegenwärtige und zukünftige Gestalt des Grundstückes in der Weise in Übereinstimmung bringen müssen, daß sie, auf denselben Normalhorizont bezogen, gleiche Erdmassen ergeben. Da die Höhen an den Grenzen nicht verändert werden dürfen, so sind dadurch die Anfangspunkte der zukünftigen Niveaulinien 5 und 6 gegeben und die Höhenlinien 4 und 7 vollständig. Im übrigen wird man nach der Idee der vorzunehmenden Veränderung Höhenlinien versuchsweise eintragen, die Erdmasse des

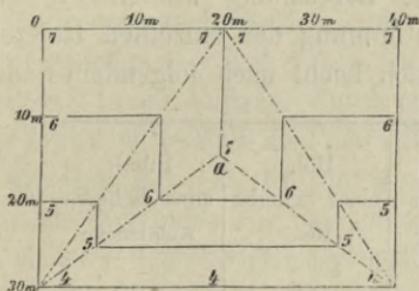


Fig. 68.

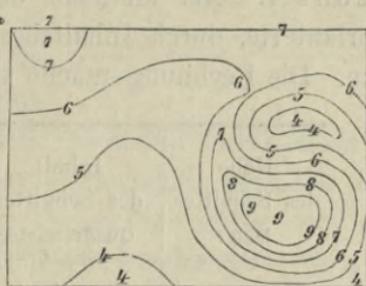


Fig. 69.

umgeformten Grundstückes berechnen nach § 43 und damit so lange fortfahren, bis die gewünschte Übereinstimmung der Erdmassen in beiden Plänen erreicht ist. Betrachtet man die in Fig. 69 eingeschriebenen Zahlen als Höhen der betreffenden Niveaulinien, so ist die gewünschte Übereinstimmung vorhanden, wie folgende Rechnung beweist:

a. Inhalt der Erdmasse im ursprünglichen Grundstück. Dieselbe ist leicht genau zu berechnen. Die Oberfläche kann nämlich betrachtet werden als eine geneigte durch die Niveaulinien 7 und 4 gehende Ebene, auf der eine Pyramide ruht, deren Spitze bei *a* liegt und deren Kanten durch punktierte Linien angedeutet sind. Bis zur Horizontalebene 4 ist der Inhalt des von der genannten geneigten Ebene nach oben begrenzten dreiseitigen Prismas = Querschnitt mal Höhe

$$= \frac{30 \cdot 3}{2} \cdot 40 = 1800 \text{ cbm.}$$

Die Pyramide kann man unter anderen nach der Simpson'schen

Regel § 35 berechnen, indem man durch die Spitze  $a$  einen lot-rechten Schnitt gelegt denkt und parallele Ebenen dazu durch die Grenzen 77 und 44, so ergibt sich der Inhalt

$$= \frac{30}{6} \left( 0 + 4 \cdot \frac{7-5,5}{2} \cdot 20 + 0 \right) = 300 \text{ cbm.}$$

Mithin beträgt im ursprünglichen Grundstück die Erdmasse über Horizontalebene 4

$$1800 + 300 = 2100 \text{ cbm.}$$

Da im Projekt ebenfalls keine Vertiefungen unter Horizont 4 liegen, so genügt es, die Erdmasse bis dahin zu berechnen, weil von Horizont 4 bis 0 in beiden Plänen die Massen so wie so gleich sind.

*b.* Inhalt der Erdmasse des Planes Fig. 69 bis zum Horizont 4. Als Methode der Berechnung wählen wir die in § 43 erläuterte, durch Inhaltsbestimmung der einzelnen Horizontalschnitte. Die Rechnung macht sich leicht nach folgendem Schema:

Höhe des Schnittes Meter	Inhalt des Schnittes Quadratmeter	Höhe einer Scheibe Meter	Inhalt einer Scheibe Kubikmeter
9	40	0,5	20
8	68	1,0	68
7	158	1,0	158
6	470	1,0	470
5	814	1,0	814
4	1140	0,5	570
<b>Summa</b>			<b>2100</b>

Mithin stimmen die Erdmassen in beiden Plänen genau überein. Man würde also jetzt

*c.* die Grenzlinie zwischen Auf- und Abtrag konstruieren. Es wurde der Plan Fig. 68 auf Pauspapier übertragen und deckend auf Plan Fig. 69 gelegt. Dann bezeichnete man die Durchschnittspunkte zwischen den Horizontalen gleicher Höhe auf dem Pauspapier. Die erhaltenen Punkte wurden durch eine stetige Linie verbunden. Diese ist in Plan Fig. 70 gezeichnet, kräftiger ausgezogen, mit 0 0 0 0 bezeichnet und stellt nach § 46 die Grenze zwischen Auf- und Abtrag dar. Es ist dabei zu bemerken, daß man, um mehr Durchschnittspunkte zu erhalten, die in Fig. 68 und

Fig. 69 gezeichneten Höhenlinien durch eingeschobene, deren Höhen resp. 4,5, 5,5 usw. betragen, ergänzte.

Es wurden nun ferner die Durchschnittspunkte der Höhenlinien (5, 6 usw.) von Fig. 68 mit denjenigen von Fig. 69 aufgesucht, deren Höhenzahlen um 1 m geringer sind (4, 5 usw.). Dadurch erhielt man die in Fig. 70 mit 1 1, 1 1 bezeichnete, aus zwei gesonderten Teilen bestehende Linie, welche alle Punkte verbindet, in denen der Abtrag 1 m beträgt.

In ähnlicher Art wurde fortgefahren, um Fig. 70 vollständig zu konstruieren, d. h. einen Plan, in dem alle Punkte, in denen der Abtrag resp. 1 oder 2 m, der Auftrag resp. 1, 2, 3, 4 m beträgt, durch ausgezogene Linien und die Zwischenstufen 0,5 und 1,5 m im Abtrage, 3,5 m im Auftrage durch punktierte Linien verbunden sind und welcher auch die relativ tiefsten Punkte des Abtrages mit 1,5, 1,6 und 2 m und die relativ höchsten des Auftrages mit 0,3 und 4,2 m bezeichnet. Dieser Plan wurde jetzt benutzt:

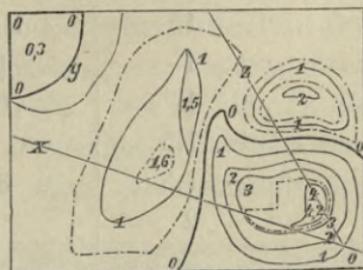


Fig. 70.

d. zur Berechnung des Kubikinhaltes von Auf- und Abtrag nach § 43, indem man gerade so verfährt, als ob die eingeschriebenen Zahlen Höhenzahlen gewöhnlicher Art über dem Horizont wären, und so rechnet, als ob es sich darum handelte, die Erdmasse bis zum Horizont zu berechnen.

Die praktische Rechnung wurde nach folgendem Schema durchgeführt:

#### Inhalt des Auftrages.

Höhe des Schnittes Meter	Inhalt des Schnittes Quadratmeter	Anzunehmende Höhe einer Scheibe Meter	Kubik- Inhalt Kubikmeter
0	308	0,50	154,0
0	54	0,10	5,4
1	165	1,00	165,0
2	109	1,00	109,0
3	60	0,75	45,0
3,5	40	0,50	20,0
4	12	0,40	4,8

Auftrag: Summa 503,2

## Inhalt des Abtrages.

Höhe des Schnittes Meter	Inhalt des Schnittes Quadratmeter	Anzunehmende Höhe einer Scheibe Meter	Körper- Inhalt Kubikmeter
0	838	0,25	209
0,5	286	0,50	143
0,5	80	0,50	40
1	104	0,50	52
1	18	0,50	9
1	60	0,50	30
1,5	9	0,30	3
1,5	32	0,50	16
2	4	0,25	1

Abtrag: Summa 503.

Aus vorstehender Rechnung ergibt sich die Richtigkeit der Konstruktion, so wie die der vorgenommenen Rechnungen. In Wirklichkeit stimmte die Rechnung natürlich nicht so glatt wie vorstehend, es ergab sich nämlich eine Differenz von 4,7 cbm zwischen Auf- und Abtrag, die ausgeglichen wurde. Indessen ist diese Differenz gegen die sonst unvermeidlichen Fehler verschwindend klein und beweist, daß die angewendete Methode bei hinreichender Sorgfalt im Maßstabe 1 : 1000 und bei der in Anwendung gebrachten Inhaltsberechnung vermittelt eines Amslerschen Planimeters noch recht brauchbare Resultate ergibt.

e. Die Bestimmung der mittleren Transportweite wäre jetzt vorzunehmen. Wären die Verhältnisse so, daß man den Transport als einen solchen auf horizontaler Bahn betrachten könnte, so würde man nach Fig. 70 sich einen Transportplan etwa in der Weise anfertigen, daß man die zunächst nach dem Augenmaß gezogenen Linien  $x, y, z$  so lange verschiebt, bis die von ihnen abgegrenzten Ab- und Auftragsmassen sich rechnermäßig ausgleichen. Dadurch würde die ganze zu bewegende Erdmasse in Teile zerlegt, in denen man als mittlere Transportweite die Entfernung vom Schwerpunkt des Abtrages bis zum Schwerpunkt des Auftrages betrachten kann. — Obgleich man nun die im ganzen notwendige Hebung der Erde leicht annähernd in Rechnung bringen könnte, so erscheint es doch zweckmäßig, an vorliegendem Beispiele noch

eine andere Methode zu zeigen, welche man häufig mit Vorteil anwenden kann.

f. Bestimmung von Auf- und Abtrag und mittlerer Transportweite mit Hilfe von Profilen. Man denke sich in Abständen von 5 m durch die Grundstücke Fig. 68 und Fig. 69 Profile parallel den längeren Seiten gelegt und entsprechend in einander gezeichnet. Fig. 71 zeigt diese Profile bis zu der Horizontalebene von 4 m Höhe. Der schraffierte Teil bedeutet den Teil der Erde, welcher liegen bleibt, der nicht schraffierte Teil also Ab- oder Auftrag, worüber man bei Vergleichung der Figuren nicht zweifelhaft sein kann. Man wolle bemerken, daß in Fig. 71 die Grundlinien der Profile genau in den Entfernungen gezeichnet sind und ebenso gegeneinander liegen, wie im Plan. Dies gewährt den Vorteil, daß man auch horizontale Entfernungen in Fig. 71 abgreifen kann und ein sehr übersichtliches Bild der Erdmasse erhält.

Für die Rechnung betrachte man statt des wirklichen Erdkörpers einen gedachten, dessen Profile stufenweise wechseln, z. B. nimmt man an, es bliebe das Profil 5 des Abtrages konstant bis auf  $\frac{1}{2}$  der Entfernungen

zu den benachbarten Profilen (0 und 10). Da nun alle Profile gleich weit voneinander entfernt, und die Endprofile von Auf- und Abtrag Null sind, so verhalten sich die Profile gerade so, wie diejenigen Teile des gedachten Körpers, dem sie angehören. Hieraus folgt unmittelbar, daß die Summe der Abtragsprofile gleich sein muß der Summe der Auftragsprofile. Ferner folgt, daß man den Erdausgleich in der Weise darstellen kann, daß man den Flächeninhalt der Abtragsprofile in dem der Auftragsprofile unterbringt, oder mit anderen Worten, letztere in Teile teilt, welche den ersteren beziehlich gleich sind. Ein geeignetes Prinzip, um auf diese Weise die Transportdisposition zu vollenden, finden wir darin, daß man einmal sucht den Abtrag auf dem kürzesten Wege in den Auftrag zu bringen und andernteils auch so den Abtrag im Auftrage verteilt, daß die Erde möglichst wenig gehoben werden muß, man entnimmt also von den tiefer liegenden Stellen des Abtrages die Erde auch für die am tiefsten gelegenen Stellen des Auftrages. Hiernach

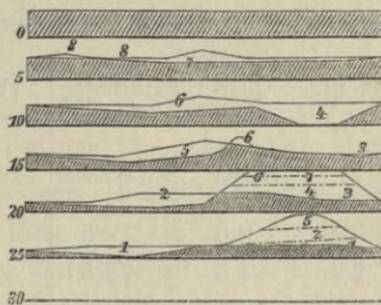


Fig. 71.

ist die in Fig. 71 angedeutete Transportdisposition entworfen und ihre Absicht dadurch klar verständlich gemacht, daß Ab- und Auftragssteile, die sich entsprechen, mit gleichen Ziffern bezeichnet sind.

So sind beispielsweise die Abtragsteile 1, 2, 3 und 4 in die am tiefsten liegenden Stellen des Auftrages untergebracht u. s. f. Als mittlere Transportentfernung entnimmt man der Zeichnung die Entfernung der Schwerpunkte der betreffenden Teile. Ebenso sind die Hebungen der Erde für je zwei entsprechende Teile von Ab- und Auftrag aus der Zeichnung zu entnehmen und ist dafür pro Meter Hebung der Erde an Transportweite ein Zuschlag von 20 m in Rechnung gebracht. Demnach macht sich die praktische Ausrechnung der Transportgröße nach folgendem Schema.

### Berechnung der Transportgröße.

Profil-Nr.	Abtrags- Quer- schnitt	Abtrags- Inhalt	Trans- portweite	Hebung	In Rechnung zu bringende Transport- weite	Transport- größe
	Quadrat- meter					
30	0,0	0	0	0,0	0	0
25	14,5	72,5	25	1,0	45	3263
20	18,5	92,5	18	1,0	38	3515
15	18,6	93,0	17	1,5	47	4371
10	12,2	61,0	14	1,5	44	2684
	20,3	101,5	10	0,5	20	2030
5	16,5	77,1	18	2,0	58	4472
		5,4	7	1,0	27	146
0	0,0	0,0	0	0,0	0	0

Abtrag - Summe 503,0

Transportgrößen - Summe 20481.

Zur Berechnung ist zu bemerken, daß der Teil 3 des Abtrages in Profil 15, weil zu unbedeutend, nicht für sich aufgeführt, sondern zu 4 in Profil 10 geschlagen ist, ferner wurde bei Profil 5 die Teilung des Abtrages nach den zwei Transportrichtungen als von früher bekannt angenommen. Jetzt ist es leicht, die mittlere Transportweite, wie sie mit Rücksicht auf die vorkommenden Neigungen in Rechnung zu bringen ist, zu ermitteln; man braucht nur die Transportgröße durch die zu transportierende Erdmasse zu dividieren. Also ist die mittlere Transportweite gleich

$$20481 : 503 = 40,7 \text{ m}$$

oder rund gleich

$$41 \text{ m.}$$

*g.* Aufstellung des Kostenanschlages. Es ist zunächst noch die mittlere Beschaffenheit des Bodens zu untersuchen. Derselbe möge nach § 51 zur Bodenklasse 2 gehören und etwa 1,5 Stunden pro Kubikmeter zum Lösen, Laden und Entleeren erfordern. Nach derselben Tabelle erfordert 1 cbm, um 41 m weit transportiert zu werden

$$41 \cdot 0,0088 = 0,361 \text{ Stunden.}$$

Mithin gebraucht man pro Kubikmeter, um denselben zu lösen, zu laden und auf die mittlere Entfernung von 41 m zu transportieren, in Summa

$$1,5 + 0,361 = 1,861 \text{ Stunden.}$$

Der ganze Abtrag beträgt 503 cbm, kostet also

$$503 \cdot 1,861 = 936 \text{ Stunden.}$$

Rechnet man nun pro Tag 10 Stunden Arbeitszeit, so würde die Arbeit 94 Tage beanspruchen. Wird der Tagelohn zu 2 Mark angenommen, so kostet die Arbeit 188 Mark. Für Anschaffung und Unterhaltung der Geräte ist ein Zuschlag von 10 % zu rechnen (§ 69 *c*), mithin würde die Arbeit des Erdtransportes rund kosten

$$188 + 18,8 = 207 \text{ Mark.}$$

Hierzu kommen event. noch die Kosten für Planieren, Ansäen usw. für Plan, Leitung usw., worüber im folgenden Kapitel sich Angaben finden.

Schließlich möge noch bemerkt werden, daß man (abzüglich eines Teiles des Hebungstransportes) dasselbe Resultat erhalten haben würde, wenn umgekehrt das unregelmäßige Terrain von Fig. 68 in das regelmäßige von Fig. 69 verwandelt worden wäre.

Der Zuschlag von 20 m pro m Hebung zur Transportweite ist nach den Angaben der ersten Auflage beibehalten, dürfte aber nach § 69 *g* zu klein sein.

## Sechstes Kapitel.

### Notizen für Vorarbeiten.

§ 65. Inhalte von Körpern.

*a.* Zylinder und Prisma gleich Grundfläche mal Höhe.

*b.* Schief abgeschnittenes dreiseitiges Prisma gleich Normalschnitt mal arithmetischem Mittel aus den drei parallelen Kanten.

*c.* Schief abgeschnittenes vierseitiges Prisma, dessen Normalschnitt ein Parallelogramm ist, gleich Normalschnitt mal arithmetischem Mittel aus den vier parallelen Kanten.

*d.*  $n$ seitige schief abgeschnittene Prismen sind durch Diagonalebene, welche die parallelen Kanten verbinden, in dreiseitige schief abgeschnittene Prismen zu zerlegen.

*e.* Pyramide und Kegel gleich  $\frac{1}{3}$  mal Grundfläche mal Höhe.

*f.* Abgestumpfte Pyramide gleich  $\frac{1}{3}$  der Höhe mal (Summe der Endflächen plus Wurzel aus Produkt derselben).

*g.* Abgestumpfter Kegel gleich  $\pi$  oder  $\frac{22}{7}$  mal  $\frac{1}{3}$  der Höhe mal (Summe der Quadrate der Radien der Endflächen plus Produkt dieser Radien).

*h.* Kugel gleich 4,1888 mal dritter Potenz des Radius oder gleich 0,5236 mal dritter Potenz des Durchmessers.

*i.* Kugelabschnitt gleich  $\frac{1}{6} \pi$  oder 0,5236 mal Höhe mal (3faches Quadrat des Radius der Grundfläche plus Quadrat der Höhe).

*k.* Umdrehungs-Paraboloid gleich Inhalt der Grundfläche mal  $\frac{1}{2}$  der Höhe.

*l.* Allgemeine Inhaltsformel für alle vorstehenden Körper § 35. Rampe § 39. Wiesenrücken § 38. Graben § 37.

## § 66. Schwerpunktsbestimmungen von ebenen Figuren.

*a. Dreieck.* Der Schwerpunkt liegt im Durchschnittspunkte der von den Ecken nach den Mitten der Gegenseiten gezogenen Linien und ist von jeder Seite um  $\frac{1}{3}$  der zu ihr gehörigen Höhe entfernt.

*b. Beliebige Viereck.* Ziehe eine Diagonale, verbinde die Schwerpunkte (*a d.* §) der entstehenden Dreiecke, so erhält man eine Schwerlinie. Zerlege das Viereck durch die andere Diagonale in zwei neue Dreiecke und verbinde deren Schwerpunkte durch eine zweite Schwerlinie. Der Schwerpunkt des Vierecks liegt da, wo die beiden Schwerlinien sich schneiden.

*c. Trapez.* Der Abstand des Schwerpunktes von einer der parallelen Seiten wird erhalten, wenn man die Summe aus dieser und der doppelten parallelen Seite dividiert durch die Summe der genannten Seiten und das Ganze mit  $\frac{1}{3}$  der Höhe multipliziert. Außerdem liegt der Schwerpunkt auf der Verbindungslinie der Mitten der parallelen Seiten.

*d. Parallelogramm.* Der Schwerpunkt liegt im Durchschnittspunkt der Diagonalen.

*e. Kreisabschnitt.* Der Schwerpunkt liegt auf der Halbierungslinie des Mittelpunktswinkels in einer Entfernung vom Mittelpunkt gleich  $\frac{2}{3}$  vom Radius mal Sehne geteilt durch Bogen.

*f. Schwerpunkte beliebig begrenzter Figuren* werden gefunden, indem man sie in Teile zerlegt, deren Schwerpunkte sich nach vorstehendem bestimmen lassen. Man zieht dann in der Ebene der Figur eine gerade Linie, welche ganz außerhalb der Figur liegen möge. Von den Schwerpunkten aller Teile der Figur fällt man Senkrechte auf die Linie. Nun bildet man die Produkte: Senkrechte mal Inhalt des Teiles der Figur, von deren Schwerpunkt sie gezogen wurde. Die Summe dieser Produkte geteilt durch den Flächeninhalt der ganzen Figur ergibt den Abstand des gesuchten Schwerpunktes von der gezogenen Linie. Ermittelt man so den Abstand von zwei dergleichen nicht parallelen Linien, so ist die Lage des gesuchten Schwerpunktes bestimmt.

## § 67. Schwerpunktsbestimmung von Körpern.

*a. Prisma und Zylinder.* Der Schwerpunkt liegt auf der Mitte der Verbindungslinie der Schwerpunkte der Endflächen.

*b. Pyramide und Kegel.* Der Schwerpunkt liegt auf der Verbindungslinie der Spitze mit dem Schwerpunkte der Grundfläche um  $\frac{1}{4}$  der Höhe von letzterer entfernt.

*c.* Normales schief abgeschnittenes Prisma mit quadratischem Querschnitt. Um den Abstand des Schwerpunktes von einer Seitenfläche zu finden, addiere man die nicht in dieser enthaltenen Seitenkanten, teile diese Summe durch die Summe zweier diagonal gegenüberliegenden Seitenkanten, addiere zu dem Erhaltenen 2 und multipliziere das Ganze mit  $\frac{1}{6}$  der Quadratseite des Querschnittes.

*d.* Abgekürzte Pyramide. Der Schwerpunkt liegt auf der Verbindungslinie der Schwerpunkte der Endflächen. Sind dieselben  $a$  und  $b$  und  $h$  die Höhe, so ist der Abstand von  $a$  gleich

$$\frac{h a + 2 \sqrt{ab} + 3 b}{4 a + \sqrt{ab} + b}$$

*e.* Beliebiger Körper. 1. Man zerlegt ihn in Teile, deren Schwerpunkte sich bestimmen lassen, mißt deren Abstände von einer außerhalb des Körpers liegenden Ebene, multipliziert den Inhalt jedes Körperteiles mit dem zugehörigen Abstände, addiert die erhaltenen Produkte und teilt durch den Inhalt des ganzen Körpers, so erhält man die Entfernung des Schwerpunktes von der gedachten Ebene. 2. Man bestimmt nach § 57 die Transportgröße des Körpers bis zu einer außerhalb gedachten Ebene und teilt dieselbe durch den Inhalt des Körpers, so hat man den Abstand des Schwerpunktes von der gedachten Ebene.

§ 68. Die Wahl der Transportart richtet sich nach der Entfernung und der Menge der zu transportierenden Erde. Auf 3 bis 5 m horizontaler Entfernung wird der Boden einfach überworfen. Der Schiebkarrentransport ist vorteilhaft bis zu Entfernungen von 60 bis 120 m, bei geringen Erdmassen, schwer zugänglichen Transportstellen usw. auch auf größere Entfernungen. Der Handkippkarrentransport ist empfehlenswert bis 450 m. Der Pferdekarrentransport bis 1400 m. Der Transport für Pferde auf Eisenbahnen bei größeren Massen bis 5000 m. Lokomotivtransporte sind für Erdmassen von über 100 000 cbm auf Entfernungen über 5000 m zu empfehlen.

§ 69. Kosten des Schiebkarrentransportes. *a.* Schiebkarren aus Holz mit Eisen beschlagen kosten rund 10 M., eiserne rund 25 M.

*b.* Die Fahrbahnen der Schiebkarren werden aus Flacheisen, Eichen- oder Buchenholz hergestellt, der Billigkeit wegen auch

wohl aus Pappel- und Tannenholz. Die dazu nötigen Dielen halten drei Monate, sind 21—24 cm breit, 4—6 cm stark und möglichst lang. Die Enden werden mit Bandeisen umnagelt. Die Kosten pro Meter Länge betragen 0,8 bis 1,2 Mark. Die Länge des Raumes, den ein Arbeiter bei der Fahrt beansprucht, zirka  $3\frac{1}{2}$  m.

c. Die Arbeitsgeräte werden beim Kostenanschlage meist in der Weise in Anrechnung gebracht, daß man dem sonst berechneten Arbeitslohn 5 % für Anschaffung und 5 % für Unterhaltung oder in Summa 10 % zuschlägt. Spaten und Schaufeln halten sich die Arbeiter selbst. Für schwere Bodenarten werden Hacken, Brecheisen, Keile, Schlägel, Hämmer usw. geliefert und kosten 5—10 Pf. pro Kubikmeter, bei Felsen kostet das Bohrgesetz inkl. Unterhaltung 10—20 Pf., und die Sprengstoffe kosten bei leichteren Felsen 15—30 Pf., bei sehr festen 30—50 Pf. pro Kubikmeter.

d. Die Zahl der anzuschaffenden Transportgeräte bestimmt sich aus dem Kostenanschlage, indem man aus der Anzahl der Arbeitstage im ganzen und der Zeit der Ausführung die Zahl der einzustellenden Arbeiter berechnet und je nach der Bodenart ist dann pro 1, 2 usw. Arbeiter je eine Schiebkarre zu rechnen nebst 5 % für Reserve.

e. Als wirkliche Arbeitszeit täglich wird gerechnet:

Vom Mai bis September . . . .	12 Stunden
im April und Oktober . . . .	10 „
im März und November . . . .	9 „
im Dezember, Januar und Februar .	8 „

Danach ist der mittlere Arbeitstag durchschnittlich 10 Stunden zu rechnen und pro Jahr sind abzüglich der Feiertage (60) und wegen ungünstiger Witterung (25), 280 wirkliche Arbeitstage anzunehmen.

f. Zur Berechnung der Transportkosten des Bodens fertigt man Transporttabellen, in denen die Kosten für Lösen, Laden, Entleeren und Fortbewegen nebst den Kosten für Geräte durch gewöhnlich 10 % Zuschlag zusammengezählt sind. Als Beispiel diene die folgende allgemeine Tabelle nach den Daten von § 55 für einen Tagelohnsatz von 20 Pf. pro Stunde.

## Schiebkarren-Transportpreis-Tabelle

inkl. Lösen und Laden

Tagelohn für 10 Stunden 2 Mark.

Mittlere Transportweite	Kosten pro Kubikmeter in Pfennig inkl. Geräte für die günstigste Bodenklasse von Nr.				
	Meter	1	2	3	4
10	20	32	46	64	100
20	21	34	48	67	102
30	23	36	50	69	105
40	25	38	52	71	107
50	26	40	54	73	109
60	28	42	56	75	112
80	32	46	60	80	116
100	36	50	64	84	121

*g.* Finden Steigungen auf dem mit beladenen Karren zu durchlaufenden Wege statt, so kann der Arbeiter nicht so viel laden, wie sonst, weil er neben dem wagerechten Transport die Last und sein eigenes Gewicht heben muß. Er hat also mehr Fahrten zu machen, was mit einer Verlängerung des Transportweges gleichbedeutend ist. Bei einer Steigung von 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 Prozent hat man daher eine Transportweite in Rechnung zu bringen, die beziehlich 1,2; 1,6; 2,0; 2,5; 3,2; 4,0; 7,0 mal so lang ist, als die wirkliche Transportweite; doch werden meistens die Lohnsätze so angenommen, daß man Steigungen bis 3 % vernachlässigen kann und deshalb die Werte 1,2; 1,6; 2,0 usw. für bez. 3; 4; 5 u. s. f. Prozent Steigung angenommen werden.

§ 70. Die Kosten bei andern Transportarten sind nach „Osthoff, Straßen- und Wegebau“ in folgender Tabelle (s. S. 89) für einen Tagelohnsatz von 2 Mark zusammengestellt einschließlich des Entleerens der Transportgefäße, aber ohne den üblichen Zuschlag von 15 % für Aufsicht, Gewinn usw.

Die Tabelle gilt für Horizontaltransporte und kann bei Gefällen bis zu 5 % gebraucht werden. Bei Steigungen muß man der Transportweite einen Zuschlag geben, der für  $\frac{1}{2}$ ; 1; 2; 3,3 % pro Meter zu ersteigender Höhe zu 5, 10, 25, 40 Meter angegeben wird.

Transport- weite m	Schub- karren p. cbm Pfennig	Handkipp- karren p. cbm Pfennig	Pferde- kippkarren p. cbm Pfennig	Lowry mit Menschen p. cbm Pfennig	Lowry mit Pferden p. cbm Pfennig	Transport mit kleiner Lokom. p. cbm Pfennig
10	9	8	—	—	—	—
50	17	14	—	9	—	—
100	29	21	—	11	12	—
150	41	28	—	13	13	—
200	53	35	—	15	15	—
300	79	49	68	19	17	22
500	—	77	86	27	23	26
1000	—	147	132	48	38	41
2000	—	—	224	94	77	76
3000	—	—	316	—	134	120

## § 71. Nebenarbeiten kosten in Arbeitsstunden:

	Stunden
Auftrag zu stampfen . . . . .	pro cbm 0,5
Planieren auf großen Flächen mit der Hacke bei leichtem Boden . . . . .	pro qm 0,04—0,05
Planieren von Böschungen bei leichtem Boden . . . . .	pro qm 0,1—0,2
„ „ „ bei schwerem Boden . . . . .	pro qm 0,2—0,4
Planieren und Umgraben auf 20 cm Tiefe:	
bei Tonboden . . . . .	pro qm 0,11—0,13
bei Lehmboden . . . . .	pro qm 0,06—0,08
bei Sandboden . . . . .	pro qm 0,04—0,05
Rasen schälen und in Haufen setzen . . . . .	pro qm 0,04—0,15
Eindecken desselben . . . . .	pro qm 0,05—0,14
Klatschen oder Peitschen desselben . . . . .	pro qm 0,03—0,06
Böschungen planieren, mit Rasen belegen, oder einer 20 cm dicken Schicht Mutterboden bekleiden und Ansäen inkl. Samen, Gewinnung und vorheriger Ablagerung des Materials . . . . .	pro qm 0,50—0,75
Terrain von Sträuchern zu reinigen und das Holz in Haufen zu setzen . . . . .	pro qm 0,50
Desgl. einzelne Baumstücke ausroden pro Meter Stärke in Brusthöhe . . . . .	30,0
Desgl. Hecken ausroden pro Meter Länge . . . . .	0,50

§ 72. Allgemeine Disposition. Die Arbeiten sind so zu leiten, daß die Abführung des Wassers möglichst dadurch gefördert wird. An den Entnahmestellen sind möglichst viele Aufladepätze zu bilden, wenn die Arbeit schnell beendet werden soll. Also im

allgemeinen Schlitzung des Abtrages auf größere Länge und entsprechende Schaffung von Abladestellen, daher Schüttung in niedrigen Schichten und gleichzeitig auf erheblichen Längen.

§ 73. Abstecken und Leitung. Bei gestreckten Bauten, wie Gräben, Dämmen und dergl., bezeichnet man die Mittellinie in Abständen bis zu 50 m durch Pfähle mit Nummern, welche entweder die Entfernung vom Anfangspunkte ausdrücken, oder den hundertsten Teil derselben. Daneben stehen Pfähle, die in der Regel mit dem Boden abschneiden und deren höchste Stellen man von Fixpunkten ausgehend nivelliert und event. durch Nägel mit rundlichen Köpfen sicher bezeichnet hat. Nun wären mit Hilfe des Planes Ab- und Aufträge so zu bezeichnen, daß die Erdarbeiter genügende Anhaltspunkte zur Ausführung der Arbeit erhalten. Auch ist es wichtig, die Zeichen so anzubringen, daß auch derjenige, welcher den Bau zu leiten hat, sich in kürzester Zeit von der Richtigkeit der Ausführung überzeugen kann. Die Art der Bezeichnung erfordert eine den örtlichen Verhältnissen angepaßte eigene Überlegung des Leitenden. Hier sollen nur einfache Beispiele Anleitung geben.

a. Man soll einen Pfahl einschlagen, dessen höchster Punkt angibt, wie tief an der betreffenden Stelle abgetragen werden soll. Zu dem Ende stelle man ein Nivellierinstrument auf, mit dem man zwei Punkte von bekannter Höhe erreichen kann. Man lasse die Latte auf dem einen derselben aufhalten. Die Ablesung sei 1,23 m, und die gegebene Höhe des Punktes sei 1,50 m. Es ist dann die Höhe der Absehnlinie des Instrumentes  $1,50 + 1,23 = 2,73$  m. Zur Kontrolle macht man dieselbe Bestimmung mit Hilfe des zweiten Punktes. Nun lasse man da aufhalten, wo der Pfahl geschlagen werden soll. Die Ablesung ergebe 1,32 m. Dann liegt also der betreffende Punkt des Bodens 1,32 m unter der Absehnlinie des Instrumentes, seine Höhe ist also gleich  $2,73 - 1,32 = 1,41$  m. Soll nun an der betreffenden Stelle auf die Höhe 1,21 m abgetragen werden, so lasse man ein Loch auf  $1,41 - 1,21 = 0,20$  m Tiefe ausgraben und treibe in demselben einen Pfahl bis zur gewünschten Tiefe ein. Dabei treibt man zunächst den Pfahl annähernd bis zur gewünschten Tiefe, und ermittelt dann mit dem Instrument, wie viel er noch zu hoch steht, z. B. 3 cm. Nun legt man neben den Pfahl ein glattes Brettchen fest auf den Boden, mißt am Pfahl vom Brettchen aus 3 cm und bezeichnet die Stelle durch einen

Kreidestrich. Jetzt hat man nur den Pfahl so weit mit dem Hammer nieder zu treiben, bis der Strich an das Brettchen kommt. Bezeichnet man in dieser Weise die Tiefe des Abtrages in Abständen von 10 zu 10 m, so können geübte Erdarbeiter den Abtrag für viele Verhältnisse mit ausreichender Genauigkeit vollenden. Sollten aber die zu grabenden Löcher zu tief werden, so stellt man die bezeichnenden Pfähle eine gerade Anzahl Meter oder dm über die betreffenden Punkte und läßt einen Zylinder von Erde um dieselben stehen, bis die Arbeit beendet ist. Gegen die hier angedeutete gewöhnliche Methode bietet die folgende Art erhebliche Vorteile.

b. Es soll zur Herstellung eines Grabens ein Schlitz ausgehoben werden, der unten von der 0,5 m breiten Sohle des Grabens begrenzt wird. Anfang *m* und Ende *n* des Grabens Fig. 72 sind durch zwei in der Mittellinie stehende Pfähle bezeichnet, von denen der erste 10 cm, der zweite 80 cm über der Sohle liegen

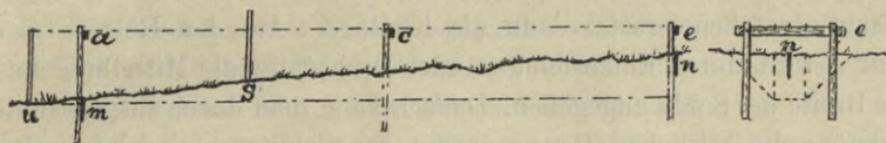


Fig. 72.

Fig. 73.

soll. Man schlage nun rechts und links von *n*, wie Fig. 73 im Querprofil zeigt, zwei Lattenstücke in etwa 80 cm Entfernung senkrecht in den Boden und befestige daran durch Nägel ein wagerecht liegendes Querholz, dessen Oberkante 20 cm über Pfahlkopf *n*, also 100 cm über der Grabensohle liegt. Ganz in derselben Weise wird nun bei *a* Fig. 72 ein Querholz 90 cm über Pfahl *m* befestigt, so daß seine Oberkante ebenfalls 100 cm über Grabensohle liegt. In der Mitte zwischen *m* und *n* befestigt man ebenso ein Querholz *c*, dessen Oberkante in der geraden Verbindungslinie von Oberkante *a* nach Oberkante *e* liegt, durch Einvisieren von *a* oder *e* aus. Jetzt bestimmen die Oberkanten der drei Hölzer *a*, *c*, *e* eine Absehnlinie, die der Grabensohle parallel ist und 1 m über derselben liegt. Der Arbeiter erhält nun ein Holz von 1 m Länge, mit dem er überall leicht bestimmen kann, wie viel er noch abzugraben hat. Setzt er z. B. das Holz bei *s* auf den Boden, und blickt so neben demselben vorbei, daß Oberkante *e* von Oberkante *c* gedeckt wird, so kann er die Oberfläche seines Daumennagels leicht am Holz in die Absehnlinie bringen. Die Entfernung des Daumennagels von der

Oberkante des Holzes ist dann gleich der abzugrabenden Tiefe. Es ist leicht ersichtlich, daß man in ähnlicher Weise durch etwas Probieren die Stelle  $u$  finden kann, an der die Sohle im Gelände ausläuft und wo, wegen des Wasserablaufes, die Arbeit zu beginnen hat. Der Aufseher hat bei dieser Art der Absteckung den sehr großen Vorteil, jederzeit mit seinem Meterstab untersuchen zu können, ob die Grabensohle bis zur richtigen Tiefe angelegt ist. Es ist nicht zu vergessen, daß man bei  $c$  Erde bis zur Beendigung der Arbeit stehen lassen muß, um zwischen  $c$  und  $e$  über  $c$  nach  $a$  visieren zu können. Hat man Raum, so ist es deshalb besser, das Holz  $c$  in der Verlängerung der Linie  $ae$  aufzustellen. Auch ist es wichtig, zu beachten, daß die Genauigkeit der Messung um so größer wird, je weiter von  $e$  man  $c$  aufstellen kann. Statt des Holzes  $e$  nimmt man dann noch besser eine Zieltafel, d. i. eine ebene Tafel, auf der vier quadratische Felder abwechselnd weiß und schwarz bemalt sind. Die wagerechte Mittellinie, in der die Felder zusammenstoßen, ersetzt dann die Kante  $e$ . Auf den Hölzern  $a$ ,  $c$  und  $e$  wird durch Einkerbungen oder Drahtstifte die Mittellinie und die Breite der Sohle angegeben. Danach kann man durch ausgespannte Schnüre die seitlichen Begrenzungen des Schlitzes bezeichnen. Ist der Mittelschlitz ausgehoben, so trägt man die Tiefe 1,  $1\frac{1}{2}$  oder 2 mal nach jeder Seite ab, je nachdem die Böschungen 1,  $1\frac{1}{2}$  oder 2fache sein sollen, um die Punkte zu erhalten, an denen die Böschung ausläuft.

Der Verfasser hat es oft bequemer gefunden, statt der oben angegebenen Holzgerüste einfache Fluchtstäbe (Baken) zu verwenden, an denen sich 6 cm breite und 60 cm lange, weiß und schwarz gestrichene Brettstücke verschieben und durch zwei ein entsprechendes kurzes Brettstück fassende Flügelschrauben in jeder Höhe über dem Boden in wagerechter Lage festklemmen lassen. Diese Einrichtung entspricht ganz den bekannten Zielbrettern, die von Erdarbeitern gewöhnlich benutzt werden, um Zwischenpunkte einzuvisieren. Weil aber letztere nur aus den wagerechten Brettern mit 100 bis 150 cm langen Stielen bestehen, die unten gerade abgeschnitten sind, haben sie den Nachteil, nur für die ihnen ein- für allemal gegebene Höhe der Absehnlinie verwendbar zu sein, und muß man sie beim Visieren halten, damit sie nicht umfallen.

c. Ein im Abtrage liegender größerer Platz soll sehr genau wagerecht eingeebnet werden. Der Verfasser

hat diese Arbeit mehrfach ausführen müssen, um Eisplätze herzustellen, auf denen im Winter durch Aufspritzen von Wasser Schlittschuhbahnen gebildet werden und dabei die verschiedensten Methoden probiert und gefunden, daß die folgende allen Anforderungen am besten entspricht. Man schlägt oder gräbt in den Boden etwa 5 cm dicke Pfosten in einer Linie, die senkrecht steht zur Richtung, in der die Arbeit fortschreitet und etwa bis höchstens 30 m vom Anfangspunkte derselben absteht. Die Pfosten sind voneinander etwa 5 m entfernt, und wird an jeden mit Hilfe eines guten Nivellierinstruments ein Bleistrich gemacht, der genau 1 m über dem herzustellenden Planum liegt. Unter den Bleistrich schraubt man in jeden Pfosten eine etwa 5 mm starke Holzschraube. Über die Holzschrauben legt man eine starke Schnur, die man straff zieht und an den Enden mit Steinen belastet, damit sie nicht zurückgeht. So erhält man eine gerade Linie, die dem beabsichtigten Planum genau parallel ist und 1 m davon absteht. Jetzt hat man nur noch möglichst weit von der Schnur entfernt eine Zieltafel (b. d. §) einzurichten und dauerhaft zu befestigen, deren Mitte genau so hoch über dem Planum der herzustellenden Ebene liegt, wie die ausgespannte Schnur, also 1 m. Mit einem Stabe von 1 m Länge, den man auf den Boden stellt und an dem vorbei man wie unter b. nach der Zieltafel visiert, kann man an jeder Stelle messen, ob der untersuchte Punkt im Planum liegt, oder wie hoch er sich darüber befindet. Jeder Planierer erhält nun einen solchen Stab. Damit er ihn fleißig gebraucht, ist es passend, zwei Strebchen daran anzubringen, so daß er nicht umfällt und das unbequeme Bücken erspart wird. Als Verfasser diese Einrichtung zuerst anbrachte, war der Schachtmeister, der die Ausführung übernommen hatte, nicht zu bewegen, dieselbe zu benutzen, weil er meinte, nach seiner alten Methode mit Kanalwage und Pfählchen sicherer arbeiten zu können. Als ihm aber nach Ausführung eines Probestückes gezeigt wurde, daß er den im Vertrag erlaubten Fehler an zahlreichen Stellen um mehr als 3 cm überschritten hatte, ließ er sich dazu bewegen, die Neuerung zu versuchen, und wurde jetzt ohne sonderliche Mühe die Arbeit viel genauer, als man erwarten konnte.

d. Es soll ein im Auftrage liegender Damm von 80 cm Höhe, 80 cm Kronenbreite und  $1\frac{1}{2}$  facher Böschung abgesteckt werden. Man kann dazu Profile aus Dachlatten zusammenschlagen, wie Fig. 74 zeigt. Da der Damm sich aber im Laufe der Zeit

setzt, muß die Höhe  $H$  des Profils größer genommen werden, als 80 cm, nämlich gleich  $80 + k \cdot 80$ , wenn  $k$  den Auflockerungskoeffizienten bedeutet. Um letzteren zu bestimmen, läßt man eine rechtwinkelig begrenzte Grube ausheben und den gewonnenen Boden so aufschütten, daß man seinen Inhalt bestimmen kann. Ist nun  $G$  der Inhalt der Grube und  $S$  der des geschütteten Bodens, so ist  $(S-G) : G$  der Auflockerungskoeffizient, der 0,3 überschreiten kann. Bei Sandboden ist  $k$  sehr klein. Für Lehmboden pflegt  $k$  zu 0,1 angegeben zu werden, doch dürfte man den wirklichen Wert meistens größer finden. Bei unserm Profil haben wir  $k$  zu 0,15 angenommen und somit die Höhe des Profils zu  $1,15 \times 80 = 92$  cm angenommen. Solche Profile schlägt man etwa in Entfernungen von 20 m und bezeichnet die Ecklinien bei der Arbeit durch ausgespannte Schnüre. Werden die Dämme größer, so wird man sich schließlich mit der Bezeichnung der Eckpunkte des Profils begnügen, wenn Pfosten in der Mitte hinderlich sind.

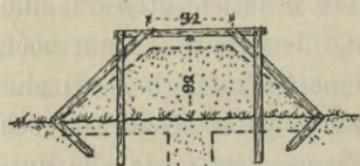


Fig. 74.

e. Soll der Auftrag bei einer größeren Planierung markiert werden, so schlägt man hinreichend lange Pfähle ein, um daran zuerst durch einen Kreidestrich die gewollte Höhe des Auftrages anzugeben. Nun messe man diese Höhe und gebe das Sackmaß zu. Ist sie z. B. 53 cm und der Auflockerungskoeffizient 0,1, so mache man  $53 + 0,1 \times 53$  gleich 583 mm über dem Boden einen dauerhaften Strich mit weißer Ölfarbe, der die wirklich zu schüttende Höhe bezeichnet.

Nun messe man diese Höhe und gebe das Sackmaß zu. Ist sie z. B. 53 cm und der Auflockerungskoeffizient 0,1, so mache man  $53 + 0,1 \times 53$  gleich 583 mm über dem Boden einen dauerhaften Strich mit weißer Ölfarbe, der die wirklich zu schüttende Höhe bezeichnet.

§ 74. Bodenuntersuchungen verbunden mit Probearbeiten sind notwendig, um richtige Vorstellungen von den zu verarbeitenden Bodenarten hinsichtlich der Einheitssätze im Kostenanschlag, des Auflockerungskoeffizienten und der Wasserverhältnisse im Untergrunde zu gewinnen. Man kann dazu Erdbohrer gebrauchen oder sich gründlicher durch Graben von Probelöchern unterrichten.

§ 75. Die bleibende und anfängliche Auflockerung des Bodens beträgt für

Sand und Kiesboden . . . . .	ca.	$1-1\frac{1}{2} \%$	5—20 %
Lehm und leichten Boden . . . . .	„	3 %	20—25 %
Keuper- und Mergelboden . . . . .	„	4—5 %	25—30 %
Festen Ton und Steinmergel . . . . .	„	6—7 %	30—35 %
Felsen . . . . .	„	8—15 %	35—50 %

Gestampfte Ackerkrume wird weniger Raum einnehmen als vorher.

## § 76. Die Böschungen werden standfähig in

Humus, Torf, losem Sand . . . . .	bei 2facher Ausladung	
Lehm und kompaktem Sandboden . . . . .	bei $1\frac{1}{2}$ „	„
Tonboden, Kies, Gerölle . . . . .	bei $1\frac{1}{4}$ „	„
weichem Gestein, Mergel u. dergl. . . . .	bei 1 „	„
festem Gestein im Auftrag . . . . .	bei $\frac{3}{4}$ „	„

Die Neigung von Böschungen kann man durch ein rechtwinkeliges Dreieck aus Holz untersuchen, dessen Hypotenuse man an die Böschung legt, während ein nach Art der Setzwage ein spielendes Lot die Größe der Böschung an einer Skala zeigt. Besser ist ein gerades bis 2 m langes Lineal, an dem sich zwei Libellen befinden. Die eine spielt ein, wenn das Lineal auf wagerechter Unterlage ruht, die andere, wenn dasselbe an die richtig geneigte Böschung gelegt wird. Letztere Libelle ist drehbar befestigt, um sie für verschiedene Böschungen gebrauchen zu können.

Böschungen in Lehm, welche von höher liegenden Stellen Druckwasser erhalten, sind durch eingelegte Steine oder Drainröhren zu entwässern, weil sie sonst teigartig werden und abfließen.

Nach preußischem Landrecht müssen Erhöhungen oder Erniedrigungen des Bodens drei Fuß von der Umzäunung des Nachbarn entfernt sein.

§ 77. Dämme für Wege werden am besten aus grobem Sand oder Kies geschüttet, sollen sie aber Wasser zurückhalten, so ist Ton das beste Material und Lehm meist brauchbar. Bei der Schüttung ist das Material möglichst zerkleinert einzubringen, weil die Hohlräume zwischen großen Stücken starkes Setzen verursachen. Gefrorenes Material ist im Innern zu vermeiden und vor Aufschüttung neuer Lagen der Schnee abzuwehren. Eis verursacht, in Ton- und Lehmdämmen eingeschlossen, Rutschungen und überdauert Jahre.

Die Unterlage des Damms ist von allen Pflanzenteilen und Humus zu befreien, weil diese beim Verwesens Höhlungen zurücklassen. Ist der Boden abschüssig, so macht man, damit der Damm nicht rutscht, Stufen oder besser zahnartige Einschnitte, deren eine Fläche rechtwinkelig zur Rutschfläche steht und die in der Längsrichtung Gefälle haben, um Wasseransammlung zu verhüten. Soll der Damm zum Anstauen von Wasser dienen, so ist der Boden bis zu einer Tiefe auszugraben, wo Wurmlöcher und Pflanzenwurzeln verschwinden. Sehr gut hat sich die Anbringung eines Schlitzes

nach Fig. 74 bewährt. Man füllt denselben mit Wasser und wirft lockeren Ton oder Lehm hinein und arbeitet die Masse mit Stangen gehörig durch, so daß sie sich vollständig dicht einschlämmt. Die Kronenbreite wird bei  $1\frac{1}{2}$  facher Böschung gleich der Wassertiefe und mindestens 0,5—1 m. In der Nähe solcher Dämme muß man alle Bäume entfernen, weil deren Wurzeln den dichten Abschluß zerstören; auch Tiefwurzler, wie Luzerne soll man nicht darauf setzen.

Die Schüttung erfolgt am besten in horizontalen Schichten, die durch die Transportgeräte fest gefahren werden.

Das Setzen eines Dammes wird um so größer sein, je weniger Regen während der Herstellung fiel und je größere Klumpen das Material enthält. Winkler empfiehlt wegen desselben eine Überhöhung und obere Erbreiterung für die Dammhöhe bei

	Überhöhung	Obere Erbreiterung
Steinschüttung . . . . .	$\frac{1}{40} h$	$\frac{1}{20} h$
Sandigem Boden . . . . .	$\frac{1}{23} h$	$\frac{2}{15} h$
Dammerde . . . . .	$\frac{1}{14} h$	$\frac{2}{9} h$
Lehm oder tonigem Boden . . . . .	$\frac{1}{12} h$	$\frac{1}{4} h$

Das Setzen läßt sich durch Stampfen des Bodens vermindern. Dieses wird aber ohne fortdauernde Aufsicht selten ausgeführt.

Dämme, die durch Druck oder oberirdisches Wasser erweicht werden, bedürfen der Entwässerung (§ 81).

§ 78. Gräben werden bis zur Tiefe von 15 cm senkrecht eingeschnitten und erhalten bei zunehmender Tiefe in Tonboden  $\frac{1}{4}$  bis 1 fache, in Lehm 1 bis 2 fache, in Sand  $1\frac{1}{2}$  bis 3 fache, in Torf und Moor  $\frac{1}{2}$  bis 3 fache Böschung. Dieselben sucht man durch Rasen, bei größeren Geschwindigkeiten und Dimensionen durch Weiden und, wo es nötig wird, durch Steinwurf und Pflasterung zu befestigen. Im allgemeinen ist es aber besser, die Geschwindigkeit des Wassers zu verkleinern durch Verminderung der Tiefe, des Längengefälles und flache Böschungen (bis 3 fach und mehr). Das Gefälle wird dann auf einzelne gut befestigte Stellen, Abstürze, konzentriert.

Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers muß, um die Ufer nicht anzugreifen, bei lockerer Erde kleiner als 0,1 m, bei fettem Ton kleiner als 0,2 m, bei Sand kleiner als 0,4 m, bei Kies kleiner als 0,8 m sein. Doch sind diese Zahlen als kleinste Werte anzusehen, die gewöhnlich sehr wesentlich überschritten werden können, wenn die Wände mit Rasen bedeckt sind.

Um die Geschwindigkeit des in Gräben aus Erde geführten Wassers zu berechnen, mißt man im Querprofil die Länge des vom Wasser benetzten Umfangs in m und teilt durch dieselbe den Inhalt des Wasserprofils in qm. Diesen sogenannten mittleren Radius multipliziert man mit dem relativen Gefälle des Wasserspiegels, zieht aus dem Produkt die Quadratwurzel und multipliziert das Erhaltene mit einem Koeffizienten, dessen Wert hauptsächlich vom mittleren Radius abhängt, wie folgt:

Ist der mittlere Radius gleich 0,1 0,5 1,0 2,0 3,0 4,0 5,0  
so ist der Koeffizient 17 28 33 38 40 42 43.

Als Resultat erhält man die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in Meter pro Sekunde und durch Multiplikation derselben mit dem Wasserquerschnitt in qm die Wassermenge in cbm pro Sekunde.

§ 79. Zur leichten Berechnung der gewöhnlich vorkommenden Gräben mit  $1\frac{1}{2}$  fach geböschten Seitenwänden diene die auf S. 106 befindliche Tabelle, die für verschiedene Sohlenbreiten und Wassertiefen angibt, wie viel mm Fallen auf 1000 m nötig sind, um 1 dm mittlere Wassergeschwindigkeit und die darunter angegebene Wassermenge in Liter pro Sekunde zu erzielen. Will man in dem Graben eine andere Wassergeschwindigkeit, z. B.  $v$  Dezimeter erzielen, so gehört dazu  $v^2$  mal so viel mm Gefälle, als die Tabelle angibt und in gleichem Verhältnis mit  $v$  vergrößert sich die Wassermenge. Bewässerungsgräben von Wiesen erhalten meist ein Gefälle, das, damit die schwebenden Stoffe sich nicht absetzen, eine Geschwindigkeit von mindestens 0,3 m erzeugt; dazu gehört 9 mal so viel Gefälle, wie die Tabelle angibt. Rund kann man dafür 10 rechnen. Nimmt man also die oberen Zahlen der Tabelle als cm, so hat man die Gefälle gewöhnlicher Bewässerungsgräben und durch Multiplikation der darunter stehenden Zahlen mit 3,16 die geführte Wassermenge in Liter. Will man wissen, wie viel ein Graben bei einem Gefälle  $J$  führt, so sei das in der Tabelle gegebene Gefälle gleich  $H$ , dann ist die vom Graben geführte Wassermenge gleich der in der Tabelle stehenden mal  $\sqrt{J : H}$ .

§ 80. Notizen für Wiesenbau. a. Das zur Bewässerung der Wiesenfläche dienende Wasser entnimmt man dem Wasserlauf an einer so hoch gelegenen Stelle, daß der Spiegel des zugeführten Wassers über die zu bewässernde Fläche zu liegen kommt, oder man erhöht künstlich durch eine Stau einrichtung den Wasser-

Tabelle über Gefälle in mm auf 1000 m und Wassermengen  
in Liter für 0,1 m mittlere Geschwindigkeit des Wassers.

Sohlen- breite in Meter	Wassertiefen in Meter									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
0,1	1250	416	212	132	92	68	53	42	35	29
	2,5	8	16,5	28	42,5	60	80,5	104	130,5	160
0,2	950	340	182	118	83	62	48	39	32	27
	3,5	10	19,5	32	47,5	66	87,5	112	139,5	170
0,3	806	298	160	106	75	57	45	37	30	26
	4,5	12	22,5	36	52,5	72	94,5	120	148,5	180
0,4	716	260	145	97	69	53	42	35	28	25
	5,5	14	25,5	40	57,5	78	101,5	128	157,5	190
0,5	666	235	135	90	65	50	40	33	27	24
	6,5	16	28,5	44	62,5	84	108,5	136	166,5	200
0,6	617	219	127	84	62	47	38	31	26	23
	7,5	18	31,5	48	67,5	90	115,5	144	175,5	210
0,7	587	207	120	79	59	45	36	30	25	22
	8,5	20	34,5	52	72,5	96	122,5	152	184,5	220
0,8	565	198	113	75	56	43	34	29	24	21
	9,5	22	37,5	56	77,5	102	129,5	160	193,5	230
0,9	548	189	108	72	53	41	33	28	24	20
	10,5	24	40,5	60	82,5	108	136,5	168	202,5	240
1,0	533	183	104	69	51	39	32	27	23	20
	11,5	26	43,5	64	87,5	114	143,5	176	211,5	250
1,1	520	178	100	67	49	38	31	26	22	19
	12,5	28	46,5	68	92,5	120	150,5	184	220,5	260
1,2	511	173	97	64	47	37	30	25	22	19
	13,5	30	49,5	72	97,5	126	157,5	192	229,5	270
1,3	504	168	94	63	46	36	29	24	21	18
	14,5	32	52,5	76	102,5	132	164,5	200	238,5	280
1,4	499	164	92	61	45	35	28	23	21	18
	15,5	34	55,5	80	107,5	138	171,5	208	247,5	290
1,5	495	160	90	60	44	34	28	23	20	17
	16,5	36	58,5	84	112,5	144	178,5	216	256,5	300

spiegel an der Entnahmestelle. Das von der Fläche abfließende Wasser wird an einer tiefen Stelle, meist in denselben Wasserlauf, der es lieferte, zurückgeführt. Wichtig ist die Lage des Ober- und Unterwasserspiegels gegeneinander oder das disponible Gefälle, und deren resp. Lagen gegen die Oberfläche des Terrains. Ein möglichst hoher Stand des Oberwassers ist günstig, ebenso ein tiefer Stand des Unterwassers (*m. d. §*), doch mit der Einschränkung, daß es in der trockenen Jahreszeit nicht an ausreichenden Wassermengen zur Anfeuchtung fehlen darf; sonst hält man besser das Grundwasser bis zu einer gewissen Höhe zurück. Bei größeren Anlagen wird in der Regel der natürliche Wasserlauf oder ein regulierter Kanal in nach obigen Gesichtspunkten zu bemessenden Entfernungen mit Stauanlagen versehen, vom Oberwasser wird entnommen und nach der nächsten oder einer folgenden Haltung entwässert, und so ergibt sich als neuer Gesichtspunkt für die Disposition die Möglichkeit der häufigen Wiederbenutzung und Ausnutzung der meist knappen, disponiblen Wassermenge. Übliche Systeme der Bewässerung folgen.

*b. Anstauungsbewässerung.* Kann das Wasser nicht bis auf die Oberfläche gebracht werden, so entsumpft man die Wiese durch einen im stärksten Gefälle liegenden Hauptentwässerungsgraben, von dem sich kleinere Gräben abzweigen. Eine Schleuse im Entwässerungsgraben gestattet der Wiese die nötige Feuchtigkeit während der trockenen Jahreszeit zu erhalten. Das Grabennetz kann man auch benutzen, um durch dasselbe etwa vorhandenes an Nährstoffen reiches Wasser zu leiten, z. B. Kloakenwasser.

*c. Überstauung.* Bei einem Gefälle von  $\frac{1}{10}$  bis  $\frac{1}{15}$  ‰ kann man Abteilungen durch Dämme mit wagerechter Krone abgrenzen, in die das Wasser ein- und ausgeleitet werden kann.

*d. Überrieselung nach natürlichem System.* Hierbei wird die vorhandene Fläche, möglichst ohne Umbau, zur Berieselung eingerichtet. Ist ein Plan mit Höhenlinien vorhanden, so macht man das Projekt wie folgt. Man denkt oder zieht eine große Anzahl Falllinien (§ 18) und verbindet deren höchste Punkte. Diese Verbindungslinie liegt entweder in der Grenze des Grundstückes, oder sie bildet eine Wasserscheide (§ 19). Ihr folgen die Bewässerungsgräben. Ebenso verbindet man die tiefsten Punkte aller Falllinien und erhält dadurch in Talwegen (§ 19), oder Grenzen die Lage der Entwässerungsgräben. Da, wo das Gefälle

in der Fläche 2 ‰ erreicht, verteilt man das Wasser durch Rieselrinnen, die den Höhenlinien folgen und denen im stärksten Gefälle liegende Verteilgräben das Wasser zuführen. Bleibt das Flächengefälle unter 2 ‰, so sind Rücken anzulegen, auf deren Firstlinien die Bewässerungsrinnen bez. Gräben liegen, meist so, daß ihre Längenrichtung dem Flächengefälle folgt. Eine nach diesen Grundsätzen ausgeführte Anlage: Umwandlung eines Ackerstückes in eine Rieselwiese, zeigt Fig. 75 in 1 : 1000. Das Wasser ist dem bei *vz* am Grundstück vorbeifließendem Bache an einer höheren Stelle entnommen und tritt bei *a* in die Fläche. Die Bewässerungs-

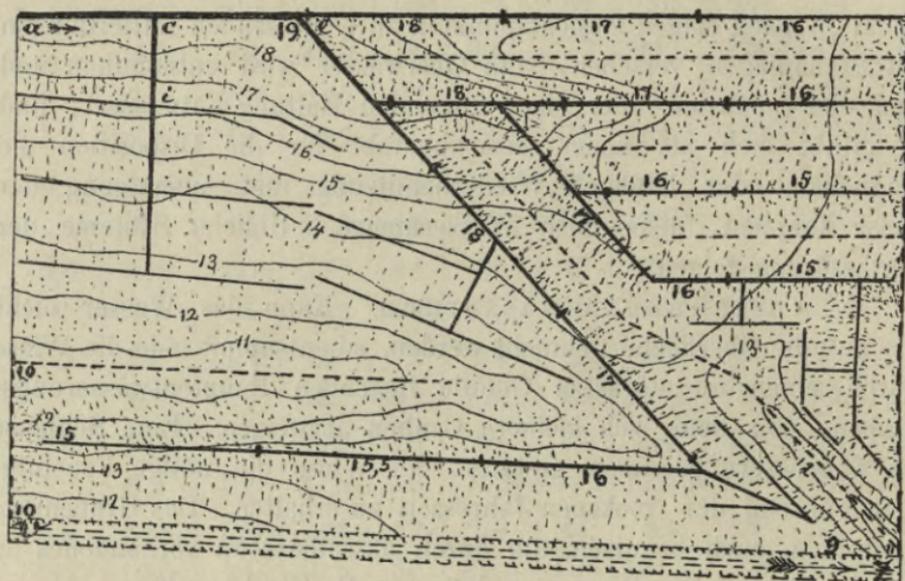


Fig. 75.

gräben sind durch starke Linien dargestellt, und die neben denselben stehenden Zahlen geben in dm die Höhe der höchsten Kanten (Überschlagskanten für das Wasser) derselben über dem Horizont. Man wird daraus ersehen, daß die Wassergräben in Haltungen von etwa durchschnittlich 25 m Länge abgeteilt sind, deren Abstürze an den Querstrichen liegen. Diese Führung in Etagen hat den Vorteil, daß man bei sorgfältiger Pflege das Wasser direkt aus den Hauptgräben, ohne nebenliegende Rieselrinne, überschlagen kann. Die in den natürlichen, oder den durch die Rücken künstlich gebildeten Talwegen resp. an den Grenzen liegenden Entwässerungsgräben sind punktiert, die Höhenlinien feiner ausgezogen und enthalten ihre Höhen in dm.

Bei *c* zweigt der erste Verteilgraben ab, der den Rieselrinnen, welche, der Regel für den natürlichen Hangbau entsprechend, den Höhenlinien folgen, frisches Wasser zuführt. Bei *e* beginnt der erste Wässergraben für den nur halb vorhandenen Etagenrücken usw.

Die hier in Anwendung gebrachten Etagenrücken gestatten eine beliebige Längenausdehnung. Um eine geneigte Form für dieselben zu finden, denke man sich einen Rücken mit 5 bis 15 m breiten Hangtafeln so ausgeführt, daß die Firstlinie ein dem mittleren Flächengefälle gleiches Gefälle hat, während die Seitenflächen mit 5 ‰ fallen. Auf der Firstlinie denke man sich nun einen Graben aufgesetzt, der in Etagen von 1 bis 2 dm abfällt. Von diesem vollständig gedachten Rücken wird indessen nur so viel ausgeführt, als die aus den flach (bis 3 fach) geböschten Entwässerungsgräben genommene Erde erlaubt. Dabei bleibt ein Teil der Fläche ganz unberührt und wird im Laufe der Jahre durch Stoff, den man aus den Gräben gewinnt, nach und nach angehört.

*e.* Künstliche Systeme nehmen wenig Rücksicht auf die natürliche Gestalt des Terrains, modeln dieselbe vielmehr um zu vollständig regelmäßig geformten, ebenen Hangtafeln oder ausgebildeten Rücken und im allgemeinen sich rechtwinkelig kreuzendem Grabensystem. Die Hänge sollen hierbei mindestens 4 ‰ Gefälle erhalten. Ist dies nicht möglich, so richtet man künstliche Rücken ein, die man so schmal macht, daß 5 ‰ Gefälle in den Seitenflächen vorhanden sind. Die meistens nur 6—9 m breiten, künstlichen Rücken erhalten in der Mitte meist nur eine Rieselrinne von ca. 12 cm Breite und Tiefe und sind im allgemeinen höchstens 25 m lang.

*f.* Systeme mit Drainerntwässerung. Um die störenden Gräben auf der Oberfläche zu vermeiden und das Wasser möglichst auszunutzen, macht man die Entwässerung auch unterirdisch durch Tonröhren. Die Hauptentwässerungsstränge werden auch hier auf dem kürzesten Wege zum Unterwasser geführt, liegen also gewöhnlich im Hauptgefälle der Fläche. Die Saugdrains (d. h. diejenigen, welche das Wasser zunächst aufnehmen) liegen bei Petersen's System nach den Horizontalen des Terrains, und befindet sich unterhalb ihrer Einmündung in den Hauptstrang ein Ventil, so daß man den Abfluß des Grundwassers hemmen, event. dasselbe durch ein Steigrohr bis zur Bodenoberfläche stauen kann. Andere legen die Saugdrains nach der Art der Rückengräben in das stärkste Gefälle, vereinigen das Wasser in ein annähernd nach

den Horizontalen liegendes Sammelrohr, das wieder durch Vermittlung eines verschließbaren Ventils in das Hauptentwässerungsrohr mündet. S. auch § 81.

*g.* Rieselrinnen zur Verteilung des Wassers über der Fläche werden durchschnittlich 12—15 cm breit und ebenso tief mit senkrechten Wänden ausgehoben, ihre Entfernung von einander beträgt bei schwachen Gefällen 5—10 m, bei starken bis 20 m, ihre Länge vom Punkte des Wassereintrittes 10—15 m. Auf Rücken, wo sie das Wasser nach beiden Seiten überschlagen, macht man sie oft länger und am Anfange auch bis 24 cm breit; doch erscheint es zweckmäßig, bei größerer Länge als ca. 25 m, das Gefälle des Wasserspiegels durch ein Staubrettchen zu unterbrechen. Zur Herstellung der kleinen Gräbchen inkl. Beiseitesetzen des Rasens gebraucht ein Arbeiter pro Meter Länge ca. 0,08 Stunden.

*h.* Verteilgräben im Gefälle der Fläche, die den tiefer liegenden Rieselrinnen beim Hangbau frisches Wasser zuführen, legt man ca. 20—30 m voneinander.

*i.* Hauptzuleitungsgräben werden auf den Wasserscheiden (bez. Grenzen) des Terrains so geführt, daß ihre Sohle wo möglich nicht eingeschnitten ist, damit man mit dem Wasser das Terrain beherrscht. Die Führung der nötigen Wassermenge ist daher mehr durch Breite als durch Tiefe zu erreichen.

*k.* Entwässerungsgräben sind dagegen einzuschneiden, und um Erde zu gewinnen, flach zu böschen.

*l.* Rasen sind nach der Schnur in genau quadratischen Tafeln von 25 bis 30 cm Seite abzuschälen. Das Einschneiden erfolgt am vorteilhaftesten mit dem Schneideisen. Ein Instrument, das wie ein Pflugmesser gestaltet, nach Art eines Spatens an einem Stiel befestigt ist, der von einem Arbeiter geführt wird, während zwei andere an einem Querholz ziehen, das durch eine Eisenstange mit dem oberen Teile des Messers verbunden ist.

Auch das Abheben läßt sich durch einen breiten flach aufliegenden Spaten, der in ähnlicher Weise von drei Personen gehandhabt wird, sehr beschleunigen. Zuweilen läßt sich der nur der Länge nach geschnittene Rasen aufrollen. Die Arbeiten sind so zu leiten, daß nur wenig Rasen in Haufen gesetzt, der meiste aber gleich dahin gebracht wird, wo er bleiben soll.

*m.* Grundwasserstand. Im allgemeinen ist die ganze Anlage so einzurichten, daß zur Vegetationszeit der Grundwasserstand

mindestens 0,3 m (bei Ackerland 1 m) unter der Oberfläche liegt, und wenn man die Oberfläche nicht anfeuchten kann, muß man suchen, durch Rückstau diesen Stand zu erhalten.

*n.* Erforderliche Wassermenge beim Überrieseln der Wiesen zur anfeuchtenden Bewässerung  $\frac{3}{4}$  l pro Sekunde und Hektar, für düngende Bewässerung 17 l genügend, 50 l ausgezeichnet gut. Der guten Verteilung wegen gebraucht man beim jedesmaligen Wässern einer Abteilung mindestens 12 l per Hektar.

*o.* Erdarbeiten sind selbstverständlich möglichst zu beschränken. Als besondere Regel gilt, daß der Auftrag im allgemeinen nützlich wird, der Abtrag dagegen keinen der Vegetation günstigen Boden hinterläßt, daher dieser möglichst zu beschränken. Fruchtbare Erde an der Oberfläche ist auch beim Umarbeiten für die Oberfläche zurückzuhalten.

*p.* Kosten des Wiesenbaues exkl. der Schleusen und Wehre. Nach Dünkelberg rechnet man pro Mann täglich bei Kunstbau unter sehr günstigen Verhältnissen 20 qm fertige Wiese pro Tag; ist Auf- und Abtrag auf kurze Entfernungen nötig, rechnet man 12,5 qm, bei größeren Erdarbeiten und einzelnen Rodungen 10 qm, bei sehr ungünstigen Verhältnissen, Rodungen, Ausfüllen von Bachbetten usw. 6,25 qm, dementsprechend die Gesamtkosten pro Hektar 625—2000 Mk. — Beim natürlichen Bau, wo hauptsächlich Grabenarbeit vorkommt, sind etwa 40—75 Mk. pro Hektar auszugeben, beim natürlichen Rückenbau 75—250 Mk., beim Etagenrückenbau bis 400 Mk.

*q.* Kosten des Wassers bei künstlicher Hebung. Bei sehr großen Anlagen mit Dampfkraft unter günstigen Verhältnissen pro Kubikmeter 1 m hoch  $\frac{1}{20}$  Pf., bei mittleren Anlagen  $\frac{1}{10}$  Pf., bei kleinen  $\frac{1}{5}$  bis  $\frac{1}{3}$  Pf.

*r.* Ertrag der Wiesen. Einschürige Wiesen geben etwa 2000 kg Heu pro Hektar, gut bewässerte 4000 kg Heu und 2000 kg Grumt pro Hektar, beste Rieselwiesen 8000 kg pro Hektar in zwei Schnitten.

*s.* Zur Ansaat gebraucht man 40 bis 100 kg Grassamenmenge pro Hektar.

#### § 81. Drainage von Feldern durch Tonröhren.

Als Grundlagen des Planes dienen: *a.* Bodenuntersuchungen durch Erdbohrer oder gegrabene Probelöcher, wobei auf den Stand des Grundwassers und hinsichtlich des Bodens, namentlich auf die

größere oder geringere Leichtigkeit, mit der das Wasser sich in demselben bewegen kann, zu achten ist. Je mehr feine und je weniger gröbere Teile der Boden enthält, um so mehr Schwierigkeiten stellen sich der Wasserbewegung im allgemeinen entgegen. Zuweilen kann man aus den verschiedenen Höhen des Grundwasserstandes in den Probelöchern einen Überblick über die Bewegung des Grundwassers und das Gefälle seines Spiegels wertvolle Anhaltspunkte gewinnen.

*b.* Höhen- und Horizontalmessungen, nach denen man einen Schichtenplan entwirft, wenn die Einfachheit der Verhältnisse sofortiges Ausstecken im Felde nicht erlaubt.

*c.* Die Menge des abzuführenden Wassers, das teils aus den auffallenden Niederschlägen stammt, teils unterirdisch zufließt. Erstere Menge ist aus der Regenhöhe zu berechnen. Gewöhnlich wird angenommen, das Netz der Drainröhren sei zweckentsprechend, wenn es die mittlere Regenmenge eines Monats in 14 Tagen abführen kann.

*d.* Allgemeine Disposition. Mit den Sammeldrains folgt man im allgemeinen den Talwegen (§ 19). Die denselben das Wasser zuführenden Saugdrains wird man bei geringen Gefällen in das stärkste Flächengefälle legen, dagegen bei starken geneigt gegen die Richtung des stärksten Gefalles, weil so der natürliche Wasserabfluß besser durchschnitten wird und man ohne Nachteile die Drains weiter von einander legen und dadurch die Kosten vermindern kann. Die demselben Sammler Wasser zuführenden Sauger legt man möglichst geradlinig parallel zu einander und gleich weit von einander entfernt. Damit die oben in die Röhren abgeschwemmten Bodenpartikeln nicht unten liegen bleiben und die Röhren verstopfen, soll man möglichst vermeiden, stärkere Röhrengefälle in schwächere übergehen zu lassen. Die Nähe von Bäumen und tief wurzelnden Pflanzen ist zu vermeiden, wegen des Eindringens der die Röhren verstopfenden Wurzeln. Ist dies nicht möglich, so legt man bis auf 20 m Entfernung von Bäumen glasierte mit Zement gedichtete Muffenrohre.

Das Gefälle ist wegen der Schwierigkeiten der Herstellung nicht unter 0,2 bis 0,25 auf 100 zu nehmen. Auch muß es so groß sein, daß zur Abführung der Bodenteile eine Geschwindigkeit von 0,16 bis 0,2 m erreicht wird, bei gefüllter Röhre, mithin sei bei Röhrendurchmessern von bez. 4, 5 und 8 cm das Gefälle mindestens 0,25, 0,20, 0,15 auf 100.

Die Tiefe der Röhren sei wegen des Einfrierens nicht unter 0,70 m, wegen der zweckmäßigen Senkung des Wasserspiegels bei Ackerland nicht unter 1 m. Wegen der sich weiter erstreckenden Wirkung und der größeren Sicherheit gegen das Einwachsen der Wurzeln nimmt man gewöhnlich die Tiefe zu 1,25 m.

Die Entfernung der Sauger betrage bei normaler Tiefe in Sandboden bis 30 m, in lehmigem Sandboden bis 24, in sandigem Lehmboden bis 20, in gewöhnlichem Lehmboden mit Steinen bis 16, in schwerem Lehmboden bis 14 und in schwerstem Tonboden 10 bis 12 m.

Der Durchmesser der Röhren ist nach den Erfahrungen der Königl. Generalkommission in Schlesien in ebenen Lagen mit geringen Niederschlagshöhen für eine sekundliche Abflußmenge von 0,65 Liter für das Hektar bei gefüllter Röhre zu berechnen und in gebirgigen Gegenden mit größeren Regenhöhen für eine sekundliche Abflußmenge von 0,81 l pro ha. Derselbe sei nicht kleiner als 4 cm und ist aus nachstehenden Tabellen 1 und 2 zu entnehmen. Die durch Striche bezeichneten Flächen ergeben zu kleine Geschwindigkeiten.

Die Geschwindigkeit des Wassers in m findet man ausreichend genau, indem man aus dem Produkt des Durchmessers der Röhre (m) mit ihrem relativen Gefälle die Wurzel zieht und das Erhaltene mit 20 multipliziert.

Kopfdrains legt man möglichst parallel der Grenze eines Grundstückes, dem vom benachbarten Gelände größere unter Druck stehende Wassermengen zufließen, um diese abzufangen.

Ausmündungen werden am besten aus gußeisernen Muffenröhren von 1 bis 1,25 m Länge gemacht und sollen wenigstens 20 cm frei aus der Böschung und möglichst hoch über dem Wasserspiegel des Vorflutgrabens liegen.

Preise der Röhren. Loco Fabrik kosten bei E. Brendgen in Horrem a. d. Rh. E. tausend Röhren von 314 mm Länge:

bei einer Weite von	26	33	38	52	65	78	105	132	157	mm
inkl. Ladegeld	14	18,5	22,5	36,5	42,5	54,5	72,5	108,5	159,5	Mark.

Preise der Gräben. Aus- und Zuwerfen bei schwerem kiesigen Boden, der größtenteils Hacken erfordert, pro Meter 0,5—0,7 Stunden, bei mittlerem Boden 0,4—0,6 Stunden, bei leichtem 0,35—0,45 Stunden.

Das Legen der Röhren ist am besten im Tagelohn auszuführen. Stündliche Leistung 15—25 m.

Tabelle 1

zur Bestimmung des Drainröhren-Durchmessers bei einer  
Abflußmenge von 0,65 Liter von 1 Hektar.

## Zu entwässernde Fläche

Gefälle auf 100 m gleich m	Durchmesser der Drainröhren								
	4 cm	5 cm	6,5 cm	8 cm	10 cm	13 cm	16 cm	18 cm	31 cm
	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
0,15	—	—	—	1,68	3,04	6,03	10,30	14,07	21,00
0,20	—	0,57	1,13	1,95	3,51	6,96	11,88	16,25	24,25
0,25	0,34	0,63	1,27	2,18	3,93	7,78	13,29	18,16	27,11
0,30	0,38	0,69	1,39	2,38	4,30	8,52	14,56	19,90	29,70
0,35	0,41	0,75	1,50	2,58	4,64	9,21	15,73	21,50	32,08
0,40	0,44	0,80	1,60	2,75	4,97	9,85	16,81	22,98	34,27
0,45	0,46	0,85	1,70	2,92	5,27	10,44	17,83	24,37	36,37
0,50	0,49	0,90	1,79	3,08	5,55	11,00	18,80	25,69	38,34
0,55	0,51	0,94	1,88	3,24	5,82	11,55	19,71	26,95	40,21
0,60	0,53	0,98	1,96	3,37	6,08	12,06	20,59	28,14	42,00
0,65	0,56	1,02	2,04	3,51	6,33	12,55	21,43	29,29	43,72
0,70	0,58	1,06	2,12	3,65	6,57	13,03	22,24	30,39	45,37
0,75	0,60	1,10	2,20	3,78	6,80	13,48	23,02	31,46	46,96
0,80	0,63	1,13	2,27	3,90	7,02	13,92	23,77	32,49	48,50
0,85	0,64	1,17	2,34	4,03	7,24	14,35	24,51	33,49	49,99
0,90	0,66	1,20	2,40	4,13	7,45	14,76	25,22	34,46	51,44
0,95	0,68	1,23	2,47	4,24	7,65	15,17	25,91	35,41	52,85
1,00	0,69	1,27	2,54	4,36	7,85	15,57	26,58	36,33	54,22
1,50	0,85	1,55	3,11	5,33	9,62	19,07	32,56	44,50	66,43
2,00	0,98	1,80	3,59	6,16	11,10	22,02	37,59	51,38	76,67
3,00	1,20	2,20	4,39	7,55	13,60	26,96	46,04	62,92	93,92
4,00	1,38	2,54	5,07	8,71	15,70	31,13	53,17	72,65	108,45
5,00	1,54	2,84	5,67	9,73	17,55	34,81	59,44	81,23	121,25
6,00	1,69	3,11	6,21	10,66	19,23	38,14	65,13	89,00	132,85
7,00	1,82	3,36	6,71	11,51	20,77	41,19	70,34	96,12	143,48
8,00	1,95	3,59	7,18	12,31	22,20	44,04	75,18	102,75	153,35
9,00	2,07	3,81	7,61	13,07	23,56	46,70	79,75	108,98	162,67
10,00	2,19	4,02	8,02	13,76	24,82	49,23	84,06	114,87	171,46

Tabelle 2

zur Bestimmung des Drainröhren-Durchmessers bei einer  
Abflußmenge von 0,8 Liter von 1 Hektar.

## Zu entwässernde Fläche

Gefälle auf 100 m gleich m	Durchmesser der Drainröhren						
	4 cm	5 cm	6,5 cm	8 cm	10 cm	13 cm	16 cm
	ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
0,1	—	—	—	1,12	2,02	4,00	6,83
0,2	0,25	0,46	0,92	1,58	2,85	5,65	9,66
0,25	0,28	0,52	1,03	1,76	3,19	6,33	10,80
0,30	0,31	0,56	1,12	1,93	3,49	6,92	11,82
0,40	0,35	0,65	1,31	2,23	4,04	7,99	13,65
0,50	0,39	0,73	1,46	2,50	4,51	8,94	15,27
0,75	0,48	0,90	1,79	3,06	5,52	10,95	18,71
1,00	0,56	1,03	2,06	3,54	6,38	12,65	21,60
1,50	0,68	1,27	2,52	4,33	7,81	15,50	26,46
2,00	0,79	1,46	2,91	5,00	9,02	17,88	30,54
3,00	0,96	1,79	3,58	6,11	11,05	21,91	37,41
4,00	1,12	2,06	4,12	7,07	12,76	25,30	43,20
5,00	1,25	2,30	4,60	7,91	14,27	28,29	48,30
6,00	1,36	2,53	5,04	8,66	15,63	30,98	52,90
7,00	1,47	2,74	5,45	9,37	16,88	33,47	57,15
8,00	1,58	2,92	5,82	10,00	18,04	35,77	61,08
9,00	1,68	3,09	6,18	10,60	19,14	37,94	64,80
10,00	1,77	3,26	6,52	11,19	20,18	40,00	68,30
11,00	1,86	3,43	6,83	11,74	21,16	41,96	71,65
12,00	1,93	3,58	7,15	12,27	22,10	43,82	74,82
13,00	2,01	3,72	7,43	12,77	23,00	45,62	77,89
14,00	2,09	3,87	7,71	13,23	23,87	47,34	80,83
15,00	2,15	4,00	7,99	13,69	24,71	49,00	83,66
16,00	2,24	4,13	8,24	14,15	25,52	50,59	86,39
17,00	2,31	4,26	8,50	14,58	26,30	52,16	89,06
18,00	2,38	4,38	8,75	15,02	27,07	53,67	91,65
19,00	2,43	4,49	8,98	15,44	27,80	55,14	94,17
20,00	2,50	4,60	9,20	15,82	28,54	56,58	96,60

Bedarf an Röhren inkl. Bruch pro Meter 3,6 Stück à 314 mm Länge.

Gesamtkosten der Drainage sehr verschieden, Mittelzahlen 150 bis 300 Mark pro Hektar.

§ 82. Technische Vorarbeiten bei Landesmeliorationen in Preußen (Auszug aus der Verfügung des Ministeriums für Landwirtschaft vom 15. August 1872):

Allgemeine Vorarbeiten: Es ist ein Übersichts-Situationsplan aus Karten im Maßstab von 1:10 000 bis 1:100 000 zusammenzustellen und in denselben das Projekt karminrot anzudeuten. Beizulegen ist ein Erläuterungsbericht, welcher eine kurze Beschreibung des Meliorationsgebietes, aller kulturschädlichen Vorkommnisse, die Grundzüge der geplanten Melioration mit Rücksicht auf Kosten und Vorteile der Anlage, die Menge und die Beschaffenheit des Wassers, nebst generellem Kostenüberschlag enthält.

Die speziellen Vorarbeiten umfassen die Herstellung einer Spezialkarte, wozu gewöhnlich eine Katasterkarte oder dergl. benutzt werden kann, ferner genauer Nivellementspläne, von Übersichtskarten, eines Übersichts-nivellements und des eigentlichen Meliorationsplans nebst Beibericht, welcher Erläuterungen, Berechnungen, Bauzeichnungen und Kostenanschlag zu enthalten hat.

Wird für die Spezialkarte ein besonderer Maßstab gefordert, so ist gewöhnlich der Maßstab von 1:5000 zu wählen; der astronomische Meridian ist auf derselben anzugeben; einzelne Sektionen sollen womöglich nicht länger als 2 m und nicht höher als 1 m sein; die Anschlüsse sind auf 5 cm Breite in bloßen Linien anzugeben. Die Eintragung bestehender Gegenstände soll schwarz, diejenige bestehender Wasserzüge, die in bordvoller Höhe gezeichnet werden, hellblau, aller neuen Anlagen karminrot geschehen; die Farben sind matt zu halten. Die Endpunkte gemessener Hauptlinien sind mit schwarzen Ringen zu bezeichnen, gemessene und nivellierte Linien schwarz (fein) auszuziehen und von 1000 zu 1000 m Länge durch Ringe zu stationieren. Die Stationierung ist so zu machen, daß die Nummer jeder Station mit 100 multipliziert den Abstand der Station vom Anfangspunkt in Meter gibt. Die Umfangslinie der Meliorationsbeteiligung ist mit einem grünen Strich zu bezeichnen. Die Inundationsgrenze in den Teilen, wo sie von der Grenze der Beteiligung abweicht, ist blau zu punktieren.

Nivellements sind doppelt auszuführen und bei den Längen im Maßstab 1:5000, bei den Höhen im Maßstab 1:200 aufzutragen. Abweichungen im Maßstab sind da zulässig, wo sich das Nivellement an eine vorhandene Spezialkarte anschließt, deren Maßstab alsdann zu wählen ist; ferner bei Zügen von mindestens 15 km Länge, da hierbei der Maßstab 1:10 000 übersichtlicher ist; endlich bei Flächennivellements, bei welchen die Ordinaten in der Spezialkarte eingeschrieben und nur von solchen Linien Profile hergestellt werden, die augenscheinlich für Hauptteile von Anlagen zu benutzen sind. Als Höhenmaßstab kann in ebener Gegend 1:100 angewendet werden. Der Längenmaßstab ist horizontal, der Höhenmaßstab vertikal auf der Karte anzubringen.

Der Normalhorizont ist womöglich durch N. N. zu legen. Der Anschluß des Nivellements an einen nahen in seiner Höhenlage bekannten Punkt geschieht

durch ein besonderes Nivellement, dessen Kosten separiert zu verrechnen sind. Über 22,5 km sollten solche Verbindungsnivellements in der Regel nicht ausgedehnt werden. Wo der Anschluß an N. N. nicht zu erreichen, ist ein Fixpunkt zu wählen, der allemal unter der Erdoberfläche zu liegen hat. Ergeben sich zu lange Ordinaten, so kann der Normalhorizont in Abteilungen von 10 m erhöht werden; die Ordinatenlängen sind aber nach dem unveränderten Normalhorizont einzuschreiben.

Die Nivellementstabellen werden nach nachstehendem Formulare eingerichtet; an jedem Ende des Nivellements ist das Zusammenstimmen derselben nachzuweisen. Jedes Nivellement, ob dasselbe ein Längen- oder ein Querprofil betrifft, bildet in der Tabelle einen besonderen Abschnitt.

von	bis	I. Nivellement				II. Nivellement				Mittleres Gefälle		Ordinate über dem Horizont	Zielhöhe				Ordin. über dem Horiz.				Bemerkungen
		Länge	Zielhöhe rückwärts	Gefälle vorwärts	Gefälle steigt fällt	Zielhöhe rückwärts	Gefälle vorwärts	Gefälle steigt fällt	steigt fällt	steigt fällt	Rechtes Ufer		Wasserspiegel	Sohle	Dämme	Rechtes Ufer	Wasserspiegel	Sohle	Dämme		
Stat.	Stat.	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m

Für alle bestehenden Gewässer, deren beide Ufer nivelliert werden, soll die Haupt-Nivellementslinie am linken Ufer laufen und das rechte Ufer punktiert dargestellt werden; bei Durchstich- und Deichprojekten folgt der Nivellementszug möglichst der Durchstichs- beziehungsweise der Deichlinie. Das Nivellement muß an natürliche und zugleich an möglichst viele Fixpunkte (gewöhnlich alle 1000 m einmal) angebunden und die Höhenlage aller wichtigeren Punkte der Gegend darin angegeben werden. — Die Terrainbeschaffenheit ist mit einem hellen, schmalen Farbenstrich zu charakterisieren. Der bestehende Zustand ist schwarz, das Wasser nebst den zugehörigen Zahlen blau, das Projekt rot, die Aufträge sind hellrot, die Abträge hellgrau anzugeben.

Die Zahlen der Terrainordinaten sind links, die des Projekts rechts von den Ordinaten einzuschreiben. Die Zahlen des Terrains, der Sohle, der Deichkrone, des Wasserspiegels stehen, jede Art für sich, auf einer besonderen Höhe oder Linie, darunter, parallel mit dem Horizont, die Feldmark- etc. Namen.

Vor Beginn des Nivellements für einen Wasserlauf mit erheblich wechselndem Spiegel sind in den Hauptstationen — etwa von 1000 zu 1000 m — sowie oberhalb und unterhalb fester Brücken und Wehre oder an sonst wichtigen Zwischenpunkten Interimspiegel zu setzen, deren Höhenlage nebst dem Wasserstande zur Zeit der Aufstellung später in die Nivellementstabelle einzutragen ist. — Zur Ermittlung eines normierten Wasserstandes sind sämtliche Interimspiegel beim Beharrungszustand gleichzeitig zu beobachten und dient der so ermittelte Wasserstand als Basis für die Berechnung der Ordinaten des Wasserspiegels.

Zwischenpunkte zwischen den Stationspunkten sind durch Einschreiben ihres Abstandes vom vorhergehenden Stationspunkt fest zu legen. Die Ordinaten von

1000 zu 1000 m werden mit stärkerer Schrift als die übrigen eingeschrieben. Korrespondierende Situations- oder Nivellementspläne sind womöglich auf ein und demselben Blatt übereinander zu stellen.

Die Übersichtskarte soll in der Regel den Maßstab 1 : 10 000 erhalten. Gewöhnlich genügt schon eine Kopie der Originalaufnahmen des Generalstabs im Maßstab 1 : 25 000. Bei ausgedehnten Meliorationen dient die Übersichtskarte als Projektionskarte für die Hauptanlagen. Wenn die Größe der Übersichtskarte das früher angegebene Maß überschreitet, ist eine Zerlegung in Sektionen vorzunehmen und außerdem eine kleinere Übersichtskarte in ein Blatt im Maßstab 1 : 50 000 zu fertigen, auf welcher womöglich zugleich auch das Übersichts-nivellement darzustellen ist.

Bei solchen Meliorationen, bei welchen es auf die Bestimmung der Menge des abzuführenden Wassers ankommt, ist eine aus den Landkarten zusammenzustellende Karte beizugeben, die das Wasser-Sammel- oder Abdachungsgebiet enthält. Dieselbe soll von den höchsten Quellenlagen bis zur nächsten unterhalb liegenden Flußmündung reichen und die bekannten Höhenangaben über Meeresspiegel, über die Wasserbauwerke und die ungefähre Flächenangabe des Abdachungsgebietes enthalten.

Das Übersichts-nivellement erhält in der Regel den Längenmaßstab von 1 : 50 000 und den für die Nivellementspläne vorgeschriebenen Höhenmaßstab. Die Ordinaten der Hauptstationen, welche in Entfernungen von je 5000 m anzunehmen sind, werden stärker ausgezogen als die übrigen.

Meliorationsplan. Der Kostenanschlag zerfällt gewöhnlich in folgende Titel: I. Grunderwerb und Nutzungsentschädigung; II. Erd- und Rodungsarbeiten; III. Befestigung der Ufer, Böschungen und Sohlen; IV. Wasserbauwerke, Schleusen, Siele, Wehre, Brücken, Fähren usw.; V. Gebäude und deren Translokation; VI. Grenz- und Nummersteine, Festpunkte, Markpfähle, Sohlschweller usw.; VII. Geräte, Maschinen, Instrumente; VIII. Bauleitung, Katastrierung und Verwaltung; IX. Insgemein. — Wo mehrere Bauwerke von ähnlicher Einrichtung usw. vorkommen, ist nur eines speziell zu veranschlagen und sind die Kosten der übrigen schätzungsweise zu ermitteln. Bei größeren Meliorationen können die Vorarbeiten selten so speziell gemacht werden, daß die Akkordierung der Erdarbeiten unmittelbar hierauf gegründet werden könnte. Die speziellen Arbeiten sind während und vor der Bauausführung im Anschluß an die Spezialkarten usw. noch besonders anzufertigen.

Bezahlung der Vorarbeiten. a) Kopieren der Karten: Wenn bei den im § 43 des Feldmesserreglements vom 2. März 1871 bestimmten Sätzen bei Kopien nach demselben Maßstab: für 0,1 qm der wirklich bezeichneten, beschriebenen und mit Farben angelegten Fläche beim Maßstab von 1 : 2500 der Lohn von 3 Mark 25 Pf., bei 1 : 3000: 3 Mark 50 Pf., 1 : 4000: 4 Mark 25 Pf., 1 : 5000: 5 Mark 25 Pf. für die Arbeitsleistung nicht zu erreichen ist, so können je nach den vorhandenen Schwierigkeiten des Zusammentragens mehrerer Karten zu einer, der Eintrag der Bauwerke usw., diese Sätze bis 50 % erhöht werden.

b) Bei Verkleinerung oder Vergrößerung von Karten können die Sätze des Feldmesserreglements unter Umständen um 100 % erhöht werden, oder es müssen solche Karten nach Diätensätzen angefertigt werden.

c) Für Nivellements sind in der Regel bei Stationen von je 50 m Länge (selbstverständlich mit zugehörigen Zwischenstationen) folgende Sätze für je 100 m Länge zu vereinbaren:

- |  |              |
|--|--------------|
| 1. Wenn nur eine Linie inkl. Fixpunkte und Wasserspiegel nivelliert wird . . . . .   | — Mk. 80 Pf. |
| 2. Wenn außer derselben noch ein Graben oder Bach mit seiner Sohle nivelliert wird . . . . .   | 1 „ 10 „     |
| 3. Wenn beide Ufer in derselben Art mit dem dazwischen liegenden Graben oder Bache nivelliert werden . . .   | 1 „ 30 „     |
| 4. Wenn ein Ufer nebst einem breiten Fluß oder Strom ebenso nivelliert werden . . . . .  | 1 „ 40 „     |
| 5. Wenn beide Ufer nebst einem kleinen Fluß inkl. Fixpunkt und Wasserspiegel nivelliert werden . . . . .   | 1 „ 65 „     |
| 6. Soll außerdem noch die Krone eines daneben liegenden Deiches nivelliert werden, dafür besonders . . . . .   | — „ 20 „     |
| 7. In sehr gebirgigem, waldigem oder sumpfigem Boden kann nach Maßgabe der Schwierigkeiten zu vorstehenden Sätzen noch eine Zulage hinzukommen von . . . . . | — „ 40 „     |

d) Bei Stationierungen über 50 m Länge sind die Sätze um 20  $\%$ , bei einem bloßen Anschlußnivellement um 40  $\%$  zu ermäßigen.

e) Auslagen für Hilfsarbeiter auf dem Felde, Botengänge, Peilungen, Zeichenpapier, Meßpfähle etc. werden nach §§ 52 und 54 des Feldmesserreglements liquidiert und vergütet.

Für die vorstehende Bezahlung sind die Nivellementsprofile nebst Tabellen und Beschreibung in einem Exemplar zu liefern, die Nivellementslinien in die Situationskarten einzutragen oder durch eine Skizze derselben zu ersetzen, so wie die gewöhnlichen Grabenprofile und Bauwerke neben den Nivellementslinien aufzunehmen und aufzutragen.

In besonders schwierigen Fällen kann die Anfertigung des Nivellements großer Flußprofile und der Kartenkopien von den leitenden Behörden nach zuvor festgesetzten Diäten genehmigt werden.

Die vorstehenden Vorschriften können bei den großen Verschiedenheiten der betreffenden Verhältnisse nicht als bindende Regel gelten, vielmehr nur als Leitfaden für die Behörden und Beamten, und bleibt ein Abweichen aus sachlichen Gründen gestattet, das aber dann in dem Erläuterungsbericht zu motivieren ist.

Bei kleinen Anlagen innerhalb einer Feldflur genügt eine Kopie der vorhandenen Flur- oder Katasterkarte. Bestehende Gewässer sind darin blau, projektierte Ableitungsgräben violett einzutragen.

### § 83. Wegebau:

a. Die Zugkraft eines Pferdes kann beim Ziehen von Lasten und 8 Stunden täglicher Arbeitszeit auf horizontalen Straßen bei einer Geschwindigkeit von 4 km p. Stunde und einem Gewicht des Pferdes von beziehlich 300; 500; 700 kg zu 45; 67; 89 kg angenommen werden. Auf geneigter Bahn vermindert sich die Zugkraft um  $\frac{1}{2} G \cdot s$ , wenn  $G$  das Gewicht des Pferdes und  $s$  die

Steigung in m pro 1 m bedeutet. Für kurze Zeit läßt sich die Zugkraft auf das Doppelte bis  $2\frac{1}{2}$  fache steigern. Werden mehrere Pferde zusammengespant, ist die Zugkraft pro Pferd geringer anzunehmen, beim Zweispänner um 2 0/0, beim Dreispänner um  $12\frac{1}{2}$ , beim Vierspänner um 20 0/0, beim Achtpänner um 50 0/0.

b. Die Geschwindigkeit der Pferde im Schritt variiert von 0,6 bis 2 m, im Mittel = 1 m.

c. Die gesamte Last, welche auf einer horizontalen Straße gezogen werden kann, wird gefunden, indem man die Zugkraft mit einer gewissen Zahl multipliziert. Diese Zahl beträgt für Wege aus losem Sand 5 bis 9, bei schlechtem Erdweg 8 bis 15, bei trockenem festen Wege 17 bis 28, bei frischen Steinbahnen 7, bei kotigen Steinbahnen 25, bei trockenen guten Chausseen 33, bei Pflaster 25 bis 75, bei Eisenbahnen 250 bis 280. Um auf geneigter Bahn die Gesamtlast zu finden, teilt man die nach  $\alpha$  berechnete Zugkraft auf geneigter Bahn durch die Summe der reziproken Werte vorstehender Zahlen ( $\frac{1}{5}$ ,  $\frac{1}{9}$  usw.) und der Steigung in Meter pro Meter Länge der Bahn.

d. Die Nutzlast wird erhalten, indem man von der Gesamtlast das Gewicht des Wagens subtrahiert. Letzteres beträgt rund etwa  $\frac{1}{5}$  der Gesamtlast auf horizontaler Straße.

e. Bestimmung der Steigung. Ist die Straße vorzugsweise horizontal, so berechnet man die Nutzlast nach den horizontalen Strecken und macht die Steigungen so gering, daß auf diesen die Pferde nicht mehr als doppelt so stark angestrengt werden. Die Rechnung ergibt als zulässige Steigung bei Erdstraßen 5 0/0, bei Chausseen 3 0/0, bei Pflasterstraßen 2 0/0. Bei Straßen im Hügel- und Gebirgslande kann man als Maximum der Steigung festhalten für Hauptstraßen 5 bis 7 0/0, für Nebenstraßen 7 0/0, Waldwege mit Taltransport 10 0/0.

f. Breite. Nach Umpfenbach Minimum: Pfad für 2 Fußgänger 0,9 m, Steinbahn für 2 Wagen 3,6 m, Raum für Material 0,9 m, Summa 5,4 m. Maximum: Fußweg für 3 Personen 1,8 m, 2 Reiter 1,8 m, Sommerweg für 2 Wagen 4,8 m, Steinbahn für 2 Lastwagen zum bequemen Ausweichen 6 m und zur Ablagerung von Steinschlag 1,2 m, Summa 15,6 m. Dimensionen der Staatsstraßen in Preußen s. i. d. §. Feld- und Waldwege erhalten 3 bis 3,5 m, resp. 4,6 bis 5,2 m Breite. Sind sie unter 4,6 m breit, so sind voneinander sichtbare Ausweichstellen in Entfernungen von

150 bis 200 m anzulegen, deren Breite 5,2 m bei 10 m Länge betrage.

*g.* Krümmungsradien der Straße hängen von den Fuhrwerken ab. Mittelzahlen für die geringsten Krümmungsradien 50 bis 30 m bei Staatsstraßen, 15 m für Hauptverbindungsstraßen, 10 m für Vizinalstraßen, 5 m für Seitenwege.

*h.* Tracieren der Straßen. Zunächst hat man nach dem Zwecke der Straße, nach dem zu erwartenden Verkehr, den disponiblen Mitteln und sonstigen örtlichen Verhältnissen ein allgemeines Programm für den Bau der Straße aufzustellen. Hierdurch lassen sich Orte auffinden, welche die Straße notwendig passieren muß. Ferner ist die höchstens zulässige Steigung zu ermitteln, die Breite der Straße festzusetzen, danach ein normales Querprofil und die kleinsten zulässigen Krümmungsradien. Vermittelst einer Übersichtskarte, oder wenn es daran fehlt, durch Orientierung im Terrain, sind dann brauchbare Linien, welche die festgelegten Punkte verbinden und den sonstigen Bedingungen entsprechen, aufzusuchen und miteinander zu vergleichen. Dabei wird im allgemeinen die Straße als Hochstraße sich auf der Wasserscheide halten oder als Talstraße den Wasserläufen folgen oder als Steige den Übergang vom Tal zur Wasserscheide bilden. Im allgemeinen wird man unter den möglichen Linien sofort eine engere Auswahl treffen und dieselben durch generelle Kostenanschläge miteinander vergleichen. Zu solchen sind Pläne mit Schichtenlinien außerordentlich wertvoll. Fehlen diese, wird eine Absteckung im Terrain notwendig. Unter sonst gleichen Verhältnissen wird man einer trockenen, sonnigen, luftigen Lage den Vorzug geben. Zur weiteren Orientierung diene:

*i.* Auszug aus der Instruktion vom 7. Mai 1871 zur Aufstellung der Projekte für den Bau von Kunststraßen in Preußen.

Zum Projekt gehören:

Eine Übersichtskarte im Maßstab 1 : 20 000 bis 1 : 200 000. Spezielle Situationspläne 1 : 5000 oder wenn dieselben gleichzeitig als Expropriationskarten dienen sollen, im Maßstab der Katasterkarten. Bei schwierigen Stellen, Brücken usw. 1 : 1000 oder, wenn Pläne vorhanden, auch 1 : 625 und 1 : 1250. Die Situation hat einen Streifen von 100 m nach jeder Seite der Straße zu umfassen.

Alles Bestehende ist schwarz, alles Projektirte ist zinnoberrot einzutragen, auch in der Schrift. — Alte Wege sind blaßbraun, die neue Straße, wenn sie

in ihrer vollen Breite eingetragen ist, blaßrot anzulegen. In der Regel genügt die Darstellung der Mittellinie, die in Stationen von 100 m mit Zwischenpunkten von 50 m Entfernung einzuteilen ist. Von links nach rechts werden die Stationen mit Null anfangend numeriert, jede zehnte Station wird durch Beifügung einer ebenso beginnenden, fortlaufenden römischen Zahl als Hauptstation bezeichnet.

Längenprofil. Als Längenmaßstab dient der des Situationsplanes, Höhenmaßstab 25 mal größer, Stationierung von links nach rechts, Terrainlinie schwarz, Straßenplanum zinnoberrot, Normalhorizont ca. 10 m unter tiefstem Punkt der Situation, möglichst an bekannte Festpunkte anschließend. Unter der Normalhorizontalen sind mit Farbe und Schrift die Beschaffenheit des Bodens und die Gefällverhältnisse mit roter Schrift anzugeben. Bei allen berührten Gewässern sind Sohle sowie niedrigster und höchster Wasserstand einzutragen, ebenso Tiefe der Moore, Brücken, Durchlässe, Sockel und Türschwellehöhen von Gebäuden u. dergl. Abträge sind schwärzlich, Aufträge rot anzulegen. — Die absoluten Höhen von Ab- resp. Auftrag sind mit schwarzen resp. roten Ziffern bis auf zwei Dezimalen einzutragen.

Querprofile sind im Maßstabe 1 : 200 an allen Stellen, wo das Terrain wechselt und wo es sonst nötig erscheint, zu zeichnen und senkrecht zur Mittellinie zu nehmen. Über ihrer Mitte ist die betreffende Stationsnummer schwarz anzugeben. Die Zeichnungen geschehen gewöhnlich auf gehefteten Papierbogen.

Normalprofile, welche die Konstruktion der Steinbahn usw. angeben, werden im Maßstab 1 : 100 gezeichnet.

Lage der Straße, so daß die Krone mindestens 0,6 m über dem Hochwasser liegt. Breite variiert nach der Frequenz, in der Regel nicht über 12 m, nicht unter 9 m. An Krümmungen mit 75 m und weniger Radius erfolgt eine entsprechende Erbreiterung. Böschungen in Sandboden 2fach, sonst  $1\frac{1}{2}$  fach. Abtragsböschungen nach Maßgabe des Bodens etwas steiler zu halten. Bei anhaltenden Steigungen über 4 ‰ von über 30 m Gesamthöhe ist für jede folgenden 30 m Höhe die Steigung um  $\frac{1}{2}$  ‰ zu vermindern, bis sie 4 ‰ erreicht hat. Ruheplätze von 30 m Länge und höchstens 1 ‰ Steigung sind bei Steigungen über 4 ‰ in Entfernungen von 600—900 m anzulegen. Maximalsteigungen: im Gebirgslande 5 ‰, im Hügellande 4 ‰, im Flachlande 2,5 ‰.

k. Kosten der Chausseen von 10 m Breite, 5 m Steinbahn und Sommerweg bei gewöhnlicher Boden- und Terrainbeschaffenheit pro Kilometer 10 000—15 000 Mark, in tiefem Moor- oder Marschboden 20 000—40 000 Mark, im Gebirgsland 15 000 bis 30 000 Mark. Jährliche Unterhaltungskosten 250—2000 Mark.

l. Kostenberechnung der Erdarbeiten. Siehe § 61.

§ 84. Graphische Methoden. Von Friederichsen ist, Berlin 1891, erschienen: „Tabellen zur Berechnung der Flächeninhalte, der Terrainbreiten und der Böschungsbreiten der Querprofile bei Wege- und Grabenbauten.“ Während dieses Werk eine große Erleichterung für die betreffenden Zahlenrechnungen bietet, meint A. Goering: „Massenermittlung, Massenverteilung und Transport-

kosten der Erdarbeiten, 2. Auflage, Berlin 1890,“ daß man statt der Zahlenrechnungen überhaupt mehr graphische Methoden einführen solle und gibt in der genannten Schrift für langgestreckte Bauten eine Anleitung dazu, deren Grundgedanken wir in etwas abgeänderter Weise vorführen wollen.

Es sei Fig. 76 a b der Anfang des Längenprofils einer zu bauenden Straße oder Eisenbahn, dessen Maßstab für die Längen unten und für die Höhen seitlich bei a angegeben ist. Wir wollen zuerst annehmen, das Gelände habe kein in Betracht kommendes Quergefälle. Ist dann b die Breite des auf der Strecke aufzuschüttenden Dammes, h seine Höhe und die Böschung  $1\frac{1}{2}$  fach, so ist der Flächeninhalt des Querprofils

$$F = h (b + 1,5 h)$$

Für h beziehlich gleich 1, 2, 3, 4, . . . m ist der Inhalt F gleich 7,5; 18,0; 31,5; 48,0;

. . . qm. Nun trägt man an den durch c gehenden Höhenmaßstab in zu demselben senkrechter Richtung die Werte der errechneten Profile nach einem angenommenen Maßstabe auf, und verbindet ihre Endpunkte durch eine stetige Kurve.

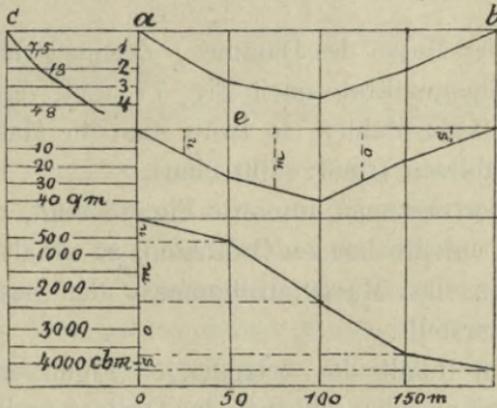


Fig. 76.

Fig. 77.

Fig. 78.

Jetzt kann man für jede aus dem Längenprofil Fig. 76 zu entnehmende Höhe mit Hilfe dieser Kurve den Inhalt des zugehörigen Profils als Länge abgreifen. Man beginne mit der Höhe an Stat. 50 (Fig. 76), nehme dieselbe in den Zirkel und setze die eine Spitze in c und die andere auf den durch c gehenden Höhenmaßstab. Nun drehe man den Zirkel um die zweite Spitze, bis die Verbindungslinie der Spitzen in der zur vorigen senkrechten Richtung liegt und öffne bis zur Kurve. Dann faßt der Zirkel eine Länge, die dem Inhalt des Dammprofils bei Stat. 50 entspricht. Diese Länge trage man Fig. 77 von e aus als Ordinate nach unten ab. In derselben Weise verfähre man für die Stationen 100, 150, 200 usw. Die erhaltenen Punkte werden verbunden und bilden das „Flächenprofil“, d. i. eine von einer gebrochenen Linie begrenzte Figur, deren Ordinaten nach dem links

beigefügten Maßstab gemessen gleich sind den Inhalten der entsprechenden Dammprofile.

Wenn man sich nun vorstellt, wie der Inhalt der geschlossenen Figur des Flächenprofils berechnet wird (§ 32) aus dem Mittel je zweier aufeinander folgenden Ordinaten mal ihrer Entfernung, so wird man leicht erkennen, daß der Inhalt der Erdmasse des Dammes genau ebenso (§ 33) aus seinen Profilen berechnet wird, welche den Ordinaten entsprechen. Mithin enthält der Inhalt des Flächenprofils ebenso viele qm, als die entsprechende Dammasse cbm.

Um diese zu finden, nehme man die genannten Mittel  $n$ ,  $m$ ,  $o$ ,  $s$  . . . usw. nacheinander in den Zirkel und trage sie Fig. 78 auf der durch  $a$  gehenden Linie untereinander auf (oder bilde ihre Summe). Offenbar ist

$$50 n + 50 m + 50 o + 50 s = 50 (n + m + o + s)$$

gleich der Masse des Dammes. Zeichnet man also auch für Fig. 78 den Höhenmaßstab nach Fig. 77 und versieht ihn mit den beigeschriebenen Zahlen, so kann man die Masse des Dammes an demselben ablesen (rund 4200 cbm).

Überträgt man nun, wie Fig. 78 zeigt, die Längen  $n$ ,  $m$ ,  $o$ ,  $s$  . . . auf die entsprechenden Ordinaten, so erhält man durch Verbindung derselben das Massennivellement, das nach § 58 die Transportgröße darstellt.

Den Inhalt der betreffenden Figur erhält man genau ebenso durch graphische Addition der Ordinatenmittel, wie aus Fig. 77 die Masse gefunden wurde.

Vorstehend wurde eine aufzutragende Masse behandelt. In derselben Weise wird man aber auch für die jetzt etwa folgende, aus einem Einschnitte herrührende Erde, Inhalt und Transportgröße ermitteln. Man zeichnet sich ein Einschnittsprofil, berechnet wie oben für runde Einschnittstiefen die Profillinhalte und benutzt dieselben zur Herstellung eines Profilmaßstabes, trägt mit Hilfe desselben die Inhalte der Profile in das Flächenprofil, diesmal natürlich nach oben hin. Vom unteren Endpunkte der letzten Ordinate in Fig. 78 setzt man die dem Flächenprofil entnommenen, die Massen darstellenden, Ordinaten nach oben hin aufeinander usw. Sollte die Annahme, daß die Querneigung des Bodens gleich Null anzunehmen sei, nicht zutreffen, so sind für die verschiedenen vorkommenden Querneigungen besondere Profilmaßstäbe anzulegen.

Hinsichtlich zweckmäßiger Einrichtung derselben usw. müssen wir auf das angezogene Schriftchen verweisen. Zur schnellen Auftragung wird man kreuzweise liniertes Papier (z. B. Millimeterpapier) benutzen. Das ganze Verfahren erscheint namentlich bei generellen Vorarbeiten zur Vergleichung verschiedener Linien, um die beste zu finden, als ein besonders schnell zum Ziele führendes.

§ 85. Anhang. Wertschätzung ländlicher Wegenetze. Wenn man ein Wegenetz beurteilen will, wird man zunächst nach den Zwecken desselben fragen, um demnächst zu untersuchen, ob dieselben in vorteilhaftester Weise erreicht werden. Das Wegenetz einer ländlichen Gemarkung erscheint uns als eine Einrichtung, um:

1. den Transport von Lasten von und nach dem Grundstücke zu erleichtern;
2. alle Arbeitsgänge und die Zeit zum Transport der Ackergeräte möglichst abzukürzen;
3. sonstigen Verkehr in geeigneter Weise zu vermitteln.

Unter diesen drei Gesichtspunkten betrachtet, werden wir mehrere miteinander in Konkurrenz tretende Entwürfe oder Ausführungen am leichtesten für die Interessenten vergleichbar machen, wenn wir ihnen vorrechnen, mit welchen Kosten in Geld ausgedrückt die Zwecke, für die das Wegenetz angelegt wird, erfüllbar werden. Dasjenige Wegenetz, welches die geringsten jährlichen Kosten ergibt, ist für die Interessenten das beste. Es wären also die Eigenschaften des Wegenetzes rücksichtlich der vorstehenden drei Gesichtspunkte in Geld auszudrücken. Bei näherer Betrachtung erhellt indessen, daß der dritte Punkt nur bei ganz speziell gegebenen Verhältnissen eine annähernde Schätzung in Geld zuläßt, daher ist derselbe von einer allgemeinen Betrachtung auszuschließen. Dies zugestanden erhellt weiter, daß den Interessenten Kosten erwachsen:

1. durch die notwendigen Fahrten von vollständig beladenen Wagen für Dünger, Ernte u. dergl. Um einen kurzen Ausdruck gebrauchen zu können, werde dieser Teil der Gesamtkosten in Geld ausgedrückt mit Pos. 1, Lasttransportkosten, bezeichnet;
2. durch Zeitverluste, hervorgerufen durch Arbeitsgänge nach den Grundstücken und Hinschaffen von Geräten zur Bewirtschaftung. Die Kosten mögen kurz als Pos. 2, Kosten für Gänge, zusammengefaßt werden;

3. durch Verzinsung von Kapital, das für die Anlage der Wege aufzuwenden ist. Diese Ausgaben mögen kurz Bauzinsen, Pos. 3, genannt werden;

4. dadurch, daß die Wege zur Instandhaltung einer gewissen jährlichen Summe als Pos. 4, Unterhaltungskosten, bedürfen.

Wir schreiten nun zur Berechnung der einzelnen Positionen.

### Pos. 1. Lasttransportkosten.

Im Hinblick auf die Interessenten läßt sich sagen, daß das Geld für Lasttransportkosten von ihnen ausgegeben wird:

a. Als stehendes Kapital, insofern sie gezwungen sind, Zugtiere anzukaufen, Wagen anzuschaffen, Gebäude zu errichten u. s. f.

b. als fortlaufende Ausgaben für Futter, Löhne, Reparaturen, Ersatz für Verbrauchtes usw.

Im Hinblick auf die Eigenschaften der benutzten Wege läßt sich aussprechen, daß die vorstehenden Ausgaben abhängig sein werden:

a. Von der Länge des Weges. Es ist leicht zu übersehen, daß bei sonst gleicher Beschaffenheit die Zeit, welche der Transport einer gegebenen Last beansprucht, um so größer sein wird, je länger der Weg ist; überhaupt, daß die Lasttransportkosten unter sonst gleichen Verhältnissen proportional sind der Länge des betreffenden Weges.

b. Von der Nutzlast. Unter Nutzlast verstehen wir denjenigen Teil eines zu fahrenden Quantums, der auf einmal auf den Wagen geladen werden kann; also bei einer einmaligen Hin- und Rückfahrt fortgeschafft werden darf, ohne bei dem Zustande und den Steigungen des Weges die Zugtiere in der üblichen Anspannung mehr in Anspruch zu nehmen, als ihrer täglichen Arbeitsfähigkeit entspricht. Die Nutzlast kann bei vorhandenen Wegen und Wagen durch Versuche ermittelt werden, resp. ist sie den Landleuten aus Erfahrung bekannt. Bei nur projektierten Wegen wäre die Nutzlast nach Anleitung von § 73 zu berechnen. Eine einfache Überlegung zeigt, daß der Zeitaufwand und die Kosten abnehmen, wenn die Nutzlast größer wird, oder: Alles übrige gleich vorausgesetzt, sind die Lasttransportkosten der Nutzlast umgekehrt proportional.

c. Von dem gesamten Quantum, das zu trans-

portieren ist. Es versteht sich wohl von selbst, daß die Transportkosten dem Gewichte des genannten Quantums unter übrigens gleichen Umständen proportional sind.

Um nun eine einfache Formel für die Berechnung zu gewinnen, werde zunächst die im allgemeinen zutreffende Annahme gemacht, man könne durch Erkundigungen in der betreffenden Gemarkung erfahren, wieviel man bezahlt, um ein größeres Lastquantum mit der üblichen Bespannung auf einem gegebenen Wege abzufahren, und gleichzeitig die Nutzlast oder die Größe einer Wagenladung ermitteln. Beispielsweise mögen  $Q$  Ztr. Last,  $K$  Kilometer weit zu fahren,  $M$  Mark kosten und  $N$  Ztr. Nutzlast bei einer Fahrt geladen werden können. Dann kostet auf dem betreffenden Wege offenbar 1 Ztr. zu fahren

$$\frac{M}{Q} \text{ Mark,}$$

und wenn man 1 Ztr. auf einem entsprechenden Wege nur 1 km weit zu fahren hat, kostet 1 Ztr. 1 km weit

$$\frac{M}{Q \cdot K} \text{ Mark.}$$

Hat man indessen einen anderen Weg, auf dem die Nutzlast nur 1 Ztr. statt  $N$  Ztr. beträgt, so kostet auf diesem durch die zulässige Nutzlast von 1 Ztr. charakterisierten Wege 1 Ztr. 1 km weit zu fahren  $N$  mal so viel, also

$$\frac{M \cdot N}{Q \cdot K} \text{ Mark.}$$

Bezeichnet man den ausgerechneten Zahlenwert dieses Ausdrucks mit  $m$

$$m = \frac{M \cdot N}{Q \cdot K},$$

so ist damit die gewünschte Einheitszahl für weitere Rechnungen gefunden.

Sollen z. B. für einen Weg von der Länge  $l$  Kilometer, der eine Nutzlast von  $n$  Ztr. erlaubt, die Kosten berechnet werden, welche der Transport von  $q$  Ztr. verursacht, so schließt man einfach, wie folgt. Für eine Weglänge von 1 Kilometer, eine zu transportierende Last von 1 Ztr. und einer ebensogroßen Nutzlast betragen die Kosten  $m$  Mark. Ist nun die Weglänge nicht 1, sondern  $l$ , so werden die Kosten  $m l$ , ist dabei auch die Last nicht 1 Ztr.,

sondern  $q$  Ztr., so werden die Kosten  $mlq$ , ist endlich die Nutzlast nicht 1, sondern  $n$  Ztr., so werden die Kosten

$$m \cdot \frac{lq}{n} \text{ Mark.}$$

Wenden wir nun in Gedanken diese Formel an auf einen ganz speziellen Weg, der vom Wirtschaftshofe eines Interessenten nach einem Grundstücke führt, dessen Größe  $h$  Hektar beträgt, so ist klar, daß die Länge  $l$  des Weges in der Flur oder auf der Karte gemessen werden kann, ferner ist die Nutzlast  $n$  nach Erfahrungen oder durch Rechnung zu bestimmen, indessen fehlen Angaben über die Ermittlung der zu transportierenden Last  $q$ . Diese Last  $q$  besteht wesentlich aus dem Dünger, den das Grundstück empfängt, und der abzufahrenden Ernte. Unter sonst gleichen Verhältnissen ist also die jährliche Gesamtlast  $q$  der Größe des Grundstückes proportional. Man würde also  $q$  aus der Größe  $h$  des Grundstückes berechnen können, wenn man ermittelt hätte, wie viel Dünger und Ernte jährlich pro Hektar zu fahren sind. Beträgt beispielsweise das, was an Dünger und Ernte durchschnittlich pro Hektar zu bewegen ist,  $c$  Ztr., so ist

$$q = h \cdot c.$$

Die hier gebrauchte Einheitszahl  $c$  wird offenbar nicht für alle Grundstücke einer Gemarkung denselben Wert haben, sondern wesentlich abhängig sein von der Art der Bewirtschaftung. Es wären also verschiedene Klassen von Grundstücken zu unterscheiden, z. B. Feld, Garten, Wiese u. s. f., und für jede der betreffenden Klassen die entsprechende Einheitszahl zu ermitteln. Um die dahin zielenden Rechnungen anzudeuten, mögen folgende zwei Methoden zur Bestimmung der Zahlenwerte von  $c$  erwähnt werden:

1. Ermittelt man für eine gleichartige Klasse von Grundstücken, die als gewöhnliches Feld beispielsweise bezeichnet werden können, die Fruchtfolge, deren Turnus in  $n$  Jahren beendet sein möge. Gebraucht nun das Feld im ersten Jahre an Dünger  $d_1$  Ztr., im zweiten Jahre  $d_2$  Ztr. u. s. f., im  $n$ ten  $d_n$  Ztr., so ist die Gesamtmenge  $D$  der Düngierzufuhr in  $n$  Jahren

$$D = d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n \text{ Ztr.}$$

Ebenso erhält man aus der durchschnittlich während der  $n$  Jahre jährlich abzufahrenden Ernte von  $e_1, e_2, \dots, e_n$  Ztr., die Gesamternte  $E$  in  $n$  Jahren

$$E = e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_n \text{ Ztr.}$$

Insgesamt sind also in  $n$  Jahren zu fahren

$$D + E \text{ Ztr.}$$

also pro Jahr durchschnittlich

$$\frac{D + E}{n} \text{ Ztr.}$$

Ist in Hektar ausgedrückt die Größe des gewöhnlichen Feldes, worauf sich die Zahlen beziehen,  $h$ , so ist die gesuchte Einheitszahl der Last pro Jahr und Hektar

$$c = \frac{D + E}{n \cdot h}.$$

2. Kann man bei den Interessenten erfragen, wieviel Dünger sie in einem bestimmten Jahre ihren Grundstücken zuführen und wie sie denselben auf die verschiedenartig bewirtschafteten Grundstücke verteilen und in ähnlicher Weise das Quantum Ernte ermitteln, das sie zurück erhalten. Die betreffenden Zahlen als gegeben vorausgesetzt, ist die Einheitszahl  $c$  in einfacher Weise zu berechnen.

Fassen wir die zur Ermittlung der reinen Transportkosten nötigen Grundlagen übersichtlich zusammen, um ein Schema für die Rechnung aufzustellen, so sind folgende Größen durch Zahlen auszudrücken:

1. Für jeden Interessenten die Länge aller Wege, die er nach seinen Grundstücken zurückzulegen hat. Dieselben mögen mit  $l_1, l_2, l_3 \dots l_n$  Kilometer bezeichnet werden.

2. Die Beträge einer Wagenladung  $n_1, n_2, n_3 \dots n_n$  Ztr. oder die Nutzlast für jeden der unter 1. genannten Wege.

3. Die Kosten von  $m$  Mark, welche in der betreffenden Gegend durchschnittlich aufgewendet werden müssen, um 1 Ztr. auf einem Wege, der nur die Nutzlast 1 Ztr. zuläßt, ein Kilometer weit zu transportieren.

4. Die Größe der durch die unter 1. aufgeführten Wege zu erreichenden Grundstücke in Hektar =  $h_1 h_2 h_3 h_4 \dots$  wobei gleichzeitig die Art der Bewirtschaftung durch eine Klassenzahl angegeben werden kann, soweit dieselbe den Wert der folgenden Zahlen beeinflusst.

5. Die Werte  $c_1, c_2, c_3$  u. s. f., welche in Zentnern ausdrücken, wieviel Dünger und Ernte jährlich pro Hektar, je nach der Klasse 1, 2, 3 u. s. f., der die Grundstücke zuzurechnen sind, gefahren wird.

Bringen wir vorstehend ermittelte Werte in eine tabellarische Übersicht, so erhalten wir folgendes Schema:

Tabelle 1  
für die Berechnung der Lasttransportkosten.

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Lau- fende Nr.	Besitzer	Inhalt der Grund- stücke Hektar	Klasse der Grund- stücke	Last pro Jahr und Hektar ztr.	Weg- länge in km	Nutzlast in ztr.	Lasttransport- kosten Mark
1	A.	$h_1$	1	$c_1$	$l_1$	$n_1$	$m c_1 \frac{h_1 l_1}{n_1}$
		$h_2$	1	$c_1$	$l_2$	$n_2$	$m c_1 \frac{h_2 l_2}{n_2}$
		$h_3$	2	$c_2$	$l_3$	$n_3$	$m c_2 \frac{h_3 l_3}{n_3}$
2	B.	.	.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.	.

Summa:  $T$  Mark.

Die Summe aller in der letzten Spalte der Tabelle enthaltenen Zahlenwerte ergibt die Gesamt-Lasttransportkosten =  $T$  Mark für die Interessenten, somit den gesuchten Geldwert der ersten Position.

Aus der vorstehenden Tabelle sind mit Leichtigkeit noch andere Ergebnisse zu entnehmen. So ist beispielsweise durch Summation der sich auf jeden bestimmten Interessenten beziehenden Werte von Kolonne 8 der Anteil, mit dem jeder Einzelne an den Lasttransporten beteiligt ist, zu bestimmen.

Durch Summation aller Weglängen (Kolonne 6) und durch Teilung der Summe durch die Anzahl der Summanden findet man die mittlere Entfernung eines Grundstückes vom Wirtschaftshofe des Besitzers. Kolonne 3, in ähnlicher Weise behandelt, ergibt die mittlere Größe der zusammenliegenden Grundstücke u. dergl. m.

## Pos. 2. Kosten für Gänge.

Beschränken wir unsere Aufmerksamkeit zunächst auf solche Wege, bei denen wesentlich ermüdende Steigungen und andere Hindernisse der freien Bewegung nicht vorkommen, so ist ersichtlich, daß der Zeitverlust, den Menschen und Zugtiere zum Passieren derselben aufwenden müssen, mithin auch die in Geld geschätzten Kosten dieser Gänge unter sonst gleichen Umständen proportional sind der Länge der Wege. Ferner ist anzunehmen, daß gleichartig bewirtschaftete Grundstücke, die gleichweit von den Wohnungen der Besitzer entfernt sind, um so mehr Gänge notwendig machen werden, je größer die Grundstücke sind; mithin wären, alles andere gleich gedacht, die Kosten für Gänge proportional dem Flächeninhalte der betreffenden Grundstücke. Um also für die Rechnung brauchbare Einheitszahlen aufzustellen, wird es nötig, die in Betracht kommenden Grundstücke je nach Art ihrer Bewirtschaftung in Klassen abzuteilen, eine aus Pos. 1 zu entnehmende Einteilung. Ferner wäre in ähnlicher Weise, wie in Pos. 1 die Berechnung der Zahlen  $c_1, c_2, c_3$  usw. für die angenommenen Klassen durchgeführt wurde, hier zu ermitteln, wieviel die Arbeitsgänge pro Jahr in jeder Bewirtschaftungsklasse durchschnittlich kosten, wenn das in Betracht gezogene Grundstück ein Hektar groß ist und ein Kilometer Weglänge vom Wirtschaftshofe entfernt liegt. Bezeichnen wir die den Klassen 1, 2, 3 u. s. f. angehörenden Zahlenwerte dieser pro Hektar und Kilometer geltenden Zahlen mit  $g_1, g_2, g_3$  u. s. f. Mark, so ist es leicht, beispielsweise für ein Grundstück der Klasse 2 von  $h_1$  Hektar, in  $l_1$  Kilometer Entfernung vom Hofe gelegen, die Kosten für Gänge zu ermitteln. Es betragen nämlich die betreffenden Kosten für ein Grundstück der Klasse 2 von 1 Hektar, in 1 Kilometer Entfernung gelegen  $g_2$  Mark. Ist also die Größe nicht 1 Hektar, sondern  $h_1$  Hektar, so sind die Kosten

$$h_1 g_2 \text{ Mark.}$$

Ist dies Grundstück nicht um 1 Kilometer, sondern um  $l_1$  Kilometer Weglänge entfernt, so sind die Kosten

$$l_1 h_1 g_2 \text{ Mark.}$$

Für die Berechnung der Kosten für Gänge sind also außer den Zahlenwerten  $g_1, g_2, g_3$  usw. alle Zahlen aus Pos. 1 zu

entnehmen, so daß das Schema für die Rechnung in tabellarischer Form folgende Gestalt annimmt:

Tabelle 2  
zur Berechnung der Kosten für Gänge.

Laufende Nr.	Besitzer	Klasse der Grundstücke	Größe der Grundstücke Hektar	Weglänge in Kilometer	Kosten für Gänge Mark
1	A.	1	$h_1$	$l_1$	$g_1 h_1 l_1$
		1	$h_2$	$l_2$	$g_1 h_2 l_2$
		2	$h_3$	$l_3$	$g_2 h_3 l_3$
		.	.	.	.
2	B.	.	.	.	.
		.	.	.	.
		.	.	.	.
		.	.	.	.
		.	.	.	.

Summa:  $G$  Mark.

Die Summe  $G$  der Zahlen in der letzten Kolonne dieser Tabelle gibt die Gesamtkosten der Interessenten für Gänge.

Dabei ist allerdings die im allgemeinen zutreffende Voraussetzung gemacht, daß die vorhandenen Wege nicht durch ihre schlechte Beschaffenheit oder durch übermäßige Steigungen ungewöhnliche Hindernisse bieten. Sollten indessen derartige Wege vorkommen, so sind zu den in gewöhnlicher Weise berechneten Kosten Zuschläge zu machen, die dem Zeitaufwande entsprechen, welche die schlechten Wege mehr verursachen als gewöhnliche Wege gleicher Länge. Diese Zuschläge können etwa in Prozenten der Kosten für gute Wege nach Maßstab der Verhältnisse ausgedrückt und in einer besonderen Kolonne berechnet werden. Ihre Summe ist dann der in früherer Weise berechneten Gesamtkosten-summe für Gänge hinzuzufügen. Übrigens liefert die Schluß-tabelle von Pos. 1 in der Kolonne für die Nutzlast der Wege den geeigneten Maßstab zur Beurteilung der Güte der letzteren.

### Pos. 3. Bauzinsen.

Da hier selbstverständlich keine Abhandlung über Veranschlagung von Wegebauten geliefert werden soll, so muß hinsichtlich der Berechnung des Anlagekapitals für Einrichtung der Wege auf

Spezialwerke verwiesen werden. Ist das Anlagekapital ermittelt, so bedarf die Berechnung der Zinsen keiner Erläuterung.

#### Pos. 4. Unterhaltungskosten pro Jahr.

Für diese Pos. ist eine ähnliche Bemerkung zu machen, wie für Pos. 3. Indessen wäre es vielleicht nicht überflüssig hinzuzufügen, daß die Unterhaltungskosten unter übrigens gleichen Verhältnissen wesentlich bedingt werden durch die Anzahl der Ztr. Last, welche pro Jahr über den Weg gefahren werden, und durch die Länge desselben. Wenn es also nur auf eine summarische Berechnung ankommt, so könnte man verfahren, wie folgt. Es ist ermittelt, daß die jährliche Unterhaltung eines Weges von mittlerer Beschaffenheit, auf dem pro Jahr  $C$  Ztr. gefahren werden und dessen Länge  $L$  Kilometer beträgt,  $M$  Mark kostet. Dann kostet die Unterhaltung eines Weges von 1 Kilometer Länge bei  $C$  Ztr.

$$\frac{M}{L} \text{ Mark}$$

und die Unterhaltung eines Weges, auf dem nur 1 Ztr. jährlich gefahren wird

$$\frac{M}{CL} \text{ Mark.}$$

Bezeichnet man den Zahlenwert dieses Ausdrucks mit  $u$ , so ergibt sich folgendes Schema:

Tabelle 3  
zur Berechnung der Unterhaltungskosten.

Laufende Nr.	Besitzer	Länge der Wege nach Tab. 1 Kilometer	Jährlich abzufahrende Last nach Tab. 1 Zentner	Unterhaltungskosten Mark
1	A.	$l_1$	$h_1 c_1$	$u l_1 h_1 c_1$
		$l_2$	$h_2 c_2$	$u l_2 h_2 c_2$
		$l_3$	$h_3 c_3$	$u l_3 h_3 c_3$
2	B.	.	.	.
		.	.	.
		.	.	.
		.	.	.
Summa: $U$ .				

Die Summe  $U$  der Zahlenwerte in der letzten Kolonne ergibt die jährlichen Gesamtkosten für Unterhaltung des Wegenetzes.

Rekapitulation. Nach Berechnung der einzelnen Positionen:  $T$  Lasttransportkosten,  $G$  Kosten für Gänge,  $Z$  Bauzinsen,  $U$  Unterhaltungskosten ergeben sich die Kosten  $J$  der Interessenten zur Erreichung der durch Anlage der Wege beabsichtigten Zwecke

$$J = T + G + Z + U.$$

Ferner wäre vielleicht noch zu bemerken, daß es oft wesentlich ist, zu wissen, wieviel Kapital man allenfalls ohne Nachteil aufwenden darf, um ein projektiertes Wegenetz auszuführen. Bezeichnet man die Werte, welche den einzelnen Buchstaben vorstehender Gleichung entsprechen, für den besonderen Fall eines bestehenden Wegenetzes mit den Indices 1, so daß

$$J_1 = T_1 + G_1 + Z_1 + U_1$$

die bestehenden Verhältnisse ausdrückt und

$$J_2 = T_2 + G_2 + Z_2 + U_2$$

die nach Ausführung des Projekts erhaltenen Verhältnisse, so folgt aus der Bedingung, daß die von den Interessenten für Benutzung des Wegenetzes zu tragenden jährlichen Kosten gleich sein sollen

$$J_1 = J_2$$

oder, wenn man dafür die rechten Seiten obiger Gleichungen nimmt,

$$T_1 + G_1 + Z_1 + U_1 = T_2 + G_2 + Z_2 + U_2$$

Mithin

$$Z_2 = (T_1 + G_1 + Z_1 + U_1) - (T_2 + G_2 + U_2).$$

Soll also das neue Wegenetz nur ebenso gut sein, als das frühere, so darf das aufzuwendende Kapital nur jährlich  $Z_2$  Mark an Zinsen beanspruchen. Bei 4 % Verzinsung hätte man also das gesuchte Kapitel  $K$

$$K = 25 Z_2.$$

Schließlich möge noch darauf hingewiesen werden, daß die bei der Berechnung der Lasttransportkosten (inkl. Nutzlast) in Betracht zu ziehende Wegelänge im allgemeinen nicht bis zur Grenze, sondern bis zum Schwerpunkte des Grundstückes zu rechnen sein dürfte, insofern nämlich das Grundstück selbst als Weg benutzt wird.



8-96



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

II

L. inw.

5234

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



10000294740