

Bei Granit, Gneis, Syenit, Porphyr und Melaphyr sind dagegen zu rechnen 4 Pfund Pulver (oder $\frac{3}{4}$ Pfund Sprengöl) und 8 Ellen Zündschnur, zusammen im Werthe von 16 bis 17 Sgr. Endlich treten bei schweren Gebirgsarten noch hinzu die Kosten für Stahl und für die Zerkleinerung der abgeschossenen Massen, um solche ladefertig zu machen, mit zusammen 4 und 6 Sgr.

Für diejenigen Erdmassen, welche, um feste Lagen zu bilden, gestampft werden müssen, ist pro Schachtruthe $\frac{1}{6}$ Tagewerksatz in Rechnung zu stellen. Gewöhnlich rechnet man dafür auf die Schachtruthe einen Zusatz von 2 bis 3 Sgr.

22. Der Transport des gelösten Bodens.

Die Beförderung des gelösten Bodens vom Gewinnungs- nach dem Verwendungsorte bildet bei Ausführung der Erdarbeiten in der Regel den wichtigsten Theil derselben. Da sowohl die Arbeitszeit als die Höhe der Baukosten wesentlich von der richtigen Anordnung dieser Transporte abhängig sind, so sollen in diesem Abschnitte die Bedingungen zweckmäßiger Transporteinrichtungen, Hilfsmittel und Leistungen vom Standpunkte der Ausführung zur speciellen Erörterung kommen. Hier, wo es zunächst nur auf eine richtige Veranschlagung der Kosten ankommt, wird die Darlegung der allgemeinen Verhältnisse ausreichen, um die erforderlichen Arbeitskräfte für Massenbewegungen zu ermitteln und aus denselben, unter Hinzufügung der besonderen Kosten für Geräthschaften und andere Hilfsmittel, die dem Anschlage zum Grunde zu legenden Einheitspreise festzustellen.

Im vorigen Kapitel ist bereits nachgewiesen, in welcher Art diejenigen Erschwerungen des Transports, welche aus der Hebung der Lasten entspringen, bei Aufstellung der Bodentransporttabelle auf Mehrlängen der Beförderung reducirt werden können, weshalb zur Vereinfachung der folgenden Ermittlungen angenommen wird, daß die Transporte auf horizontalen oder wenig abfallenden Wegen erfolgen.

Die Bodentransporte werden bewerkstelligt entweder:

- a) mit Schiebekarren,
- b) mit Handkippkarren,
- c) mit Pferdekippkarren,
- d) auf Bahnwagen und provisorischen Eisenbahnen durch Pferde- oder Lokomotivkraft.

Die Anwendung des einen oder anderen Transportmittels bestimmt sich theils nach den Entfernungen, theils nach den auf demselben Wege zu befördernden Bodenmassen. Für kurze Transporte und geringe Massen wird man sich immer der einfachsten und wohlfeilsten Transportmittel bedienen und nur zu den zusammengesetzteren übergehen, wenn sich ihre höheren Anlagekosten auf große Massen oder Entfernungen so vertheilen, daß sie sich durch ihre größere Leistung nicht allein bezahlt machen, sondern Vortheile gewähren.

a) Schiebekarrentransport.

Gute Schiebekarren können

mit 2 bis $2\frac{1}{4}$ Kubikfuß festen Boden
oder 1,8 Kubikfuß Steinen, beides in gewachsenem Zustande beladen werden. Es kommen daher vom erstgedachten Material 66 bis 72, von letzterem 80 Karren auf eine Schachtruthe.

Bei einiger Anstrengung und Uebung kann ein tüchtiger Arbeiter während 10 wirklicher Arbeitsstunden einen Weg von 4 Meilen, die Hälfte mit beladener,

die andere Hälfte mit leerer Karre zurücklegen. Sicherer ist es aber, nur einen Weg von $3\frac{1}{2}$ Meilen dafür in Rechnung zu stellen, so daß der Nutzweg sich auf $1\frac{3}{4}$ Meilen oder 3500 Ruthen stellt.

Für den Aufenthalt beim Ausstürzen und den Wechsel der Hin- und Rückfahrt muß durchschnittlich ein Zeitraum von 2 Minuten für jede Fahrt zugegeben werden. Da nun auf eine Minute 5,83 Ruthen Nutzweg kommen, so sind für diesen Aufenthalt 11,66 Ruthen bei jeder Fahrt in Abzug zu bringen, wofür, der leichteren Rechnung wegen, 12 genommen werden können.

Wenn daher n die veränderliche Transportlänge und x die Zahl der täglichen Fahrten für dieselbe bezeichnet, so ist

$$x \cdot n + x \cdot 12 = 3500 \text{ und}$$

$$\text{daraus } x = \frac{3500}{n + 12}$$

Beträgt z. B. die Transportweite 30 Ruthen, so kann der Weg täglich 83 mal zurückgelegt werden, bei 60 Ruthen Entfernung aber 48 mal.

Werden wieder, wie bei Aufstellung der Preistabelle für die Lösungsarbeiten, verschiedene Tagelohnsätze zum Grunde gelegt, so kann für jeden derselben eine solche für die Transportkosten berechnet werden.

Die Kosten für die Unterhaltung der Geräthschaften und Vorrichtungen zu den Erdtransporten mit Schiebekarren stehen mit den Leistungen, wenn die Arbeiten von einigem Belange sind, in geradem Verhältniß. Nach häufig gemachten Erfahrungen betragen die Kosten für Anschaffung der Transportgeräte, nach Abzug ihres Werthes bei Vollendung der Arbeit, nahezu 5 pCt. und die der Unterhaltung gleichfalls 5 pCt. des Arbeitslohnes. Es ist daher für Vor- und Unterhaltung der Geräte ein Zusatz von 10 pCt. des ermittelten Transportpreises in Rechnung zu stellen.

Unter Zugrundelegung der vorstehenden Ermittlungen ist in der folgenden Transporttabelle bei Schiebekarrenförderung die Annahme des Tagewerksatzes von 15 Sgr. zu Grunde gelegt; es muß dieselbe mithin bei einem hiervon abweichenden Satz besonders aufgestellt werden.

b) Handkippkarrentransport.

Man bedient sich der zweirädrigen Kippkarren jetzt, wo der Gebrauch von Hilfsbahnen sich mehr eingebürgert hat, in der Regel nur bei Entfernungen von 40 bis 150 Ruthen. Bei noch längeren Transporten bedeutender Bodenmassen werden schon mit Vortheil Pferde angewendet.

Die Kippkarren, welche sich beim Gebrauche für den Kraftaufwand zweier Arbeiter am meisten bewährt haben, fassen bei 14 bis 16 Kubikfuß Raum-Inhalt 11 Kubikfuß Erde, also 13 pro Schachtruthe Abtrag,

oder 9 - Steine im gewachsenen Zustande, d. i. 16 pro Schachtruthe gewachsener Steinmasse.

Der Weg, welchen die Arbeiter täglich zurücklegen, kann wegen der leichteren Bewegung dieser Karren mit hohen Rädern zu 4 Meilen den Tag von 10 wirklichen Arbeitsstunden sehr wohl angenommen werden, d. h. 2 Nutz-Meilen mit beladener und 2 Meilen mit den leeren Karren zurück. Die Geschwindigkeit beträgt daher $6\frac{2}{3}$ Nutz-Ruthen in der Minute. Der Zeitverlust für das Abstürzen, Wenden und Abfahren, welcher für jede Fahrt derselbe ist, beträgt durchschnittlich 9 Minuten und ist daher einem Wege von $\frac{70}{2}$ Ruthen gleich zu achten, welche jeder Nutztransportreise zugezählt werden muß.

Die Zahl der täglichen Fahrten ist daher in 10 Arbeitsstunden, wenn die Transportweite n Ruthen beträgt
$$= \frac{4000}{n + 35}$$

Beträgt z. B. die Transportweite 120 Ruthen, so können täglich 26 Nutzfahrten gemacht werden, was etwa einer Leistung von $1\frac{5}{6}$ bis 2 Schachtruthen entspricht. Die schon kostspieligere Beschaffung der zu dieser Transportart erforderlichen Karren und Fahrbahnen steigert die Kosten ihrer Vorhaltung bis auf 10 pCt. des Arbeitspreises, wogegen erfahrungsmässig die Unterhaltung mit 5 pCt. desselben bestritten werden kann.

Unter Annahme eines Satzes von 15 Sgr. für ein Tagewerk von 10 wirklichen Tagestunden und einem Zusatz von 15 pCt. für die Vor- und Unterhaltung der Geräthe und Fahrbahnen, ergibt sich folgende Preistabelle I. für den Kippkarrentransport.

I. Allgemeine Preistabelle

für Massentransport mit Menschenkraft (Hand- und Kippkarren), incl. Vor- und Unterhaltung aller Transportgeräte und Fahrbahnen, incl. Zusatz für Risiko und Unternehmernutzen, Kosten der Bahnpolizei und Krankenkasse.

Für Erdmaterial.						Für Steinmaterial.						Bemerkung.
Trans- port- weite in Ruthen	Preis pro Schacht- ruthe		Trans- port- weite in Ruthen	Preis pro Schacht- ruthe		Trans- port- weite in Ruthen	Preis pro Schacht- ruthe		Trans- port- weite in Ruthen	Preis pro Schacht- ruthe		
	Sgr.	Pf.		Sgr.	Pf.		Sgr.	Pf.		Sgr.	Pf.	
5	4	—	60	14	—	5	5	—	60	17	6	Bei Boden mit viel Wasser, z. B. Schwimm- letten etc. 12 bis 15 pCt, mehr.
10	5	—	70	15	—	10	6	3	70	18	9	
15	6	—	80	16	—	15	7	6	80	20	—	
20	7	—	90	17	—	20	8	9	90	21	3	
25	8	—	100	18	—	25	10	—	100	22	6	
30	9	—	110	19	—	30	11	3	110	23	9	
35	10	—	120	19	9	35	12	6	120	24	9	
40	11	—	130	20	6	40	13	9	130	25	9	
45	12	—	140	21	3	45	15	—	140	26	9	
50	13	—	150	22	—	50	16	3	150	27	6	

Diese Tabelle ist in der einfachsten Form das Ergebnifs 16jähriger eigener Erfahrungen, welche der Bearbeiter der zweiten Auflage dieses Werkes sowohl als leitender Ingenieur gröfserer Eisenbahnabtheilungen, wie auch namentlich als selbstständiger Einzel- und General-Unternehmer gemacht hat.

Mit diesen Preisen kommt man in allen Theilen Deutschlands und den benachbarten Ländern völlig aus, kann aber beim Regiebau sie sehr wohl in dem Sinne ermässigen, dafs man die Skale für Erdtransporte von 70 Ruthen ab nur um $\frac{3}{4}$ Silbergroschen, anstatt um ganze Groschen, wachsen läfst.

c) Pferdekarrentransport.

Zur besseren Ausnutzung der Pferdekraft, ohne eine den Arbeitsbetrieb störende Vergröfserung der Transportkarren, hat es sich als am vortheilhaftesten erwiesen, wenn jeder Pferdetransport aus zwei zusammengekuppelten zweirädrigen Karren

zusammengesetzt wird, welche sowohl beim Be- als Entladen von einander getrennt werden.

Die angemessenste Gröfse der Pferdekarren ist 4 Fuſs lang, in medio 2½ Fuſs breit und 2 Fuſs hoch, ſie halten dann 18 Cubikfuſs loſe Maſſe, welche 14 bis 16 Cubikfuſs Abtragsmaſſe bei Lehm, resp. Sand, und 10 bis 12 bei Felsen und Gerölle gleich gilt, mithin beziehungsweise 0,1 und 0,08 Schachtruthen Abtragsmaſſe pro Karre, und da jeder Pferdezug aus 2, beſſer aus 3 gekuppelten Karren beſteht, ſo wird jedesmal 0,2, resp. 0,3 Schachtruthen Boden oder 0,16, resp. 0,24 Schachtruthen gewachſene Steinmaſſe forttransportirt.

Die Arbeitszeit eines kräftigen, gut genährten Pferdes kann täglich zu 10½ Stunden angenommen werden, und daſſelbe entwickelt ſeine Kraft am vortheilhafteſten bei einem Wege von beiläufig 4 Meilen im Tage und einer Geſchwindigkeit von 4 Fuſs in der Secunde oder 20 Ruthen in der Minute. Zur Zurücklegung von 4 Meilen Weg oder 2 Nutzmeilen bedarf das Pferd daher nur 6⅔ Stunden, die übrige Zeit wird zum Be- und Entladen und dem Umdrehen der Karren verwendet.

Bei dieſer Betriebsart bleiben die Pferde ſo lange unthätig, als erforderlich iſt, zwei, resp. alle drei Wagen zu beladen, wozu, wenn an jeder Karre 2 Lader ſtehen	6 Minuten
dieſelben zu leeren	3 -
- - kuppeln, entkuppeln	1 -
ſonſtiger Aufenthalt beim Wenden, Anfahren	4 -
	zusammen 14 Minuten

erforderlich ſind, welche einer Nutzweglänge von 280 Ruthen für jede einzelne Förderung entſprechen.

Es ergibt ſich hieraus, daß kurze Transporte mit Pferdebeförderung keine günſtigen Reſultate geben können, und dieſelbe erſt vortheilhaft wird, wenn die Pferde während der Arbeitszeit einen Weg von nahezu vier Meilen zurücklegen und der überſchüſſige Zeitraum zum Beladen, Entleeren, Wenden etc. der Wagen verwendet wird.

Zur Zurücklegung eines Weges von 4 Meilen oder 8000 Ruthen bedarf das Pferd bei 4 Fuſs Geſchwindigkeit in der Secunde oder 20 Ruthen in der Minute 400 Minuten, und es bleiben daher für die bezeichneten Nebengeſchäfte 230 Minuten übrig. Werden dafür, wie oben nachgewieſen, 14 Minuten für jede Fahrt in Anſatz gebracht, ſo ergibt ſich, daß Zeit und Kraft am vollſtändigſten ausgenutzt werden, wenn ſoviel Züge gehen, daß $x \cdot 14 = 230$ Minuten giebt. Dieſes findet daher bei täglich 16 Zügen bei Transportentfernungen von 250 Ruthen ſtatt.

Bei geringeren Entfernungen verlängert ſich die Ruhezeit, und es können dann in 10½ Stunden nicht 4 Meilen zurückgelegt werden, wogegen bei größeren Entfernungen die Ruhezeit ſich vermindert und während der Arbeitszeit der Weg mehr als 4 Meilen beträgt.

Für die verſchiedenen Transportentfernungen n in Ruthen läßt ſich die Zahl der täglichen Züge x folgenderart ermitteln. Der Hin- und Rückweg einer Förderung beträgt $2 n$ Ruthen und der geſamnte tägliche Weg $2 n \cdot x$ Ruthen. Bei einer Geſchwindigkeit der Förderung von 20 Ruthen in der Minute gehören dazu $\frac{2 n \cdot x}{20} = \frac{n \cdot x}{10}$ Minuten. Auf jeden Wechſel kommt ein Zeitverluſt von 14 Minuten, und dieſes beträgt täglich $x \cdot 14$ Minuten; die ganze Arbeitszeit ergibt ſich daher zu $x \left(\frac{n}{10} + 14 \right)$ und da dieſelbe zu 10½ Stunden = 630 Minuten angenommen

ist, so wird

$$x = \frac{6300}{140 + n}$$

Hiernach ergeben sich bei kurzen Transporten, unter 250 Ruthen, z. B. bei 150 Ruthen 22 Förderungen, welche einem Wege von nur 6600 Ruthen entsprechen, weniger als 8000 Ruthen und bei langen Transporten, z. B. bei 500 Ruthen 9 Förderungen mit 9000 Ruthen Weg, mehr als das Normalmaß. Darauf muß bei Aufstellung der Tabelle Rücksicht genommen und bei den Abrundungen der täglichen Förderzahl im ersten Falle zugegeben, im anderen abgezogen werden. Bemerkt wird schon hier, daß dergleichen Transporte erfahrungsmäßig nur zwischen 120 und 400 Ruthen Weite und nur dann rationell sind, wenn die zu bewegende Masse nicht bedeutend genug ist, um einen Schienentransport mit allen dazu gehörigen Apparaten einzurichten.

Die Unterhaltungskosten eines Pferdes wechseln nach Maßgabe der Futterpreise und müssen bei Aufstellung der Preistabellen jedesmal nach den örtlichen Verhältnissen ermittelt werden. Es wird daher hier nur beispielsweise angenommen, daß die Kosten für Futter, Streu, Geschirr und Reparatur desselben, Beschlag und Kurkosten eines starken, für diese Arbeiten geeigneten Zugpferdes täglich 30 Sgr. betragen werden. Zur Führung der Wagenzüge, Futtern, Putzen etc. ist ein Fuhrmann erforderlich, dessen Tagelohn auf 15 Sgr. zu veranschlagen ist.

Zur Hülfeleistung beim Loskuppeln, Wenden, Ausstürzen und Zusammenkuppeln der Wagen, Fortführung des Bohlenbelages, der Absturzbühnen etc. ist noch eine Arbeitshülfe erforderlich, welche aber nicht für die einzelnen Karrenzüge, sondern für jeden Absturzpunkt besonders angestellt wird. Nach angestellten Ermittlungen beträgt die Hülfeleistung für je 800 Doppelkarren 8 Tagewerke von sehr tüchtigen und gewandten Arbeitern, deren Löhnung auf 24 Sgr. zu veranschlagen ist, was einen Betrag von 6 Thln. 12 Sgr. giebt. Nun enthalten 800 Doppelkarren 150 Schachtruthen Erde oder 120 Schachtruthen Steine, und es kommen daher auf die Schachtruthe beziehungsweise 1 Sgr. 6 Pf. und 1 Sgr. 9 Pf.

Die Vor- und Unterhaltungskosten der Geräthe und Einrichtungen zu diesen Transporten setzen sich aus den Zinsen der ersten Anschaffungskosten, dem Minderwerth derselben nach Vollendung der Arbeit, der Unterhaltung während derselben und derjenigen des Transportes von einer Baustelle zur anderen zusammen. Die Beträge dafür stehen im Wesentlichen mit dem Umfange und der Dauer der Arbeit selbst in geradem Verhältniß, wenngleich mancherlei Umstände Schwankungen darin hervorzubringen vermögen. Einschließlich Ankauf und Verschleiß der Pferde, den Bau von Ställen, Herrichtung größerer Fahrbahnen, betragen dieselben bei größeren Arbeiten von mindestens 4- bis 5000 Schachtruthen 30 pCt. der Transport- und Rangirkosten, aber wohl nie unter 5 bis 6 Sgr. pro Schachtruthe.

Unter diesen Annahmen ist die Preistabelle II. berechnet, wobei also die Kosten des Tagewerks eines Pferdes mit dem Führer zu 45 Sgr. und für die Hilfsarbeiter beim Ausstürzen etc. ein Zusatz von 1 Sgr. 3 Pf., beziehungsweise von 1 Sgr. 6 Pf. pro Schachtruthe in Ansatz gebracht ist.

II. Preistabelle

für den Pferdekarrtransport in Entfernungen von 120 bis 400 Ruthen unter Zugrundelegung eines Tagewerksatzes von 45 Sgr. für ein Pferd und einen Führer, 1 Sgr. 3 Pf. pro Schachtruthe Lehm und 1 Sgr. 6 Pf. Zusatz für eine Schachtruthe Steinboden auszustürzen und 30 pCt. (aber nicht unter 6 Sgr.) des Arbeitslohns für Vor- und Unterhaltung der Geräthe — abgerundet auf $\frac{1}{4}$ Sgr.

Transportweite in Ruthen.	Anzahl der täglichen Fuhren.	Erdmaterial.							Steinmaterial.						
		Geförderte Schachtruthen, bei Doppelkarren und im Abtrag gemessen.	Arbeitslohn, excl. Lösen und Laden.		Vorhaltung der Geräthe.		Gesamtransportkosten.		Geförderte Schachtruthen.	Arbeitslohn.		Vorhaltung der Geräthe.		Gesamtransportkosten.	
			Sgr.	Pf.	Sgr.	Pf.	Sgr.	Pf.		Sgr.	Pf.	Sgr.	Pf.	Sgr.	Pf.
120	24	4,8	12	—	6	—	18	—	3,8	14	—	6	—	20	—
140	22	4,5	13	—	6	—	19	—	3,6	15	3	6	—	21	3
160	21	4,2	14	—	6	—	20	—	3,4	16	6	6	—	22	6
180	20	4,0	15	—	6	—	21	—	3,2	17	9	6	—	23	9
200	18	3,6	16	—	6	—	22	—	2,9	19	—	6	—	25	—
250	16	3,2	18	—	6	—	24	—	2,6	21	—	6	6	27	6
300	14	2,8	20	—	6	—	26	—	2,3	22	6	7	—	29	6
350	12	2,6	21	6	6	6	28	—	2,0	24	—	7	6	31	6
400	10	2,4	23	—	7	—	30	—	1,7	25	6	8	1	33	6

Bemerkung. Die kurzen Pferdetransporte sind bei obigen um 1 bis $1\frac{1}{4}$ Sgr. höher angenommen, da der öftere Aufenthalt störend wirkt.

d) Transporte auf provisorischen Eisenbahnen.

Schon bei dem Pferdekarrtransport ist die Benutzung einer Holzbahn oder Eisenbahn, wie solche später beschrieben werden soll, angenommen worden; es gelten daher auch hier im Wesentlichen die soeben entwickelten Verhältnisse. Durch die Anwendung der Eisenschienen zu Bahngleisen wird die Oberfläche des Weges fester und glatter, die Bewegung regelmässiger, und in diesem Verhältniß vermindert sich der Widerstand, so daß mit derselben Kraft erheblich grössere Ladungen befördert werden können.

Da der Arbeitseffekt auf einer Hilfs- oder Interimbahn von Gruben-Schienen oder selbst von wirklichen Schienen dem auf einer definitiven Eisenbahn erreichten sehr bedeutend nachsteht, theils wegen der unvollkommenen Lage, grösstentheils aber wegen der nicht zu vermeidenden Beschmutzung der Schienen, so dürfen die bekannten Leistungen der definitiven Bahnen zwar nicht zum Mafsstab genommen werden, doch bleibt diese Förderungsart immerhin die vollkommenste beim Erdbau, und es soll nunmehr auch hier der Leistungsmodus aus den Erfahrungen abgeleitet gegeben werden.

Sofern, wie es am häufigsten vorkommt, der Transport auf provisorischen Eisenbahnen mit Pferden geschieht, kann die Arbeitsdauer und die Geschwindigkeit der Förderung etwas höher als bei Pferdekippkarren angenommen werden, indem man dem Pferde, welches stets die Hälfte des Weges ohne Last macht, 5 Wegemeilen oder 10,000 Ruthen Marsch zumuthen kann. Da aber die Ladung, wie oben erwähnt, bedeutend grösser wird als bei Pferdekarr, so werden, um nicht an Arbeitskraft

zu verlieren, bei diesem Betriebssysteme die Wagen in doppelter oder besser in dreifacher Zahl beschafft, so daß ein Satz sich zur Beladung an dem Gewinnungs-orte, der zweite zum Entladen am Abstürzeort und der dritte in Bewegung, beladen hin, leer zurück, sich befindet.

Auf guten Bahnen, wo die beladenen Wagen auf schweren und nur die leeren auf Grubenschienen gehen, zieht ein Pferd ganz bequem in der Horizontale 3 Wagen à $\frac{1}{3}$ oder 2 Wagen à $\frac{1}{2}$ Schachtruthe, resp. 6 bis 8 leere Wagen. Auf Steigungen bis 1:150 zieht ein Pferd 2 Wagen à $\frac{1}{3}$ Schachtruthe oder 5 leere Wagen,

- 1:80	-	-	-	1	-	à $\frac{1}{3}$	-	-	3	-	-
- 1:40	ziehen zwei	-	-	1	-	à $\frac{1}{2}$	-	-	3	-	-

Bei Bahnen mit wechselndem Gefälle zu 1:60 und 1:125 gehen die beladenen Wagen ohne Zugkraft zu Thal, und es bedarf daher nur der Anspannung zum Rücktransport der leeren Wagen. Der Effekt ist sonach hier pro Reise und Pferd 1 bis $1\frac{1}{2}$ Schachtruthe Boden.

Will man also täglich 120 Schachtruthen Boden bewegen und kann mit jedem Pferde pro Tag nur 8 Reisen machen, so muß man auf 15 Pferde rechnen, excl. der Reserven. — Für Rangiren im Einschnitt und nach dem Entleeren braucht bei einem flotten Betriebe, in 3 Zügen, selbst wenn 10 bis 15 Wagen in jedem Zuge stehen, nicht mehr als zusammen 10 Minuten gerechnet zu werden, welche nach der weiter oben vorgetragenen, einem Marsche von 1000 Schritt entspricht. Analog jener wird die Zahl x der täglich zu leistenden Züge demnach

$$x = \frac{6300}{100 + n}$$

Nach Erfahrungssätzen abgerundet bedeutet das:

bei 200 Ruthen Entfernung kann jeder Zug täglich 21 Reisen machen,											
- 250	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	
- 300	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	
- 350	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	
- 400	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	
- 450	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	
- 500	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	
- 600	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	
- 700	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	
bei 800 und 900	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	
bei 1000 und 1100	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	
bei 1200, 1300, 1400	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	

Bei mehr als 1400 Ruthen wird der Transport unrationell und muß mit Lokomotiven bewirkt werden, wenn irgend die Masse erheblich genug ist.

Als Regel gilt beim Schienentransport, daß man ihn nur da anwenden soll, wo immer größere Massen von mindestens 8- bis 10,000 Schachtruthen mit mindestens 200 Ruthen Weite zu bewegen sind und sonach die Bahn nicht häufig umgelegt zu werden braucht, und wo man die Schienen nach Vollendung der Arbeit anderweit gebrauchen kann.

Diese Transportart ist ferner nur dann von außerordentlichem Vortheil, wenn man die Kosten anlegt, um ein vorzügliches Inventar zu beschaffen, und die Arbeit vortrefflich organisirt ist. Die Inventarkosten, excl. Zugkraft, betragen, incl. Schmiermaterial, Abnutzung und Minderwerth der Schienen, je nach Umfang der Arbeit und nach den Neigungsverhältnissen der Bahn, 7 bis 11 Sgr. pro Schachtruthe, die Zugkraft bei mittleren Verhältnissen und Weiten von 200 bis 1000 Ruthen 5 bis 10 Sgr. und die gesammten Transportkosten in ebenen Bahnen und solchen mit nicht mehr als $\frac{1}{150}$ Steigung

bei 200 Ruth. Weite pro Schachtruthe Erde 18 Sgr.—Pf., bei Fels u. Geröllen 20 Sgr.—Pf.									
- 250	-	-	-	-	-	19	-	—	-
- 300	-	-	-	-	-	20	-	—	-
- 350	-	-	-	-	-	21	-	—	-
- 400	-	-	-	-	-	22	-	—	-
- 500	-	-	-	-	-	23	-	6	-
- 600	-	-	-	-	-	25	-	—	-
- 700	-	-	-	-	-	26	-	6	-
- 800	-	-	-	-	-	28	-	—	-
- 900	-	-	-	-	-	29	-	6	-
- 1000	-	-	-	-	-	31	-	—	-
- 1100	-	-	-	-	-	32	-	6	-
- 1200	-	-	-	-	-	34	-	—	-

Bei Bahnen von gröfserer Steigung bis 1 : 60 aber rot. 20 bis 25 pCt. mehr, also
z. B. bei 200 Ruthen Weite pro Schachtruthe 21 Sgr. — Pf.,

-	-	250	-	-	-	22	-	3	-
-	-	300	-	-	-	23	-	6	-
-	-	350	-	-	-	24	-	9	-
-	-	400	-	-	-	26	-	—	-
-	-	500	-	-	-	28	-	—	-

u. s. w.

Bei dieser Tabelle sind die Preise die Selbstkosten ohne Zwischenfälle, bei sehr achtsamer Verwaltung und tüchtiger Aufsicht; bei Ausgabe in Entreprise hat man für Risico und Unternehmergeinn 12 bis 15 pCt. zuzufügen.

Nur in besonderen Fällen und unter sehr begünstigenden Umständen wird sich der Betrieb mit Lokomotiven auf provisorischen Bahnen empfehlenswerth darstellen. Diese Maschinen erfordern, wenn sie nicht gar zu sehr leiden und häufigen Reparaturen ausgesetzt werden sollen, schon ein ganz regelmässiges Geleis, Gebäulichkeiten, Wasser und Brennmaterial-Versorgung und viele andere Einrichtungen, die nur mit grossem Kostenaufwande hergestellt werden können.

Gewöhnlich findet diese Förderungsmethode nur zweckmässige Anwendung, wenn die Bauverwaltung mit einer im Betriebe befindlichen Lokomotivbahn in solcher Verbindung steht, dafs die Transportmittel derselben nach Bedürfnifs für den Bau mit in Anspruch genommen werden können.

Wo die Verhältnisse sich in solcher Art günstig gestalten, wird immer noch in Erwägung zu ziehen sein, inwiefern von dieser Förderart bei einer neuen Anlage mit Vortheil Anwendung zu machen ist. Nur in dem Falle, wo sich grofse und entschiedene, nicht, wie es oft genug der Fall ist, nur scheinbare Vortheile erreichen lassen, wird es rathsam sein, darauf einzugehen. Die Kosten dieser Transporte lassen sich nur annäherungsweise im Voraus ermitteln und in dem Kostenanschlage aufnehmen. Beschaffungs- und Unterhaltungskosten der Geleise und Maschinen dürfen — eine Massenbewegung von mindestens 20,000 Schachtruthen vorausgesetzt auf eine Entfernung von $\frac{3}{4}$ bis $\frac{5}{4}$ Meilen — auf 14 bis 18 Sgr. die Transportkosten für Kohlen, Oel, Führer, Heizer, Bremser, Wärter etc., pro Schachtruthe Sand und Lehm auf 5 bis 6 Sgr., für Aufladen (excl. Lösen) auf 5 bis 7 Sgr. und für Abladen auf 5 bis 6 Sgr. angesetzt werden.

Als Gesamtergebnis aller obigen Darlegungen mit einer rationellen Vermittlung der Differenzen bei den einzelnen Transportarten können wir nun folgende Haupttabelle entwerfen, welche für die Ausgabe von Arbeiten in gröfserer Entreprise gilt, sämtliche Geräthekosten, Nebenkosten aller Art, Risico und Ausfälle

berücksichtigt hat und für den Gebrauch bei Generalkosten-Anschlägen und Submissionen zu empfehlen ist.

III. Allgemeine Transporttabelle

für Erd- und Gesteinsmassen-Bewegung, incl. Geräte und sämtlicher Nebenkosten.

	Transport- weite in Ruthen.	Preis pro Schachtruthe				Transport- weite in Ruthen.	Preis pro Schachtruthe			
		Erde		Steine			Erde		Steine	
		Sgr.	Pf.	Sgr.	Pf.		Sgr.	Pf.	Sgr.	Pf.
Wenn aus Kanälen oder Wallgräben mit starker Neigung zu fördern, ist $\frac{1}{3}$ mehr in Anrechnung zu bringen.	5	4	—	5	—	200	24	—	30	—
	10	5	—	6	3	250	25	6	32	—
	15	6	—	7	6	300	27	—	34	—
	20	7	—	8	9	350	28	6	36	—
	25	8	—	10	—	400	30	—	38	—
	30	9	—	11	3	450	31	6	40	—
	35	10	—	12	6	500	33	—	42	6
	40	11	—	13	9	600	35	—	45	—
	45	12	—	15	—	700	37	—	47	6
	50	13	—	16	3	800	39	—	50	—
	60	14	—	17	6	900	41	—	52	6
	70	15	—	18	9	1000	43	—	55	—
	80	16	—	20	—	1100	44	6	57	—
	90	17	—	21	3	1200	46	—	59	6
	100	18	—	22	6	1300	47	6	61	—
	110	19	—	23	9	1400	49	—	62	6
120	20	—	25	—	1500	50	—	67	—	
140	21	—	26	3	—	—	—	—	—	
160	22	—	27	6	—	—	—	—	—	
180	23	—	28	9	—	—	—	—	—	
200	24	—	30	—	—	—	—	—	—	

23. Kosten der Nebenarbeiten.

Außer den Hauptarbeiten zur Bildung der Einschnitte und der Aufträge kommen bei dem Erdbau noch viele andere, allerdings von geringerem Belange, aber für die Regelmäßigkeit der Anlage und ihre Unterhaltung wichtige und unentbehrliche Arbeiten vor, welche ebenfalls besonders veranschlagt werden müssen und daher einen besonderen Abschnitt der Preisentwicklung bilden.

Zu diesen Arbeiten gehören namentlich:

- die Ausrodungsarbeiten,
- die Planirung und Befestigung der Böschungen,
- Steinpackungen,
- Gräben und Sickerkanäle,
- Unterhaltungsarbeiten nach der Vollendung der einzelnen Theile der Anlage.

Der Preis dieser Arbeiten hängt, wie der für die Bodenförderung, zunächst von dem während des Baues sich gestaltenden Satz für das Tagewerk ab, außerdem aber von manchen anderen, begünstigenden oder erschwerenden Umständen, so daß ein für allemal gültige Sätze für dieselben nicht festgestellt werden können. Es muß daher bei der Veranschlagung auf diese Umstände gebührende Rücksicht

genommen werden, und es können hier nur solche Preissätze angegeben werden, für welche diese Arbeiten unter gewöhnlichen, weder besonders günstigen, noch sehr erschwerenden Verhältnissen in der Regel ausgeführt werden und wofür beispielsweise der Tagewerksatz von 15 Sgr. zum Grunde gelegt ist, so daß bei Aenderung desselben die entsprechende Reduktion vorgenommen werden muß.

a) Ausrodungsarbeiten.

Die Ausrodung der Hecken von Buchen- oder anderem glatten Holze wird für die laufende Ruthe mit $\frac{1}{2}$ Tagewerk in Rechnung gestellt, während der Satz sich bei dichtverwachsenen Dornhecken bis zu einem ganzen Tagewerk steigern kann.

Dünnes und Strauchholz auszuroden erfordert für die Quadratruthe $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ Tagewerk, nach Verhältniß der Dichtigkeit des Wuchses, Schlagholz aber mit alten Stämmen 1 bis $1\frac{1}{2}$ Tagewerk. Einzelne größere Bäume auszuroden werden mit einem Tagelohnsatze für den Fuß Durchmesser bezahlt.

b) Planirung und Befestigung der Böschungen.

Für Planirung von Böschungen wird, wenn keine weiteren Befestigungsarbeiten damit verbunden sind, $\frac{1}{6}$ Tagewerk pro Quadratruthe gerechnet und gewöhnlich mit $2\frac{1}{2}$ Sgr. bezahlt. Besteht aber der Boden aus festem Thon, Schiefer oder weichem Gestein, so steigert sich dieser Preis auf 5 bis 10 Sgr. Im festen Gestein bleiben gewöhnlich die Böschungen unplanirt stehen, wie sie ausgebrochen sind.

Für das Planiren von Böschungen in leichtem Boden, Bekleidung derselben mit einer 6 Zoll starken Schicht fruchtbarer Erde wird pro Quadratruthe $\frac{1}{2}$ Tagewerk, und wenn die Bekleidung 9 Zoll stark wird, $\frac{3}{4}$ Tagewerk angenommen, sofern die zur Bekleidung erforderliche Erde am Rande des Einschnitts oder am Fusse der Böschung abgelagert ist. Muß dieselbe aber besonders herangeschafft werden, so wird nach der Schachtruthenzahl der Betrag an Transportkosten aus der Preistabelle dem für die Planirungsarbeit hinzugesetzt.

Bei hohen Dämmen und tiefen Einschnitten gelten die bezeichneten Sätze für die unteren, beziehungsweise oberen 6 Fuß, für jeden höher oder tiefer liegenden Absatz von je 6 Fuß wird eine Zulage von $\frac{1}{12}$ Tagewerk in Zusatz gebracht.

Solche mit fruchtbarer Erde bekleidete Böschungen müssen sowohl der besseren Haltbarkeit wegen, als auch um einen Ertrag zu liefern, zum Benarben gebracht und daher besät werden. Einschließlich des Samens kostet die Quadratruthe durchschnittlich $1\frac{1}{2}$ Sgr., welcher Preis bei der Veranschlagung gewöhnlich mit dem der Planirung und Bekleidung zusammengefaßt wird.

Rasenbekleidungen werden ebenso bezahlt wie Plattirungen mit fruchtbarer Erde, wenn sie zu dem Behufe gestochen werden müssen. Besteht der zu bekleidende Körper aus reinem Sande, so muß zuvor eine 3 bis 4 Zoll starke Lage Erde aufgebracht und auf diese der Rasen verlegt werden. Die Kosten vermehren sich dadurch um 2 Sgr. pro Quadratruthe.

c) Steinpackungen.

Zur Bekleidung wasserhaltiger Böschungen oder zur Bildung von Contrebanketts an solchen Stellen, wo die Böschungslinien eingezogen werden müssen, dienen Steinpackungen, welche nach dem kubischen Inhalte ermittelt und die Schachtruthe mit 2 Thln. bezahlt werden, zu welchem Preise aber die Kosten der Gewinnung und des Anfahrens der Steine kommen.

d) Entwässerungen.

Die Anlage der normalen Entwässerungsgräben wird schon bei Ermittlung der Erdarbeit mit berechnet und veranschlagt, da sie mit derselben gleichzeitig ausgeführt zu werden pflegen, um schon während der Arbeit selbst einen regelmäßigen Wasserabzug zu erlangen.

Das Nachpoliren dieser Gräben, sowie die Bekleidung der Sohle und Böschungen mit Rasen oder fruchtbarer Erde wird ebenfalls mit den gleichnamigen Arbeiten der Auf- und der Abträge berechnet.

Sickerkanäle werden bei den Aufdämmungen da angelegt, wo ein quelliger Boden überschüttet wird, oder auch unter dem Planum solcher Einschnitte, welche durch ähnlichen Boden geführt werden. Gewöhnlich werden die Sickerkanäle durch Anlage enger Gräben, welche mit kleinen Steinen ausgefüllt sind, gebildet. In neuerer Zeit sind dabei auch statt der Steinausfüllung mit Erfolg Drainröhren angewendet worden. Die Kosten der Anlage können pro Quadratruthe der zu entwässernden Fläche zu $7\frac{1}{2}$ Sgr. angenommen werden. Bei sehr grossen Flächen vermindert sich aber der Satz bis auf 3 Sgr., wenn Füllsteine oder Drainröhren in der Nähe zu haben sind.

e) Unterhaltungsarbeiten.

Bei der Anlage von Erdarbeiten grösseren Umfanges ist es nicht immer dahin zu bringen, dass dieselbe an allen Punkten einer Anlage ganz gleichzeitig vollendet wird, oder unmittelbar darauf in die Hände derjenigen Verwaltung übergeht, welcher die künftige Unterhaltung obliegt. Es wird daher bei Aufstellung des Kostenanschlages Rücksicht auf die inzwischen vorkommenden Unterhaltungsarbeiten zu nehmen sein, damit für die daraus entspringenden Ausgaben auch die nöthigen Mittel zur Verfügung stehen.

Es liegt in der Natur der Sache, dass diese Kosten nicht genau, ja selbst nicht in nur annähernder Sicherheit veranschlagt werden können, da einestheils der Umfang dieser Unterhaltungsarbeiten von ganz unbestimmten, meist in den Witterungsverhältnissen begründeten Umständen abhängt, andernteils aber niemals mit Gewissheit voraus bestimmt werden kann, auf wie lange Zeit die Unterhaltungskosten der einzeln nach und nach fertig werdenden Arbeiten dem Baufond zur Last fallen werden. Demnach darf der Posten im Anschlage nicht unberücksichtigt bleiben, und um einen dem wirklichen Bedürfniss annähernden Betrag angeben zu können, bleibt nur übrig, eine Verhältnisszahl von ausgeführten Anlagen abzuleiten. Zur Vergleichung kommen dabei nur die Kosten des Arbeitslohnes für den gelösten Boden mit Ausschluss der Transportkosten in Betracht, wonach dann analog der Procentsatz festzustellen ist. Diese Unterhaltungsarbeiten bestehen vorzugsweise in Nachhöhung der sich setzenden Dammschüttungen und der Wiederherstellung der durch Regen und Frost beschädigten Dammböschungen mit ihren Bekleidungen, Aufräumung verschlammter Gräben und dergleichen mehr. Es ergibt sich hieraus, dass die Masse des in die Dämme geförderten Bodens und die Grösse der planirten Böschungen hier als wesentliche bestimmte Faktoren auftreten.

Unter gewöhnlichen Umständen betragen nach den geführten Rechnungen durchschnittlich diese Unterhaltungskosten der Dämme und Böschungen beiläufig 4 pCt. der Summe, welche für Bodenlösung und Bildung der Böschungen, Gräben etc. verausgabt worden ist. Dieser Satz kann aber bei sehr ungünstiger Witterung oder langer Dauer der Unterhaltung sehr wohl den doppelten Betrag erreichen.

24. Kostenanschlag.

Der Kostenanschlag ist das Produkt aus den verschiedenen, bei der Raumberechnung ermittelten Gröſsen der Leistungen in die gleichnamigen, bei der Preisermittelung dafür gefundenen Sätze. Sobald daher diese beiden Faktoren festgestellt sind, bedarf es nur einer Nebeneinanderstellung und Multiplikation der zusammengehörigen Gröſsen, um den Kostenbedarf der bezüglichlichen Anlage zu erlangen.

Auſser den eigentlichen zur Herstellung des Werkes erforderlichen Leistungen sind noch die Kosten für Spezialaufsicht, Bewachung und unvorhergesehene Fälle zu berücksichtigen, für welche mit einem Betrage von $1\frac{1}{2}$ pCt. der Gesamtanlagekosten gewöhnlich ausgereicht wird.

Der Anschlag einer Erdarbeit wird dann in der Form aufgestellt, wie aus dem folgenden Beispiele ersichtlich ist.

Pos.	Kostenbetrag.		
	Thlr.	Sgr.	Pf.
Erdarbeiten.			
Nach den im anliegenden Heft Vol. II. sub Litt. A bis G enthaltenen Raumberechnungen und Transportdispositionen sind zur Bildung des folgende Bodenmassen zu verarbeiten, zu transportiren, zu planiren und zwar zu den im anliegenden Heft Vol. III. enthaltenen Preisverzeichnissen.			
1.	98651,39 Schtrth.	leichte Erde auszugraben und durchschnittlich bis auf eine Ruthe weit zu werfen, Geräthschaften und Planiren der Abtragsböschungen, mit Rücksicht auf bedeutende Mengen von grobem Sand, die Schachtruthe zu 7 Sgr.	23018 19 9
	7043,92 -	trockenen Kies in gleicher Weise zu verarbeiten, die Schachtruthe zu 10 Sgr.	2347 29 2
	31247,03 -	Thonerde und fetten Lehm desgl., die Schachtruthe zu 15 Sgr.	15623 15 5
	8766,97 -	Erde mit Steinen desgl., die Schachtruthe 19 Sgr.	5552 12 5
	36349,50 -	weichen Thonschiefer oder Steingerölle desgl., die Schachtruthe zu 28 Sgr. 6 Pf.	34532 — 9
	1542,57 -	losen Grauwackenschiefer zu brechen, zugleich die Böschungen und Grabensohlen in den Einschnitten regelmäſsig anzulegen und das Planum in denselben zu ebnen, die Schachtruthe 1 Thlr. 10 Sgr. . . .	2056 22 6
	183601,38 Schtrth.	Uebertrag	83131 10 —

Pos.				Kostenbetrag.		
				Thlr.	Sgr.	Pf.
	183601,38	Schtrth.	Uebertrag	83131	10	—
	9498,66	-	festen Thonschiefer in gleicher Art zu verarbeiten, die Schachtruthe zu 2 Thlr.	18997	10	—
	1112,19	-	Granit in Bänken mit Pulver zu sprengen, Böschungen, Grabensohle und Planum der Einschnitte regelmäßig herzustellen, einschließlic Vorhaltung aller Geräthschaften und des Pulvers, die Schachtruthe zu 3 Thlr.	3336	17	—
			Dazu kommen:			
	928,80	-	Erdmaterial, welches aus den Fundamentgruben der anzulegenden Brücken und Durchlässe erfolgt und mit zu den Dammschüttungen verwendet werden soll. Die Kosten der Aushebung sind an anderen Orten berechnet, und es kommt dafür hier nichts in Ansatz.			
	195141,03	Schtrth.	Sa. pos. 1 für Bodenlösung	105465	7	—
			Davon sind:			
2.	3042,20	Schtrth.	Sand und Erdmaterial auf 5 Ruthen Entfernung zu transportiren, incl. Vorhalten aller Geräte, Aufladen, Planiren, die Schachtruthe 4 Sgr. . .	405	18	10
	628,04	-	desgl. auf 10 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 5 Sgr.	104	20	3
	635,07	-	Sand und leichte Erde auf 20 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 7 Sgr.	148	5	6
	1572,74	-	desgl. auf 30 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe 9 Sgr.	471	24	9
	2611,16	-	desgl. auf 40 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe 11 Sgr.	957	12	9
	6720,43	-	desgl. auf 50 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe 13 Sgr.	2912	5	7
	5831,69	-	desgl. auf 60 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe 14 Sgr.	2721	13	9
	15644,05	-	desgl. auf 70 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe 15 Sgr.	7822	—	9
	36685,38	Schtrth.		15543	12	2

Pos.			Kostenbetrag.		
			Thlr.	Sgr.	Pf.
36685,38	Schtrth.	Uebertrag	15543	12	2
8140,83	-	desgl. auf 80 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 16 Sgr.	4341	13	3
3311,81	-	desgl. auf 90 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 17 Sgr.	1876	20	9
21122,19	-	desgl. auf 100 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 18 Sgr.	12673	9	3
Ferner:					
26646,84	Schtrth.	Erdmaterial auf 150 Ruthen Entfer- nung zu transportiren, die Schacht- ruthe zu 21 Sgr. 6 Pf.	19096	27	3
22169,91	-	desgl. auf 200 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 24 Sgr.	17735	27	10
5233,06	-	desgl. auf 250 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 25 Sgr. 6 Pf. . .	4448	3	—
23318,09	-	desgl. auf 300 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 27 Sgr.	20986	8	6
Endlich:					
8162,3	Schtrth.	Steinmaterial aufzuladen, auf 60 Ruthen Entfernung zu transpor- tiren und in abwechselnden Lagen mit weicherem Material zu den Auf- trägen zu verwenden, mit Rücksicht auf Verpackung der Steine in den Böschungen, einschliesslich Vorhal- tung aller Geräthe, die Schacht- ruthe zu 17 Sgr. 6 Pf.	4761	10	3
3755,00	-	desgl. auf 70 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 18 Sgr. 9 Pf. .	2346	26	3
3001,12	-	desgl. auf 90 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 21 Sgr. 3 Pf. .	2125	23	9
2901,57	-	desgl. auf 100 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 22 Sgr. 6 Pf. . .	2176	6	—
6345,32	-	desgl. auf 200 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 1 Thlr.	6345	10	—
9674,54	-	desgl. auf 250 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 1 Thlr. 2 Sgr. .	10319	15	—
14663,07	-	desgl. auf 300 Ruthen Entfernung, die Schachtruthe zu 1 Thlr. 4 Sgr. .	16618	5	—
195141,03	Schtrth.	Summa aller Transportkosten	141395	8	—

Pos.		Kostenbetrag.		
		Thlr.	Sgr.	Pf.
3.	Ausrodungsarbeiten auf den behufs der Auf- und Abträge zu überschüttenden oder abzugrabenden Waldflächen. Auf Grund der in der Beilage Vol. V. ad A. enthaltenen Nachweise. 126 Morgen 90 Quadratruthen mit Kiefern bestandenen Forstgrund von Stubben und Wurzeln zu befreien, letztere neben der Bahn in Haufen aufzusetzen, der Morgen durchschnittlich zu 36 Thlr.	4554	—	—
4.	Anlagen von Schutz- und Entwässerungsgräben, Verlegung von Wasserläufen, Verschaffung von Vorfluth und Uferdeckungsarbeiten. Nach der in der Beilage Vol. V. ad D enthaltenen Nachweisung.			
a)	2332 laufende Ruthen Schutzgräben durchschnittlich $1\frac{1}{2}$ Fuß tief und 1 Fuß in der Sohle breit mit entsprechendem Gefälle am oberen Rande der Einschnitte anzulegen und mit der gewonnenen Erde einen Schutzdamm zu bilden, einschliesslich Befestigung der Böschungen, die laufende Ruthe durchschnittlich zu 15 Sgr.	1166	—	—
b)	20,5 laufende Ruthen bestehende Entwässerungsgräben zu verlegen, die neuen Gräben durchschnittlich 2 Fuß tief, 2 Fuß in der Sohle breit mit $1\frac{1}{2}$ füssiger Böschung auszuheben, mit der gewonnenen Erde den alten Wasserlauf zu verfallen und die Böschungen des neuen Grabens mit Rasen zu bekleiden, die laufende Ruthe zu 25 Sgr. . .	17	2	6
c)	62 laufende Ruthen, die Böschungen und das Gefälle bestehender Wasserläufe, soweit sie mit der neuen Anlage in Berührung kommen, zu reguliren, die Ruthe durchschnittlich zu 15 Sgr.	31	—	—
d)	66 Quadratruthen Uferrauhwehren anzufertigen, einschliesslich des dazu erforderlichen Materials, die Quadratruthe zu 1 Thlr. 20 Sgr.	110	—	—
e)	120 Ruthen, den Bahndamm von Station 140 bis 152 mit einem $2\frac{1}{2}$ zölligen Hauptrohr und alle 18 Fuß mit einem schrägen Ast von 1 zölligen Röhren zu drainiren, laut Einheitspreise für solche Arbeiten, pro laufende Ruthe Bahn 25 Sgr.	100	—	—
Sa. pos. 4.		1424	2	6

Pos.		Kostenbetrag.		
		Thlr.	Sgr.	Pf.
5.	Befestigung der in der Beilage Vol. III. Litt. H. berechneten Böschungen und Banquetts sämtlicher Dammschüttungen, Einschnitte und Seitengräben des Planum, nämlich:			
a)	28272 Quadratruthen Böschungsfläche mit Rasen oder fruchtbarem Boden 8 Zoll stark zu bekleiden, auch das zu diesem Behufe durch Abgrabung der oberen fruchtbaren Erdschicht gewonnene, seitwärts abgelagerte Material auf die Böschungen zu bringen, zu vertheilen, fortzuschlagen, einschliesslich aller Arbeiten zur Erzeugung einer tüchtigen Grasnarbe, durchschnittlich die Quadratruthe 15 Sgr. . . .	14136	—	—
b)	600 laufende Ruthen, die Banketts am oberen Rande der Felseinschnitte zwischen Station . . . bis . . . zu ebnen und hinter denselben eine kleine Rinne mit entsprechendem Gefälle anzulegen, zu 1 Thlr. . . .	600	—	—
	Sa. pos. 5.	14736	—	—
6.	Das gesammte Planum nebst den Böschungen während der Bauzeit zu unterhalten, 4 pCt. der Kosten der Erdarbeit ohne Transport von rund . . . Thlr. . .	4350	21	9
7.	Insgemein für Specialaufsicht, Bauhütten, sowie zur Bestreitung der Ausgaben für unvorhergesehene Fälle oder nicht genau zu veranschlagende Gegenstände, namentlich zur Regulirung von Wege- und Vorfluthsangelegenheiten u. s. w. 1½ pCt. der Anschlags-summe, also zur Abrundung	5146	19	9
	Wiederholung.			
	Lösungsarbeiten	105465	7	—
	Transporte von Erdmaterial	141395	8	—
	Ausrodungsarbeiten	4554	—	—
	Entwässerungsanlagen	1424	2	6
	Befestigung der Böschungen	14736	—	—
	Unterhaltungsarbeiten während der Bauzeit	4350	21	9
	Insgemein, Aufsicht und unvorhergesehene Fälle . . .	5146	19	9
	Summa für Erdarbeiten	277071	29	—

Zweiter Abschnitt.

Die Ausführung der Erdarbeiten.

Sechstes Kapitel.

Vorbereitungen.

25. Eintheilung.

Bevor zum eigentlichen Angriff der Erdarbeiten geschritten werden kann, sind im Verhältniß des Umfanges derselben mehr oder weniger ausgedehnte Einrichtungen zu machen oder Vorkehrungen auf dem Felde zu treffen. Geringfügige Arbeiten werden ohne besondere Niederlassungen durch wandernde Arbeiterkolonnen ausgeführt, welche die erforderlichen Geräthschaften mit sich führen und die in verschieden starke Gruppen so eingetheilt werden, daß auf eine stärkere für die Arbeit aus dem Rohen eine schwächere für die Regulirungs-, Planirungs-, Graben- und Befestigungsanlagen etc. folgt.

Anders verhält es sich bei umfangreichen Arbeiten, bei welchen auf einzelnen Punkten eine große Zahl von Arbeitern concentrirt auf längere Zeit beschäftigt wird, oder wo zur Bewegung der Bodenmassen andere als Menschenkräfte in Anwendung gebracht werden müssen. Hier werden oft sehr umfangreiche Anlagen und Vorbereitungen zur zweckmäßigen Einrichtung des Betriebes der Arbeit erforderlich, welche insbesondere die Herbeischaffung der erforderlichen Arbeitskräfte und sonstigen Hilfsmittel, deren Disposition, Unterbringung, Erhaltung und Beaufsichtigung zum Gegenstande haben.

Diese Vorbereitungen sind daher doppelter, nämlich technischer und administrativer Natur.

Zu den Ersteren gehört die Eintheilung und Feststellung in der Reihe der Ausführungen und Zerlegung in verschiedene Arbeitsstrecken oder Baustellen; ferner die Beschaffung der nöthigen Werkzeuge und Geräthschaften, die Anlage der Transportwege, die Abgrenzung der Baustellen, die Entwässerung des Grundes und die Errichtung der verschiedenen Gebäude zur Beaufsichtigung, Magazinirung, Reparatur der Geräte, Unterbringung von Arbeitern und Pferden etc.

Die administrativen Vorbereitungen haben die Heranziehung der nöthigen Arbeitskräfte, deren Unterbringung und Verpflegung, die Handhabung der Sicherheits- und Gesundheitspolizei, sowie die Regulirung des Zahlungs- und Kassenwesens zum Gegenstande.

Insofern diese technischen Vorbereitungen nun auf Grund eines speziellen Dispositionsplanes der Arbeiten selbst richtig getroffen werden können, dieser Gegenstand aber bereits im vorigen Abschnitte behandelt worden ist, die administrativen Dispositionen aber ausschließlich im dritten Abschnitte erörtert werden, so genügt es hier, die Erfordernisse gedrängt zusammenzustellen und die Ausführungsmafsregeln kurz anzudeuten.

26. Geometrische Vorbereitungen.

Bei Feststellung der speziellen Richtung einer zusammenhängenden ausgedehnten Anlage auf dem Felde wird gewöhnlich nur eine Mittellinie derselben abgesteckt, in solcher Art, daß die Endpunkte der geraden Linien, sowie die Tangentpunkte der Krümmungen durch hohe Stangen bezeichnet werden, zwischen welchen die Stationirung durch eingeschlagene Nummerpfähle festgelegt ist. In geeigneten Entfernungen und außerhalb der Grenzen der Anlage sind dann noch die Höhenlagen natürlicher oder künstlicher Festpunkte gegen die der Terrainpfähle und einzelner bestimmter Höhenpunkte der Anlage nivellitisch ermittelt und in einem Register auf einen allgemeinen Horizont reduziert zusammengetragen. Auf dieser als vorhanden anzunehmenden Grundlage kann nun weiter operirt werden.

Zunächst ist vor dem Beginn der Arbeit eine nochmalige genaue Revision aller dieser festgelegten Punkte und erforderlichen Falls deren Ergänzung nöthig, insbesondere, wenn zwischen der Absteckung und dem Beginn der Arbeit ein längerer Zeitraum verlaufen ist und einzelne dieser Punkte verloren gegangen sind. Bei dieser Gelegenheit wird denn auch das genaue Alignement der geraden und die Richtigkeit der ausgesteckten Bahnlinien geprüft und nöthigenfalls rektifizirt.

Nachdem dies geschehen, werden in der Mittellinie des Alignements in Entfernungen von etwa 30 Ruthen Stangen aufgestellt, welche bei den Aufträgen die Höhe derselben erhalten und die durch eine Bretttafel bezeichnet wird. Bei den Abträgen erhalten diese Stangen nur die Höhe von einigen Fuß; es werden an denselben aber auch Bretttafeln angebracht und die Tiefe des Einschnittes mit Zahlen darauf vermerkt. Um das Verwischen der Zahlen an den Nummer- und Fixpunktpfählen, sowie auf diesen Tafeln zu vermeiden, hat es sich als nützlich erwiesen, dieselben einzubrennen.

Eine bedeutende Erleichterung für den Angriff der Arbeiten gewährt es, wenn auf dem Terrain die Linien scharf bezeichnet werden, welche die Grenzen der Anschüttungen und der Einschnitte bilden. Bei seitwärts abhängigem Terrain wird diese Bezeichnung um so nöthiger, als hier die Entfernungen von der Mittellinie nach den Grenzen nicht auf beiden Seiten gleich ist. Die schon für die Raumberechnung des Anschlags aufgestellte Grundbreitentabelle giebt die Ordinaten für diese Absteckung. Da Abpfählungen während der Arbeit nicht wohl zu erhalten sind, so pflegt man diese Grenzlinie durch Ziehung eines kleinen Grabens oder in ebenem Terrain durch eine Pflugfurche zu bezeichnen.

Da diese so eingeschlossene Bodenoberfläche entweder vergraben oder beschüttet wird, so ist es nöthig, vorher den etwa darauf befindlichen Rasen abzustecken oder die fruchtbare Bodenschicht abzulösen, um sie später zur Bekleidung von Böschungen zu benutzen. Bis zur Wiederverwendung muß dieses Material am Fusse der Aufträge oder am oberen Rande der Einschnitte, auf beide Seiten vertheilt, abgelagert werden, wozu der nöthige Raum vorher abzustecken und zu begrenzen ist. Dabei kann eine durchschnittliche Schüttungshöhe von 5 Fuß angenommen und Rücksicht darauf genommen werden, daß zwischen den Grenzen der Anlage und dieser interimistischen Anschüttung mindestens ein Fuß, erforderlichen Falles aber auch Raum für einen Fahrweg übrig bleibt und die Ablagerung an geeigneten Punkten unterbrochen wird, um den Wasserabfluß nicht zu behindern, und Wege zu etwa dahinter zu schüttenden Aussatzboden offen zu lassen.

Bei sehr unebenem Terrain wird es zur richtigen Bemessung der Leistungen in gewissen Perioden öfter nöthig, ein Höhennetz über den zu verarbeitenden Theil

desselben zu legen und für jeden einzelnen Kreuzpunkt die Höhenlage desselben über einen angenommenen Horizont durch Nivellement festzustellen. Bei mehr flachwelliger Beschaffenheit der Oberfläche genügt es, wenn die Quadrate zwei Ruthen, bei steiler abfallender wird es aber nöthig, daß dieselben nur eine Ruthe zur Seite erhalten. Diese Quadrate werden in Netzform aufgetragen und die Höhen der Kreuzpunkte über dem Horizont bei denselben eingeschrieben. Durch Wiederholung des Nivellements dieser Kreuzungspunkte in gewissen Stadien der Ausführung und Ermittlung der Höhendifferenzen wird es dann leicht, die Massen festzustellen, welche von einem Terrain weggenommen oder auf dasselbe angeschüttet sind. Diese Ermittlungsart findet besonders bei der Massenwältigung des aus Seitenentnahmen geförderten Bodens zweckmäßige Anwendung, weil sie den Inhalt desselben in seiner natürlichen Dichtigkeit ergibt, wodurch immer richtigere Resultate erlangt werden, als wenn derselbe in aufgelockertem Zustande in den Anschüttungen gemessen werden muß.

Endlich bleibt noch durch Nivellements festzustellen, in welcher Entwicklung und Richtung die Materialientransportwege zwischen den verschiedenen Gewinnungs- und Ablagerungspunkten angelegt werden müssen, damit die zulässigen Ansteigungen, welche den verschiedenen Transportmethoden eigen sind, nicht überschritten werden, dann aber auch, um alle Vortheile, welche in Bezug auf diese Transporte das Terrain darbietet, vollständig auszunutzen.

27. Einrichtung der Baustelle.

Bei größeren Baustellen, und von solchen kann nur die Rede sein, wenn es sich um besondere Einrichtungen auf derselben handelt, wird zunächst eine Bauhütte erforderlich, in welcher der speziell leitende Baubeamte und sein Hülfspersonal die schriftlichen Arbeiten vornehmen, und in welcher die Pläne und sonstigen Papiere, Instrumente etc. sicher untergebracht werden können. Für die Lage dieser Bauhütte muß ein solcher Platz ausgewählt werden, daß leicht von demselben nach der Baustelle zu gelangen ist, besonders aber, daß von derselben die Baustelle möglichst vollständig übersehen werden kann. Mit dieser Bauhütte wird in der Regel ein Magazin verbunden, in welchem die kleinen Geräthschaften, als Hacken, Bohrer, Hämmer, Keile, Ketten, Laternen, Setzwagen etc., sowie Nebenmaterialien, wie Leder, Oel, Nägel etc. aufbewahrt werden, alles Gegenstände, welche einer sorgsamten Aufsicht bedürfen und beim Ein- und Ausgange gebucht werden müssen.

Für die Reserven an Transportgeräthen, Fahrbahnen etc. werden in der Nähe der Bauhütte im eingezäunten Raume Depots angelegt und die Gegenstände solcher Art aufgestellt, daß der Vorrath leicht übersehen, der Zu- und der Abgang leicht kontrolirt werden kann.

Die Geräte zum Ausbrechen und Sprengen des festen Bodens, sowie diejenigen, welche zu den Transporten des geförderten Materials verwendet werden, bedürfen vielfacher Schärfungen und Reparaturen, weshalb es nöthig ist, auf der Baustelle selbst und möglichst in der Mitte derselben eine Schmiede und nahe dabei eine Stellmacherwerkstätte zu errichten und dieselben mit dem nöthigen Handwerkszeuge und einem angemessenen Vorrath von Unterhaltungsmaterial auszustatten. Die Größe dieser Anlagen richtet sich nach der eigenthümlichen Art der Förderungsarbeiten und der Menge der dabei zur Verwendung kommenden Geräte. Die Lage dieser Werkstätten ist so zu wählen, daß von den Arbeitsstellen leicht und schnell dahin zu gelangen ist, und es eignet sich dazu am besten ein solcher Punkt

auf dem natürlichen Boden, wo der Wechsel zwischen dem größten Abtrage mit dem nächstfolgenden Auftrage stattfindet.

Werden Pferde zur Bodenförderung verwendet, so müssen, sofern sich nicht in passender Nähe Gelegenheit zur Unterbringung derselben findet, Stallungen für dieselben angelegt werden, welche zugleich die nöthigen Futteraufbewahrungsräume und Unterkommen für die Treiber enthalten. Kommen aber beim Bodentransport Bremsberge, stehende Dampfmaschinen oder Lokomotiven in Anwendung, so werden die erforderlichen Anlagen, Gebäude und sonstigen Vorrichtungen, in der Regel nach besonderen Spezialplänen, in der geeigneten Zeit aufgestellt, damit sie beim Eintritt des geeigneten Zeitpunktes zur Benutzung bereit sind.

Das Unterkommen der Arbeiter in möglichster Nähe der Baustelle ist in thunlichster Weise zu befördern, da die Wege, welche von derselben täglich aus den Quartieren nach den Baustellen und zurück gemacht werden müssen, einen Theil der Arbeitszeit und Kraft in Anspruch nehmen, welcher für die Förderung und Oekonomie des Baues verloren geht. Liegen daher die nächsten bewohnten Orte, welche den Arbeitern Unterkommen zu gewähren vermögen, so entfernt, daß der Zeit- und Kraftverlust für Zurücklegung der Wege zu der eigentlichen Arbeitsleistung in Mißverhältniß tritt, dann bleibt nur übrig, auf der Baustelle selbst Anlagen zum Unterkommen in Ausführung zu bringen. Entweder werden große Schlafräume eingerichtet, in welchen die Arbeiter sich nur während der Nacht aufhalten, außerdem aber in Verbindung mit den Kochanstalten Zelte oder Buden errichtet, in welchen dieselben essen und während der Feierstunden sich aufhalten können, oder es werden von den Arbeitern selbst kleinere Hütten angelegt, in welchen 3 bis 4 Mann Unterkommen finden.

Bei großen, über weite Strecken vertheilten Arbeiten müssen auch noch Lazarethe und Krankenstuben für verwundete oder erkrankte Arbeiter angelegt und mit den nöthigen Geräthen etc. ausgestattet werden, während zur Erhaltung der Gesundheit und Reinlichkeit für die Anlage einer ausreichenden Zahl von Brunnen und Abtritten Sorge getragen werden muß.

Da übrigens die Unterbringung der Arbeiter, wie deren Verpflegung wesentlich in den Bereich der administrativen Dispositionen gehört, so wird der Gegenstand im dritten Abschnitte ausführlich behandelt werden, und erstere ist hier nur insofern berührt worden, als die Einrichtung der Baustellen davon betroffen wird.

Beim Fortschritte des Baues selbst werden noch verschiedenartige Einrichtungen auf den Baustellen erforderlich, welche ebenfalls noch als Vorbereitungen zur Ausführung gebracht werden müssen, aber nicht von vorn herein gebraucht werden. Dahin gehören unter anderen Verlängerungen und Verlegung von Fahrgeleisen, Absturzbühnen, Brückenanlagen bei Kreuzungen der Fahrwege in verschiedenen Ebenen, Sicherung der öffentlichen Kommunikationswege durch Aufstellung von Geländern, Anlage von Erd- oder Steindämmen, Warnungstafeln und Erleuchtung derselben, soweit sie in der Nähe von Abträgen liegen etc.

28. Beschaffung von Werkzeugen und Geräthen.

Die Zahl und Gattung der zur Ausführung einer Erdarbeit erforderlichen Werkzeuge und Geräthe wird, wie dies in einem späteren Kapitel dieses Abschnitts gezeigt werden soll, im Zusammenhange mit der Arbeits- und Transportdisposition und aus derselben hervorgehend festgestellt, so daß dieselbe hier als gegeben vorausgesetzt werden kann.

Dieselben bestehen im Wesentlichen

1) für die Lösungsarbeiten

aufser den von den Arbeitern selbst vorzuhaltenden Schaufeln und Spaten in Platt- und Spitzhacken, Brecheisen, Steinkeilen und Hämmern, Steinbohrern und Sprenggeräthen;

2) für die Transporte

in Schienen, Kipp- und Pferdekarren, Karrenbohlen und Fahrplatten, Transportwagen für provisorische Arbeitseisenbahnen mit dem dazu gehörigen Gestänge, Weichen, Drehscheiben, beweglichen Absturzbühnen, schiefen Ebenen etc. Ferner gehören auch noch dazu die Mittel zur Erzeugung der bewegendenden Kraft, als Pferde und Dampfmaschinen etc.;

3) für die Auftrags- und Planirungsarbeiten

in Stampfern, Böschungsschlägern, Visirstäben und Tafeln, Setzwaagen, Tracirleinen, Harken, Giefskannen etc.

Sind die Geräthschaften schon bei einem früheren Bau im Gebrauch gewesen, dann ist eine sehr sorgfältige Untersuchung des Zustandes derselben und eine recht gründliche Reparatur dringend nothwendig, da sonst leicht der sehr störende Fall eintritt, daß der größte Theil der Geräte nach kurzem Gebrauch dienstunfähig wird, was besonders dann leicht geschieht, wenn die Geräte längere Zeit nicht gebraucht, der Witterung ausgesetzt oder in verschlossenen Räumen ohne Lüftung untergebracht waren.

Besonders ist hierauf beim Ankauf schon gebrauchter Geräte Rücksicht zu nehmen, und selten wird die dadurch beabsichtigte Ersparniß erreicht. Es ist daher zu vermeiden, einen irgend dringlichen Bau ausschliesslich mit schon gebrauchten Geräthschaften in Angriff zu nehmen, und der Sicherheit angemessen, immer mindestens $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ neubeschaffter Geräte dabei in Gebrauch zu nehmen.

Die besonderen Eigenschaften und die gewöhnlichen Beschaffungskosten der Geräte sind an einer anderen Stelle angegeben, und hier bleibt nur im Allgemeinen anzuführen, daß es sich immer als vortheilhaft erwiesen hat, bei Anschaffung derselben mehr auf die möglichste Vollkommenheit als auf den niedrigen Preis zu sehen. Mit vorzüglichen Geräthschaften wird bei gleichem Kraftaufwande ungleich mehr geleistet, sie halten länger, veranlassen weniger Unterbrechungen und Kosten durch Reparaturen und haben nach Vollendung der Arbeit einen höheren Werth als die weniger guten. In England, wo dies Prinzip von jeher festgehalten ist, wufste man diese Vorzüge vollkommener Werkzeuge nach Werth zuerst zu schätzen; in Deutschland ist man erst seit Kurzem gefolgt, demselben praktisch Anerkennung zu zollen.

29. Heranziehung der Arbeiter.

Obgleich dieser Gegenstand im Allgemeinen administrativer Natur ist und mit seinen Details im dritten Abschnitt behandelt werden wird, so ist derselbe doch in Bezug auf die Vorbereitungen zur Einleitung eines Baues und auf den technischen Theil desselben von so wesentlichem Einfluß, daß es nöthig ist, schon an dieser Stelle diejenigen Gesichtspunkte festzustellen, welche vorzugsweise auf die eigentliche Ausführung der Arbeit Bezug haben.

Erdarbeiten können, wenn sie von einiger Erheblichkeit sind, nicht wohl anders als von in Verbände zusammengetretenen Arbeitern ausgeführt werden, insbesondere, wenn für die Vollendung ein gewisser Termin festgestellt ist. Nur bei Verbandsarbeiten kann der vorhandene Raum für Lösung und Anschüttung regel-

mässig besetzt, jeder Transportweg ohne gegenseitige Störung benutzt werden, und nur unter diesen Bedingungen ist ein gleichförmiger geregelter Fortschritt der Arbeit möglich. Bei dieser Arbeitsmethode wird nicht nur bessere Arbeit erzielt und Zeit erspart, sondern auch die grösste Oekonomie erzielt, weil dabei die Arbeitskräfte zur vollständigsten Entwicklung kommen und die Geräthe und sonstigen Hilfsmittel zur grösstmöglichen Ausnutzung gelangen.

Es liegt in der Natur der Sache, dass bei einer solidarischen Verhaftung für die Ausführung einer gewissen Arbeit zu einem festgesetzten Preise in einer bestimmten Zeit nur solche Arbeiter in einen Verband zusammentreten können, deren Körperkraft, Fleiss und Geschicklichkeit oder Uebung nahezu gleich sind. Arbeiter, welche unter der mittleren Leistungsfähigkeit stehen, würden nicht nur die Arbeiten der Gefährten aufhalten, sondern dieselben auch bei gleicher Theilung des Verdienstes noch anderweit benachtheiligen. Solche Arbeiter werden immer bald aus solchem Verband entfernt und müssen Aufnahme in einem andern suchen, wo die mittlere Leistungsfähigkeit der Mitglieder der ihrigen gleich steht. Alle Versuche, welche gemacht worden sind, weniger starke und geübte Leute in einen Verband zu bringen und sie dadurch zu Mehrleistungen zu zwingen, sind ohne Erfolg geblieben.

Ein solcher Verband von Erdarbeitern, der durch frei zusammentretende Theilnehmer gebildet wird, führt den Namen „Schacht“ und ist in althergebrachter Weise organisirt. Die Grundlage, auf welcher ein Schachtverband beruht, ist immer die gemeinschaftliche Arbeit, in Ausführung einer gewissen Anlage in Accord für einen vorher bestimmten Preis, welcher nach Vollendung der Arbeit, nach feststehenden Verhältnissen, unter die Mitglieder des Schachtes zur Vertheilung gelangt.

Je nach dem Umfange der übernommenen Arbeit, der Räumlichkeit der Baustelle und dem festgestellten Vollendungstermine wechselt die Zahl der Mitglieder eines Schachtes. Vorsteher eines solchen Verbandes ist der Schachtmeister, welcher selbst Arbeiter gewesen sein muss und mit den nöthigsten Schulkenntnissen ausgerüstet, die nöthige Uebung und Erfahrung erlangt hat, eine Arbeit richtig abzustecken, deren körperlichen oder Flächeninhalt zu ermitteln und nach Beschaffenheit der Bodenart, der Transportweiten den Preis zu berechnen, für welchen die Arbeit ausgeführt werden kann. Ausserdem müssen dieselben die nöthigen Eigenschaften des Charakters besitzen, welche nöthig sind, das Vertrauen der Arbeiter auf ihre Rechtlichkeit und Zuverlässigkeit zu begründen und die nöthige Autorität zu sichern.

Die Schachtmeister lernen sich schon als Knaben, später als Arbeiter und Vorarbeiter in anderen Schächten selbst an und melden sich als fertig, wenn sie glauben, einer genügenden Zahl von Arbeitern das Vertrauen einzuflössen, welches nöthig ist, sich ihrer Führung anzuvertrauen. Tüchtige Schachtmeister haben gewöhnlich schon aus ihren früheren Verhältnissen eine ausgebreitete Bekanntschaft unter den Erdarbeitern einer Gegend und wissen zu beurtheilen, welche derselben zusammengehören, um einen gleichmässig arbeitenden Schacht zu bilden. Andererseits werden aber tüchtige und erfahrene Schachtmeister wieder von den Arbeitern sehr gesucht, weil sie wohl wissen, dass es sehr von der richtigen Spezialdisposition der Arbeit, einer zu treffenden Preisfeststellung und von Erhaltung der Zucht und Ordnung, was alles dem Schachtmeister obliegt, abhängt, um ein gutes Lohn zu verdienen.

Streng genommen bildet sich ein Schacht immer nur für eine einzelne, bestimmt abgeschlossene accordirte Arbeit, nach deren Vollendung sich derselbe auflösen, einzelne Mitglieder entlassen oder andere aufnehmen kann. Gut organisirte und geleitete Schächte bleiben aber gewöhnlich während einer ganzen Bauperiode

und so lange sie Beschäftigung finden, zusammen. Die Arbeiter pflegen aber auch nach Vollendung einer Arbeit mit ihrem bewährten Schachtmeister in einer solchen Verbindung zu bleiben, daß er, bei wieder vorkommenden Arbeiten, den Schacht schnell zusammenbringen kann.

Außer dem Schachtmeister befinden sich bei jedem Schachte einige Vorarbeiter, welche zwar nur einfache Mitglieder des Schachtes sind, aber die meiste Uebung und Geschicklichkeit besitzen. Dieselben werden zu den schon mehr Kunstfertigkeit erfordernden Arbeiten, Planirung der Böschungen, Grabenanlagen, Felsen Sprengungen, sowie zur Anführung der Karrenkolonnen verwendet und erhalten, gleich dem Schachtmeister, aus der Accordsumme eine vorher festgestellte Zulage voraus, bevor zur gleichmäßigen Vertheilung des Restes unter sämtliche Mitglieder des Schachtes geschritten wird. Diese Vorarbeiter werden von dem Schachtmeister ernannt oder entlassen.

In den letzten Jahren wurden die Schachtmeister mehr Akkordanten, bekamen einen Preis für eine bestimmte Leistung gestellt und organisirten ihren Schachtverband nunmehr nach dem Prinzip der Arbeitstheilung, so daß sie z. B. in einem Waggonschacht für's Lösen und Laden ein bestimmtes Akkordlohn geben, desgl. für die Wagenbegleitung und das Auskippen und Planiren, während sie die Zugkraft selbst stellten und für die getroffene Organisation, Leitung und Ueberwachung der Arbeit sich selbst einen bestimmten Verdienstantheil aussetzten. Hierbei ist es nöthig, daß sich die Bauverwaltung alle jene Abkommen vorlegen läßt, sie prüft und deren Innehaltung überwacht. —

Zur Vertretung der Gesamtinteressen des Schachtes, sowohl dem Schachtmeister als der Bauverwaltung oder anderen Dritten gegenüber, wählt der Schacht zwei Deputirte, gewissermaßen Vertrauensmänner, welche bei den Accordabschlüssen, Gelderhebungen und Vertheilungen, sowie bei etwaigen Beschwerden oder Reklamationen zugezogen werden. In solcher Weise werden die immer sehr unruhigen Verhandlungen mit der Gesamtheit des Schachtes und leicht daraus hervorgehende tumultuarische Zusammenrottungen vermieden.

Um daher die zur Ausführung einer Erdarbeit nöthigen Mannschaften heranzuziehen, ist es der beste und sicherste Weg, eine dem Umfange derselben und der Menge der dabei zu verwendenden Arbeiter entsprechende Zahl von Schachtmeistern zu engagiren, wobei es dann freilich von großem Werthe ist, wenn dieselben den bauleitenden Beamten hinsichts ihrer Leistungen und Zuverlässigkeit schon bekannt sind, da dieselben der Bauverwaltung keine andere Garantie als den Ruf ihres früheren Verhaltens zu leisten vermögen. Ist mit diesen so berufenen Schachtmeistern über die Arbeitsgrundsätze und Bedingungen, sowie über die zu gewährenden Preise, etwa durch Anerkennung der für den Bau festgestellten Preisregister, ein allgemeines Abkommen getroffen, so kann es ihnen überlassen bleiben, die nöthigen Schachtarbeiter anzuwerben und den Schacht zu konstituiren. Dieser Weg ist jedenfalls demjenigen vorzuziehen, bei welchem die einzelnen Arbeiter von der Bauverwaltung angenommen und den Schachtmeistern überwiesen werden. Selten gelingt es, in dieser Art einen gleichmäßig arbeitenden Schacht zusammen zu bringen oder dem Schachtmeister das nothwendige Ansehen zu verschaffen, welches er in einem von ihm selbst engagirten Schachte genießt. Gewöhnlich entstehen schon gleich im Anfange Misshelligkeiten in so zusammengesetzten Schächten, welche dann immer die Ausstoßung ungefügiger Arbeiter, oder den Wechsel des Schachtmeisters, oder am häufigsten die Auflösung des ganzen Schachtes zur Folge haben. Dabei ist ein geregelter Gang der Arbeiten nicht zu erlangen, und oft geht eine

sehr kostbare Zeit verloren, bis die Schächte nach allen solchen Zwischenfällen fest organisirt sind und regelmässig arbeiten.

Für gewisse Nebenarbeiten, Stampfen, Reinigen der Fahrbahnen, Wasserschöpfen, Wartung der Pferde und ähnliche Beschäftigungen, welche nicht füglich in Accord ausgeführt werden können und keine grosse körperliche Anstrengung erfordern, finden sich immer Leute genug in der Umgebung des Baues, welche aber, in Tagelohn arbeitend, selten viel leisten und daher strenge beaufsichtigt werden müssen. Diese anzunehmen muß aber erst recht dem Schachtmeister überlassen bleiben.

Als Handwerker in der Schmiede und Stellmacherei werden mit Vorthail solche engagirt, welche schon mit Unterhaltungsarbeiten an Baugeräthschaften beschäftigt waren, darin Uebung erlangt haben und aus Erfahrung wissen, welche besonderen Eigenschaften die verschiedenen Werkzeuge für gewisse Arbeiten besitzen müssen und welche Theile derselben am meisten dem Verderb und der Abnutzung ausgesetzt sind. So viel als thunlich ist darauf hinzuwirken, daß die am häufigsten vorkommenden Reparaturen für bestimmte Accordsätze ausgeführt werden.

Es bleibt endlich noch übrig, ein geeignetes und zuverlässiges Aufsichtspersonal heranzuziehen, für die spezielle Ueberwachung der Arbeiten und zur Hülfeleistung bei den Absteckungen und periodischen Abnahmen der Accordarbeiten. Wenn diese Aufseher auch nicht weiter in die speziellen Dispositionen der Schachtmeister einzugreifen haben, so sind sie doch berufen, die plan- und vorschriftsmässige Ausführung der Arbeiten zu überwachen, für das ungehinderte Nebeneinanderarbeiten der verschiedenen Schächte zu sorgen und solche Anordnungen zu treffen, daß ein gleichmässiger Fortschritt der Arbeiten gesichert wird. Ihrer besonderen Obhut ist die ordnungsmässige Behandlung aller Geräthschaften anvertraut, und sie haben die rechtzeitigen Auswechslungen, Reparaturen und Magazinirung zu veranlassen. Sie führen das Inventarium dieser Geräte, Rechnung über die ausgeführten Reparaturen und ein Tagebuch über alle beschäftigten Arbeiter, Pferde etc., sowie über sämtliche eingegangene und zur Verwendung gekommene Materialien.

Aus dieser Aufzählung der Beschäftigung der Bauaufseher ergibt sich schon im Allgemeinen, welche Eigenschaften dieselben besitzen müssen, um als brauchbar und zuverlässig bezeichnet werden zu können. Es ist daher grosse Vorsicht bei Annahme derselben zu empfehlen, und nur solche sollten als Aufseher zugelassen werden, welche nicht nur die nöthige technische Befähigung besitzen, sondern auch durch ihre Haltung und Zuverlässigkeit im Stande sind, ihre Autorität den Schachtmeistern und den Arbeitern gegenüber aufrecht zu erhalten. Leider hat man hierbei meistens über mangelnde technische und moralische Qualifikation zu klagen, indem eine Menge Personen, welche in allen anderen Berufsfächern Schiffbruch gelitten, sich für tüchtig genug halten, eine Aufseherstelle zu bekleiden. Grubensteiger, jüngere Maurer-, resp. Zimmerpoliere und zuweilen auch Oekonomen und Unteroffiziere von der Artillerie und den Pionieren sind die geeignetsten Personen dazu, ein robuster Körper, Nüchternheit, Wahrheitsliebe und Pünktlichkeit die am meisten zu schätzenden Eigenschaften derselben.

Siebentes Kapitel.

Bildung der Abträge oder Einschnitte.

30. Allgemeine Grundsätze.

Bevor auf die speziellen Bearbeitungsarten und die bei den verschiedenen Bodenarten gemachten Erfahrungen näher eingegangen wird, ist es, um spätere Wiederholungen zu vermeiden, nöthig, einige allgemeine Bemerkungen über die maßgebenden Bedingungen bei der Ausführung von Abträgen vor auszuschicken, wonach sich dann die Anforderungen in den einzelnen Fällen leichter feststellen lassen.

Zweck der Abträge oder Einschnitte ist die Bildung eines Planums unter der Oberfläche des natürlichen Bodens, und hierbei sind die Standfähigkeit der Wände und die Sicherung des Planums in seiner richtigen Höhenlage, sowie gegen Ueberfluthung und Verschüttung, wesentliche Erfordernisse zur Erreichung des besonderen Zweckes.

Die Standfähigkeit der Wände eines Einschnitts wird, wenn nicht Futtermauern in Anwendung kommen, von denen indess vorläufig abgesehen werden kann, durch, der Beschaffenheit des Bodens entsprechende Böschungen und durch Sicherung derselben gegen die zerstörenden Einflüsse der Witterung und insbesondere des Wassers erzielt. Die richtige Lage des Einschnittsplanums, seine Festigkeit und Freihaltung gegen Schnee- und Sandverwehungen wird durch vollständigste Entwässerung, Schutzdämme oder künstliche Befestigung erlangt.

Als größter Feind in Anlage und Erhaltung der Einschnitte ist das Wasser zu bezeichnen, sowohl dasjenige, welches als atmosphärischer Niederschlag unmittelbar auf die Oberfläche derselben einwirkt, als das der Quellen, welches unsichtbar den Boden durchdringt und nach Beschaffenheit des Bodens grössere oder geringere Zerstörungen hervorzubringen vermag. Diese Niederschläge und Quellen vollständig abzufangen und das Wasser derselben unschädlich abzuführen, ist daher eine der wichtigsten und für die Dauer des Werkes unerläßlichsten Bedingungen bei derartigen Anlagen. Gelingt dies vollkommen, so ist die Standfähigkeit, selbst bei sonst wenig geeigneter Bodenbeschaffenheit als gesichert zu betrachten.

Der Wasserandrang erschwert aber auch schon die Ausführung der Arbeiten selbst in bedeutendem Mafse, weshalb es als Regel gelten kann, alle Einschnitte, besonders aber solche, in welchen irgend Quellen anzutreffen erwartet werden muß, nur nach aufsteigender Richtung in Angriff zu nehmen, damit sowohl das Regen- als das Quellwasser immer einen geregelten Abfluß erhält, die Arbeit möglichst im Trockenen ausgeführt werden kann und das geförderte Material, besonders wenn es zu Aufträgen verwendet werden soll, nicht durchnäßt wird.

Erhält die Sohle des Einschnitts kein für diese Wasserabführung genügendes Gefälle oder fällt dieselbe theilweise gar in entgegengesetzter Richtung der Bodenförderung ab, so empfiehlt es sich, eine provisorische Sohle mit hinlänglichem Gefälle anzulegen und erst später, nach Beseitigung der Hauptmassen und nachdem eine definitive Wasserlösung hergestellt ist, die Sohlenlage planmäfsig zu vollenden. Fig. 1 Blatt II wird dies anschaulich machen; zwischen *a* und *b* hat die planmäfsige Sohle eines Einschnitts so wenig Gefälle, daß das Wasser ohne geregelte Gräben

nicht abfließen kann, und von *b* bis *c* fällt dieselbe in entgegengesetzter Richtung ab, während das Material zum großen Theil noch über *a* hinaus gefördert werden muß. In solchen, häufig vorkommenden Fällen wird die provisorische Sohle *a d* mit stärkerer Ansteigung gebildet, und erst wenn der ganze, dem Längenschnitt über *a d* angehörige Körper in abfallender Richtung gefördert ist, der Keil *a d e* herausgenommen und gleichzeitig mit den regelmäßigen Entwässerungsgräben versehen. Von der ^{Makro}Wasserdisposition hängt es dann ab, ob der Körper *b e c* über *a* oder *c* hinaus gefördert werden muß. Der letzte Fall macht keine Schwierigkeiten, im ersteren ist es aber gut, zunächst einen schmalen Durchbruch zwischen *b* und *c* anzulegen, um eine Entwässerung über den Punkt *c* hinaus zu erlangen.

Die Einschnittsarbeiten werden gewöhnlich an den sogenannten Neutral- oder denjenigen Punkten begonnen, wo Auftrag mit Abtrag wechselt. Soweit das Material geworfen werden kann, wird es damit aus dem Einschnitt in den Auftrag gefördert; dann aber müssen Karrenfahrten eingerichtet werden, um es auf größere Entfernungen transportieren zu können. Dabei ist vornehmlich auf Gestaltung günstiger Angriffspunkte für die Lösung des Bodens und zweckmäßige Transportwege mit angemessenen Gefällen aus den Einschnitten nach den Aufträgen hinzuwirken. Ersteres wird durch Bildung eines 4 bis 6 Fuß breiten, 3 Fuß tiefen Einschnitts erlangt, auf dessen Sohle die Karrenfahrten angelegt werden, so daß der Boden zur Seite derselben abgestochen unmittelbar in die Karren geladen werden kann, welche in dichtgeschlossener Reihe hintereinander stehen und eine Karrenkolonne bilden. Mit der Verbreiterung dieses Einschnitts rücken die Fahrten immer wieder an die Einschnittswand nach, und ist derselbe so erweitert, daß zwei Fahrten hineingelegt werden können, so wird auch die andere Wand in Angriff genommen und dafür eine zweite Arbeiter- und Karrenkolonne angestellt. Sobald die Einschnittsbreite genügend ist, um eine dritte Fahrt anlegen zu können, so wird in der Rückwärtsverlängerung der zweite Fördergraben angelegt und mit demselben gleich dem ersteren verfahren. Fig. 2 Taf. II zeigt einen solchen Arbeitsbeginn.

Ist durch die zuerst vorgegangenen Kolonnen der Einschnitt in seiner vollen oberen Breite und in der Tiefe des ersten Absatzes ausgehoben, so wird in der Mitte desselben wieder ein schmaler, etwa 3 bis 4 Fuß tiefer Einschnitt angelegt und mit demselben wieder ebenso verfahren, wie beim ersten gezeigt worden ist. Im Verhältniß der Tiefe des Einschnitts folgen dann noch mehrere Arbeiterkolonnen, welche wie die ersteren arbeiten, nur mit dem Unterschiede, daß die Karrbahnen der hinterliegenden Kolonnen immer auf den Absatz gelegt werden, welchen die vorhergehende beim Tiefergange zur späteren Bildung der Böschungen terrassenförmig stehen läßt. Fig. 3 Taf. II zeigt diesen Fortschritt einer solchen Arbeit, welche in solcher Art fortgesetzt wird, bis die planmäßige Sohle des Einschnitts überall erreicht ist. Dann erst werden die in Absätzen stehenden Einschnittswände nach den vorgeschriebenen Böschungen placirt, mit Bankettengräben versehen.

Nach Maßgabe der örtlichen Verhältnisse unterliegen diese normalen Dispositionen mehr oder minder wesentlichen Abänderungen bei starken Ansteigungen des abzugrabenden oder steilem Abfall des zu beschüttenden Terrains. Würden z. B. die der Länge des Einschnitts nach anzulegenden Karrbahnen ein für die Förderung zu starkes Gefälle erhalten müssen, so empfiehlt es sich, dieselben der Quere nach anzulegen, dadurch den Weg zu verlängern und das relative Gefälle zu vermindern. Die Angriffslinien des Bodens liegen dann terrassenförmig übereinander, wie solches in Fig. 4 Taf. II angedeutet worden ist.

Wird der Transport des geförderten Bodens von vorn herein mit Kipp- oder Pferdekarren bewirkt, so können die einzelnen Förderungsabsätze eine grössere Tiefe von 8 bis 12 Fufs erhalten, weil dabei ein Theil des Materials schon beim Lösen in die Karren geworfen werden kann und Wände in solchen Höhen überhaupt vortheilhafter zu bearbeiten sind als niedrige. Mehr als 12 Fufs tiefe Angriffswände sind aber, als für die unten beschäftigten Arbeiter gefährlich, zu vermeiden.

Wenn das aus den Einschnitten geförderte Material entweder gar nicht oder nur theilweise zur Bildung von Aufträgen verwendet werden soll, so wird das überflüssige, um an Transportkosten zu ersparen, in der Regel zur Seite des Einschnitts und parallel mit den Rändern desselben in Dammform ausgesetzt. Diese aufgelagerten Bodenmassen können zugleich als Schneefänge und auf abhändigem Terrain als Wasserschutzdämme benutzt werden und sind daher geeignet, wesentlich mit zur Sicherung der Einschnitte beizutragen. Sie können denselben aber auch sehr nachtheilig werden, wenn der Boden, auf welchem dieses Material abgelagert wird, locker ist oder aus auflöslichen, wasserführenden, gegen den Einschnitt zu geneigten Schichten besteht. In beiden Fällen wird der Boden, welcher die Wände des Einschnitts bildet, in denselben hineingedrückt, worauf dann der Aussatzboden von selbst nachstürzt und den Einschnitt verschüttet. Setzen sich die abfallenden weichen Schichten noch unter der Sohle des Einschnitts fort, so geschieht es nicht selten, daß diese selbst in Folge des drückenden Aussatzbodens gehoben wird. Selbst bei günstig geschichtetem Boden ist es nicht rathsam, den Aussatzboden zu nahe den Rändern des Einschnitts abzulagern, und es darf als Regel angenommen werden, daß dies auf Torfboden und stark abfallenden Bodenschichten überhaupt zu vermeiden ist, bei festem Erdreich nach Verhältniß der Tiefe des Einschnitts, mindestens 12 bis 15 oder 20 Fufs von den Einschnittswänden entfernt gehalten werden muß. Dabei ist es dann in mehrfacher Beziehung nützlich, die Oberfläche des Aussatzbodens vollständig zu ebnen und zu befestigen, um das Eindringen des Regenwassers und damit seine Auflösung zu verhindern. Insbesondere ist aber die dem Einschnitt zugekehrte Böschung des Aussatzbodens flach zu halten und zum Benarben zu bringen, während die ebenso befestigte Oberfläche einen Abhang nach der entgegengesetzten Seite hin erhält, wo dann das abfallende Regenwasser in einem Graben gesammelt und an geeigneter Stelle abgeführt wird, wie aus dem Querschnitt Fig. 5 Taf. II näher ersichtlich ist.

Die bisher erörterten Verhältnisse beziehen sich im Allgemeinen auf flaches oder mäßig hügliges Terrain. Im Gebirge wechseln dieselben aber in solcher Mannigfaltigkeit, daß bestimmte Vorschriften sich nicht für alle Fälle geben lassen und es für jede Oertlichkeit einer besonderen Prüfung bedarf, inwiefern die allgemeinen Regeln Anwendung finden können, oder welchen Modifikationen sie unterworfen werden müssen.

Uebrigens finden die Regeln, welche in Betreff der Einschnitte vorgetragen sind, auch Anwendung bei den Anschnitten, welche nur auf einer Seite von einer Einschnittswand begrenzt sind, auf der anderen aber in den natürlichen Boden auslaufen oder durch eine Anschüttung begrenzt werden.

31. Lösung des Bodens.

Nach Verschiedenartigkeit des zu verarbeitenden Bodens, in Betreff seiner Beschaffenheit, Lagerung und seines inneren Zusammenhanges, wechseln auch die Lösungsarbeiten desselben und in Folge dessen die dazu erforderlichen Werkzeuge

und sonstigen Hilfsmittel. In Bezug hierauf lassen sich die Bodenarten in lockere, dichte und feste Erde, loses und festes Gestein eintheilen, und sie sollen in dieser Folge einzeln betrachtet werden.

a) Lockere Bodenarten.

Zu denselben gehören insbesondere Moor, Torf, Gartenerde und feiner ungemischter Sand.

Diese Materialien besitzen in sich einen so geringen Zusammenhang und die Bestandtheile derselben befinden sich in einem solchen Zustande der Trennung, daß es einer besonderen Lösung desselben eigentlich nicht bedarf und dasselbe unmittelbar von seiner Lagerstelle mit gewöhnlichen Schaufeln gefördert und verladen werden kann.

b) Dichte Bodenarten.

Zu denselben wird vorzugsweise der Lehm gerechnet, welcher in großer Verbreitung als obere Deckschicht festerer Lager angetroffen wird und mit einer Lage fruchtbarer Erde überdeckt ist. Der Lehm wird in den verschiedenen Abstufungen seiner Dichtigkeit, je nachdem er mit mehr oder weniger Sand vermischt ist, und so lange er nicht ein Uebermaß von beigemischten Steinen enthält, wie es in den unteren Schichten häufig der Fall ist, als Stichboden betrachtet, d. h. derselbe läßt sich mit dem Spaten lösen und in einzelne plattenförmige Stücke vertheilen. Da dieses Material in der Regel gleichzeitig mit der Lösung auch verladen wird, so muß der dazu verwendete Spaten auch die Eigenschaften einer Schaufel besitzen. Diese Vereinigung findet sich in der sogenannten schlesischen Schippe, deren Blatt mit dem hölzernen Stiel aus einem Stücke besteht, etwas nach vorn gebogen mit einer Stahlschneide versehen ist, wie Fig. 7 Taf. II zeigt. Das sehr kräftige Blatt, dessen Obertheil breit genug ist, um es mit dem Fuß in den festen Boden treiben zu können, wirkt wie ein Keil, schneidend und ablösend, während die leichte Biegung desselben, das Abgleiten des Bodens verhindert und das Werfen erleichtert.

Der gewöhnliche eiserne Spaten, wie er bei der Gartenarbeit im Gebrauch ist, besitzt keine dieser Eigenschaften und eignet sich daher sehr wenig zu der Lösung festen Bodens.

Bei höheren Abtragswänden dieser Bodenart gewährt es Vortheil, die oberen Lagen mit Keilen abzuspalten, wodurch größere Massen gleichzeitig gelöst werden, die beim Hinunterfallen sich in verladungsfähige Stücke zertheilen oder doch mit geringer Arbeit in solche zerschnitten oder zerschlagen werden können. Zu diesen Abspaltungen bedient man sich hölzerner Keile, welche mit Schlägeln Fig. 8 Taf. II eingetrieben werden. Erstere erhalten bei 3 Fuß Länge 8 bis 10 Zoll, letztere 12 bis 14 Zoll Durchmesser; beide werden zur Verhütung des Aufspaltens mit eisernen Reifen gebunden. Eine gewisse Anzahl solcher Keile wird in Entfernungen von 2 bis 3 Fuß, parallel dem oberen Rande, 3 bis 5 Fuß von demselben entfernt eingesetzt und möglichst gleichmäßig eingetrieben, worauf dann die keilförmige Abspaltung des Bodens erfolgt.

c) Feste Bodenarten.

Unter diese Bodenkategorie zählen vorzugsweise alle Thonarten, zu welchen auch die Letten, Keuper und Liasmergel und ähnliche Bodenarten gehören. Auch mit Thon oder Lehm verbundener Kies wird noch zu dieser Klasse gerechnet.

Diese Bodengattungen lassen sich nicht mehr mit dem Spaten fördern, wohl aber, wenn sie in größeren Massen gelöst sind, mit der Schaufel vertheilen. Einige derselben, besonders klüftiger Mergel, sind noch in der vorbezeichneten Art mit Keilen zu lösen, beim Thon ist dies aber schon viel weniger der Fall, da wegen der Zähigkeit desselben die Keile wohl eindringen, aber keine Spaltungen erzeugen, es sei denn, daß derselbe sehr mager oder schon schiefrig ist. Sonst muß dieses Material durchweg mit der Plathacke, wie Fig. 9 Taf. II eine solche darstellt, gelöst werden. Feuchter Thon haftet an den Lösungsgeräthschaften und ist aus diesem Grunde, insbesondere bei feuchter Witterung, wo der Boden und die Wände schlüpfrig werden, ein sehr schwierig zu verarbeitendes Material.

Wenn auch mehrfach versucht worden ist, eigentliche Thonlager mit Pulver zu sprengen, so hat doch der Erfolg nur selten den Erwartungen entsprochen, da wegen der dieses Material charakterisirenden Zähigkeit außer dem Minenkegel keine weitere Lösung stattfindet, nur wenn die Thonwände gefroren waren, hat sich zuweilen das Abschießen der äußeren Lagen bewährt. Bei trockenem Mergelboden, besonders im Keuper hat dagegen die Anwendung von Minen sehr guten Erfolg gehabt, der sich zwar nicht sowohl durch unmittelbare Erzeugung von Abträgen, als durch Erschütterungen des Bodens geäußert hat, durch welche aber die Förderung ungemein erleichtert wird. Da bei diesen Sprengungsarbeiten der Erfolg von mancherlei örtlichen Umständen abhängt, so wird die Beschreibung eines speziellen Falles nützlicher sein, als die Aufstellung von doch nicht erschöpfenden Regeln.

Zur Schüttung eines langen 140 Fuß hohen Dammes in der Gebirgsabtheilung der westfälischen Eisenbahn mußte das dazu geeignete Material von einer seitwärts liegenden, aus Keupermergel bestehenden hohen und ziemlich steilen Wand entnommen werden. Der Abtrag derselben wurde zwar terrassenförmig in Angriff genommen, da aber die Arbeiter in den höheren Lagen wegen des weiteren Transportes den in den unteren nicht folgen konnten, so wurde die Wand immer steiler, so daß ohne Gefahr an derselben nicht länger gearbeitet werden konnte, und zur Gewinnung des in großen Massen erforderlichen Materials nur die Lösung durch Minen übrig blieb. Beim ersten Versuche wurde der Hauptminengang 3 Fuß breit 4 Fuß hoch, ganz ausgezimmert 60 Fuß lang, rechtwinklig auf die Richtung der Wand eingetrieben und vom Endpunkte dieses Ganges nach beiden Seiten unter rechten Winkeln zwei Flügel, jeder von 70 Fuß Länge nach demselben Querprofil angelegt. Am Ende jedes derselben wurde der Minenofen 7 Fuß im Durchmesser ausgebrochen und auf untergelegtem Stroh, um die Erdfeuchtigkeit davon abzuhalten, 4 Centner Pulver in angebohrten Fässern eingebracht. Von jedem dieser Oefen wurden dreifache Zündschnüre durch die Gänge bis ins Freie geführt und letztere mit Steindämmen versetzt und mit Erde und Dünger wieder ausgefüllt, wie aus Fig. 11 Taf. II zu sehen ist. Die Entzündung erfolgte in beiden Oefen gleichzeitig; ein geringes Heben des Bodens und eine Bodenerschütterung in einer Ausdehnung von etwa 250 Ruthen Länge machte sich bemerkbar, dann entstand aber vollständige Ruhe. Der unmittelbar gelöste Boden enthielt nur etwa 10 Schachtruthen, und der Versuch wurde schon als mißlungen betrachtet, als nach etwa 14 Tagen sich Risse in der Außenfläche der Wand zeigten, dieselbe sich allmählich auflockerte und durch Herabrieseln des Materials sich vor der Wand eine etwa einfüßige Böschung gestaltete. Vom Fusse derselben wurde nun das Material weggeladen, welches sich aber fortwährend durch neu herabkommendes wieder ersetzte. In solcher Weise sind, durch diese einzige Mine gelöst, gegen 20,000 Schachtruthen Boden gefördert worden. Der Kostenaufwand

war ein verhältnißmäßig sehr geringer und betrug für Anlage, Verzimmerung, Verdämmung und Füllung der Minengänge und der Oefen . . .	71 Thlr. 25 Sgr.,
für 8 Centner Pulver à 12½ Thlr.	100 - — -
- 360 Fuß Zündschnur	5 - — -
- die Pulvertonnen	3 - 15 -
zusammen	180 Thlr. 10 Sgr.,

es kostete die Schachtruthe hiernach wenig über $\frac{1}{4}$ Sgr. zu lösen.

Solcher Minen sind demnächst noch mehrere in der weiteren Ausdehnung der Wand mit gleich gutem Erfolge angelegt worden. Die Abweichungen vom vorgeschriebenen Verfahren beschränkten sich darauf, daß die Oefen nicht in der geraden Verlängerung der Flügelgänge, sondern unter einem rechten Winkel von denselben abgezweigt, der Hauptgang gleich dem jedes der beiden Flügel 84 Fuß lang und die Sohle derselben zur besseren Abführung des Quellwassers mit entsprechender Steigung angelegt wurden. — An den österreichischen Gebirgsbahnen hat man seit einer Reihe von Jahren diese Minen mittelst einer galvanischen Batterie angezündet.

d) Loses Gestein.

Es sollen verwittertes Tagegestein, Thonschiefer, fein zerklüftete Lagen von Sandstein, Kreidekalk, abgeschobenes Gerölle und selbst noch grobe Geschiebe mit der Bezeichnung „loses Gestein“ zusammen gefaßt werden.

Dieser im Wesentlichen aus größeren oder kleineren Steinstückchen und Trümmern bestehende Boden ist mit Rissen und Klüften fast nach allen Richtungen durchzogen, welche meistentheils mit weichem Material, Lehm oder Thon, ausgefüllt sind, so daß die einzelnen Steinstücke dadurch einen festen Zusammenhang zeigen. Oft sind aber diese Füllungen vom Wasser ausgewaschen, und der Zusammenhang ist dann ein so geringer, daß die Lösung wenig Arbeit erfordert.

Zu dieser Lösung wird mit Vortheil die Spitzhacke angewendet, wobei es besonders auf die Geschicklichkeit ankommt, die richtigen Fugen zu treffen und das Gestein lagerweis abzudecken. Die dafür dienenden Hacken werden daher auch nicht schwer gemacht, aber gut gespitzt und gehärtet. Das Gewicht einer solchen Hacke, wie sie Fig. 10 Taf. II darstellt, von 10 Pfund hat sich als besonders vortheilhaft erwiesen. Besitzen aber die einzelnen zu lösenden Steinstücke eine solche Größe, daß sie mit der Spitzhacke nicht mehr aus dem Lager gebracht werden können, so muß das Brecheisen dabei zu Hülfe genommen werden. Seit einiger Zeit verwendet man Spitzhacken von Gußstahl, welche nur 5 bis 6 Pfund schwer, aber vorzüglich dauerhaft sind.

Sind die Klüfte, welche das lose Gestein durchziehen, mit Thon oder einer anderen dichten Masse angefüllt, so können auch zur Lösung dieser Bodenart Minen mit Vortheil angewendet werden. Solche Minen sind vielfach, besonders bei Anschnitten von Steinwänden mit Nutzen angewendet worden. Die Anlage derselben war möglichst einfach, weil es sich hier nur darum handelte, die schon vorhandenen Klüfte und Spalten zu erweitern. Rechtwinklig auf die Fläche der Steinwand wurden in Entfernungen von etwa 100 Fuß 2 Fuß breite, $1\frac{3}{4}$ Fuß hohe Gänge durch Stoßen mit Meißelstangen eingetrieben und das so gelösete Material mit Ziehschaufeln herausgezogen. Wenn damit eine Tiefe von 12 Fuß erreicht war, wurde der Gang durch einen Flügel in schräger Richtung etwa 6 Fuß weiter getrieben und am Ende seitwärts der Minenheerd angelegt. Zwischen Lehmsteinen wurde dann die Ladung, aus $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Centner Pulver bestehend, eingeschüttet, die Zündschnüre gelegt, der Gang wieder mit Erde gefüllt und fest zugestampft.

Gewöhnlich wurden durch eine solche Mine 30 bis 40 Schachtruthen Kreidekalk gelöst, welcher beim Herunterfallen so zertrümmert wurde, daß das Material ohne weitere Zerkleinerung verladen werden konnte. Im Grundrisse zeigt Fig. 12 Taf. II die Lage einer solchen Mine.

Bei festerer Verbindung des Gesteins, wo zu dessen Lösung eine größere Erschütterung nöthig ist, sind auch Doppelminen in ähnlich einfacher Art angelegt, wobei aber zwei schräg liegende Flügel mit Minenheerden an den Enden angebracht und letztere jeder mit $\frac{3}{4}$ bis 1 Centner Pulver geladen wurden. Durch Minen dieser Art sind gegen 15 Schachtruthen Steinboden gelöst worden, bei einem Kostenaufwande von 35 Thln. Den Grundriß einer solchen Doppelmine zeigt Fig. 13 Taf. II.

Dieselben sind im Allgemeinen nicht zu empfehlen.

e) Festes Gestein

in geschlossenen Massen und Bänken kann, wenn die Lagen nicht zu mächtig und dieselben im genügenden Umfange aufgedeckt sind, mit Brecheisen oder durch Unterkeilung der Lager gelöst werden. Selten genügt dies aber, um das geförderte Material verladen und transportiren zu können, und es müssen dann die in größeren Massen gelösten Steine erst wieder in anderer Art zerkleinert werden. Häufig sind aber die Schichten, selbst ganz festen Gesteins, wie Muschelkalk und Liasbänder so dünn, daß sie mit schweren Hämmern im Lager zu kleinen Stücken zerschlagen werden können. Massiges Eruptivgestein, wie Granit oder Basalt, mächtige Lagen von Grauwacke oder älterem Sandstein und selbst weniger mächtige Steinschichten im beengten Raume, werden am schnellsten und wohlfeilsten mit Pulver gelöst, entweder durch einzelne Steinsprengungen oder durch Minen.

Bei dünnen Lagen festen Gesteins genügen Bohrlöcher von 1 Zoll Durchmesser, 1 bis $1\frac{1}{2}$ Fuß tief, jedes mit $\frac{1}{4}$ Pfund Pulver geladen. Wenn die Schüsse nicht zu weit von einander gesetzt und gleichzeitig angezündet werden, wozu eine galvanische Batterie besonders geeignet ist, so reicht dies in den meisten Fällen hin, um das Gestein in seinen Fugen zu öffnen, Risse zu erzeugen und es dergestalt in seinem Lager zu erschüttern, daß es mit Hülfe von Brecheisen und Spitzhacken gefördert werden kann. Beim Massengestein ohne alle natürliche Durchsetzungen oder bei sehr mächtigen Lagen sind indessen diese kleinen Schüsse nicht wirksam genug, am wenigsten aber, wenn bei zunehmender Tiefe des Einschnitts im beengten Raume gebrochen werden muß. Unter diesen Umständen müssen weitere und tiefere Bohrlöcher mit stärkeren Ladungen angewendet werden, um in möglichster Tiefe Zerklüftungen zu erzeugen und einen weiten Sprengkreis in der Oberfläche zu bilden. Dazu werden zweizöllige Stoßbohrer angewendet, wie ein solcher mit allem Zubehör in Fig. 14 Taf. II dargestellt ist. Diese Bohrer wirken durch ihren Fall auf Zermalmung, indem sie bei jeder Hebung etwas gedreht werden, was beides durch eine der Höhe nach verstellbare Querstange geschieht. Vermittelst eines Löffelbohrers wird von Zeit zu Zeit das Steinmehl aus dem Bohrloch gefördert. Zum Ausschöpfen des Wassers wird ein am Ende einer Stange befestigter Blechcylinder mit einem Klappventil im Boden verwendet. Bevor der Stoßbohrer in Thätigkeit gesetzt wird, wozu zwei bis drei starke Arbeiter gehören, wird zur besseren Führung desselben ein kleines, 8 Zoll tiefes Loch mit Hammer und Handbohrer vorgetrieben. Die geeignetste Tiefe für die größeren Bohrlöcher hat sich zu 6 bis 8 Fuß, die Ladung zu 3 Pfund Pulver ergeben, und es sind mit einem solchen Schusse durchschnittlich 3 bis 4 Schachtruthen Gestein gelockert worden. Die Steine selbst werden dabei wenig zertrümmert,

und eine Verstärkung der Ladung vermehrt den Effekt in dieser Beziehung nur unerheblich. Es müssen daher die so gelösten großen Steinmassen noch durch kleine Schüsse, Zerkeilen oder Zerschlagen zur geeigneten Ladungsgröße zerkleinert werden. Man hat indeß auch $\frac{5}{4}$ zöllige sogenannte ein-mannrige Bohrer mit Vorthail angewendet und damit 7 bis 8 Fuß pro Tag abgebohrt. Beim Abbau der Trokadero vor dem Pont de Jena in Paris hat man die Bohrlöcher dagegen 10 bis 12 Fuß tief und 4 Fuß weit mit Maschinenbetrieb abgeteuft, mit 6 bis 10 Pfund Pulver geladen und enorme Wirkungen erzielt. Die Struktur des Gesteins und die Gestalt der Wand sind ganz allein maßgebend in Betreff des zu wählenden Systems.

Zur größeren Sicherheit beim Laden, sowie um an Pulver zu ersparen, wird dasselbe meist in Patronen gefüllt, für die kleinen Schüsse in Papphülsen, für die größeren in Nessel, wobei die Zündschnüre gleich mit eingebunden werden. In den großen Bohrlöchern werden die Zündschnüre in ausgehöhlte Latten so aufgestellt, daß die Nuthe mit der Zündschnur der Wand zugekehrt ist, wodurch erstere beim Verdämmen gegen Beschädigungen gesichert werden. Um die Patronen gegen die in den Bohrlöchern befindliche Nässe zu schützen, werden dieselben vor der Ladung in Theer getaucht.

Jenachdem das Gestein fest ist oder schon Schnitte enthält, der aufgedeckte Raum eng oder weit ist, ergiebt sich eine geringere oder größere Wirkung der Schüsse. In ganz festen geschlossenen Lagen erforderte eine Schachtruthe zu lösen und mit kleinen Schüssen zu zertheilen, $3\frac{1}{2}$ Arbeitstage, 5 bis 7 Fuß großes und 16 Fuß kleines Bohrloch und 4,5 Pfund Pulver. Bei weiterer Aufdeckung der zu bearbeitenden Flächen und einzelnen Absonderungen in Felsen sind durchschnittlich zur Schachtruthe Lösung $1\frac{6}{7}$ Arbeitstage und 2 Pfund Pulver erforderlich gewesen. In den oberen Schichten aber, wo das Gestein schon mehrfach zerklüftet war, wurden dazu nur $1\frac{1}{4}$ Arbeitstage und $\frac{3}{4}$ Pfund Pulver erforderlich. Von den kleinen einzölligen Löchern können von zwei Mann täglich im Sandstein 18 bis 20 Fuß, im festen Kalkstein 6 bis 10 Fuß, in Granit und Hornstein 5 bis 8 Fuß gebohrt werden. Große Löcher wurden von zwei Mann in Sandstein, Keuper, Muschelkalk etc. 14 bis 18 Fuß, in Grauwacke, Porphyr, Melaphyr und Granit 7 bis 12 Fuß abgebohrt.

Für die $\frac{3}{4}$ -, 1- und $\frac{5}{4}$ zölligen Bohrlöcher wird pro Fuß 4 bis $6\frac{1}{2}$ Silbergrroschen gezahlt, für die großen 2 bis 5 Silbergrroschen.

In den letzten Jahren ist vielfach mit Sprengöl oder Nitroglycerin geschossen worden, welches jedoch bei Arbeit im Freien (also nicht bergmännischen) sich um deswillen gar nicht empfiehlt, weil es 10mal so theuer als Pulver ist, dagegen nur etwa den 3 bis 5fachen Effekt hat, höchst explosibel und gefährlich in der Verwendung und schwer transportabel ist.

In Tunnels, namentlich aber bei Sprengungen unter Wasser, hat es dagegen oft mit Vorthail Verwendung gefunden. Es muß durch Perkussion gezündet werden und wird in ganz kleinen Partien von 2 bis 10 Loth in Glasfläschchen oder kleinen Blechbüchsen, die oben geschlossen werden, eingeladen und das Bohrloch mit Sand oder Wasser zugesetzt. Durch den Verschluss der Ladebüchse reicht die Zündschnur durch, welche unten ein sechsfach gefülltes Zündhütchen oder eine Kapsel mit Mehlpulver trägt. Die Zündschnur entzündet nun erst letzteres und dieses durch Explosion das Sprengöl.

Dieses nitrirte Glycerin wird übrigens bei $+ 3$ bis 4 Grad schon fest und ist dann noch weit explosibler als im flüssigen Zustande.

Bei der Terrassenförderung, wie solche bei tiefen Einschnitten immer ange-

wendet werden muß, ist es nützlich, die Bohrlöcher in den obern, bis zur Tiefe der zunächst darunter liegenden Terrasse hinabzutreiben, weil damit die Lösung und der gleichmäßige Fortschritt der Arbeit sehr befördert wird. Unter solchen Umständen hat sich bei 10 Fuß tiefen Bohrlöchern mit 8 Pfund Pulverladung eine Auflockerung von 8 Schachtruthen Gestein erlangen lassen. Eine nicht unbedeutende Steigerung des Effektes der Sprengungen wird erreicht, wenn sämtliche Schüsse eines Einschnittes gleichzeitig abgefeuert werden, weil dadurch die Erschütterung allgemeiner wird und die sich bildenden Risse leichter in Verbindung treten. Es ist daher, auch abgesehen von den sonstigen Sicherheitsrücksichten, von wesentlichem Nutzen, täglich nur an bestimmten Zeiten zu schießen, wozu sich diejenigen für Frühstück, Mittag, Vesper und Feierabend am besten eignen, weil dann die Arbeiter die Arbeitsstelle zu verlassen pflegen und keine Zeit damit verloren geht.

Als einer der beachtungswerthesten Vortheile der Sprengung des festen Bodens ist das geringere Bedürfnis an Menschenkräften im beschränkten Raume hervorzuheben, da bei einer jeden anderen Förderungsart mehr Platz, als der zum Bohren erforderliche in Anspruch genommen werden muß.

Die Minensprengung findet beim Niedertreiben der Einschnitte in festem Gestein nur sehr selten eine vortheilhafte Anwendung, da, wenn sie von Wirkung sein soll, die Kammer unter den zu sprengenden Steinschichten angelegt werden muß, wohin aber unter solchen Umständen nicht zu gelangen ist. Dennoch können örtliche Verhältnisse dazu geeignete Veranlassung geben, wie aus folgendem Beispiele ersichtlich ist.

Durch eine Anhöhe, Fig. 15 Taf. II, welche aus schräg, aber parallel geschichteten Lagen Gesteins verschiedener Art besteht, mußte ein 60 Fuß tiefer Einschnitt getrieben werden. Die oberen mächtigen Schichten bestehen aus festem kieselhaltigem Thon (Hornstein), der mit der Picke nicht zu lösen, und in welchem auch einzelne Schüsse wegen der vielen Zerklüftungen ohne besonderen Effekt waren, während das Bohren in diesem Material äußerst schwierig war. Zwischen dieser Hornsteinmasse und den darunter gelagerten Sandsteinflötzen befindet sich ein $2\frac{1}{2}$ Fuß mächtiges Thonlager, und dieser Umstand wurde für geeignet erachtet, eine Minensprengung zu versuchen. Es wurde daher, wie Fig. 16 Taf. II zeigt, ein Gang von 24 Fuß Länge in diese Thonschicht eingetrieben und am Ende desselben ein Flügel rechts und ein anderer links weiter geführt und an den Enden derselben die Minenöfen angelegt. Einer derselben wurde mit einem halben, der andere mit einem ganzen Centner Pulver geladen, Zündschnüre unter dem Schutze von Bretterverdachungen eingelegt, bei den Kammern ein Bohlenverschlus, in den Gängen Steinpackungen an den schwarz gezeichneten Stellen und Erdfüllung angebracht. Beim Abfeuern erhob sich die darüber liegende Hornsteinschicht um $1\frac{1}{2}$ Fuß, in Folge dessen zwei 20 Fuß lange, 2 Zoll breite Spalten entstanden. Es ergab sich demnächst, daß etwa 120 Schachtruthen festes Gestein gelöst waren, unter welchem sich freilich noch Blöcke von 5 bis 30 Kubikfuß befanden, deren weitere Zerkleinerung dann noch besonders erfolgen mußte. Die ganze Arbeit hat einschliesslich des Pulvers nur 60 Thlr. gekostet; das Resultat war daher ein sehr zufriedenstellendes, weshalb beim weiteren Ausbruch dieser Felsenlage noch mehrere solcher Minen, aber mit stärkerer Ladung und größerem Erfolg in Anwendung gebracht worden sind.

32. Einschnitte in verschiedenen Bodenarten.

Die Bodenarten, welche bei der Ausführung von Einschnitten und deren Standfähigkeit in Betracht kommen, lassen sich wieder in dieselben Klassen theilen, wie bei der Lösung, und nur einige Unterabtheilungen erfordern wegen ihrer besondern Eigenschaften noch besondere Betrachtungen.

a) Einschnitte unter Wasser

kommen selten anders als bei Kanalanlagen vor, und es giebt nur zwei Mittel dieselben auszuführen, entweder durch Trockenlegung des Untergrundes, oder Baggerung. Das erstgedachte Mittel findet Anwendung, wenn sich in der Gegend ein so tiefer Entlastungspunkt vorfindet, wohin das Wasser mittelst eines Kanals hingeleitet werden kann, oder es wird der abgegrenzte Wasserraum vorübergehend durch Schöpfwerke trocken gelegt. Nach dieser Trockenlegung unterscheidet sich die Arbeit nicht von jeder anderen ähnlichen. Wo aber das Wasser weder abgeleitet noch ausgeschöpft werden kann, bleibt nur die Baggerarbeit übrig, welche, als dem Wasserbau angehörig, hier nicht weiter in Betracht kommen kann.

Ausnahmsweise kommen auch bei anderen als Kanalanlagen Fälle vor, wo die Sohle von Einschnitten tiefer angelegt werden muß, als der Wasserstand benachbarter Bäche oder Teiche oder Wasserleitungen. Es kommt hierbei in Betracht, ob der Einschnitt durch einen solchen Wasserlauf gekreuzt wird, ob er in wasserdurchlässigem Boden eingeschnitten wird, und ob er selbst genügend entwässert werden kann.

Kreuzt ein höher liegender Bach oder Kanal den Einschnitt, so ist das einfachste und bekannteste Mittel, ihn mittelst eines Aquaductes über denselben hinwegzuführen. Fehlt es dazu an Höhe, so kann auch der Wasserlauf in fest geschlossene Kanäle, am besten durch gußeiserne Röhren unter der Einschnittssohle hinweggeleitet werden, so daß das auf einer Seite in dieselben einfallende Wasser das in dem aufsteigenden Schenkel befindliche hinausdrückt und dann in dem alten Bette weiterfließt.

Ist der Boden, in welchem der Einschnitt angelegt wird, wasserundurchlässig, so ändert sich nichts in den Verhältnissen der höher stehenden Wasser; findet aber das Gegentheil statt, so werden diese Wasser in dem tieferen Einschnitte eine Lösung suchen und finden. Insofern die dadurch entstehende Abtrocknung verumpfter Ländereien von Nutzen, ist nichts weiter nöthig, als dem Einschnitte eine so vollkommene Entwässerung zu geben und die Böschungen so zu befestigen, daß das Wasser, ohne Schaden anzurichten, in den Einschnitt eintreten und aus demselben abfließen kann. Dienen aber die höher liegenden Wasser zum Betriebe von Werken oder zur Bewässerung etc., so ist deren Filtration in den Einschnitt in aller Weise zu verhindern. Die Dichtung dieser Wasserläufe durch eine Ausfütterung mit wasserdichtem Thon hat sich dafür als ein zwar kostspieliges, aber wirksames Mittel bewährt.

Zeitweise Ueberschwemmungen von Einschnitten kommen nur äußerst selten vor, da solche Niederungen, welche vom Hochwasser benachbarter Flüsse überfluthet werden, zur Anlage von Einschnitten keine Veranlassung zu geben pflegen. Wohl aber kann der Fall eintreten, daß der Einschnitt durch eine Erhebung in eine eingedeichte Niederung geführt werden muß, in welche bei entstehenden Durchbrüchen das Wasser tritt. Bei solchen Anlagen wird es von der größeren oder

geringeren Wahrscheinlichkeit eines Durchbruchs und den zerstörenden Folgen eines solchen für die neue Anlage abhängen, ob für dieselbe nicht noch ein besonderer Binnendeichschutz anzulegen ist.

b) Einschnitte in Sumpf, Moor und Torf.

Hinsichtlich der beiden erstgenannten Bodenarten, welche noch als im schwimmenden Zustand befindlich betrachtet werden können, gilt dasselbe, was für die Einschnitte unter Wasser gesagt ist, da Sümpfe und Moore im Wesentlichen nichts anders sind als Seen, welche durch die darin wuchernden Wasserpflanzen in der Torfbildung begriffen sind, oder die aus Mangel an Abfluß eine auflösliche Bodenschicht ganz durchdrungen und in eine breiartige Masse aufgelöst haben.

Bei den schon vollendeten Torfbildungen, welche sich nicht selten auf hochgelegenen Punkten finden und die entweder auf künstlichem Wege oder durch ihre allmähliche Erhebung entwässert sind, findet ein anderes Verhältniß statt. Die Einschnitte in diesem Material halten, insbesondere wenn die Torflage nicht ganz durchschnitten werden kann, die Form nicht, und oft ist die Erfahrung gemacht worden, daß die planmäßig angelegte Sohle sich immerfort wieder hebt, da sie entlastet, durch den Druck der umliegenden höheren Bodenschichten zur Wiederverzeugung des Gleichgewichts aufwärts getrieben wird.

Wenn es daher nicht thunlich ist, das Torflager bei Gestaltung eines Einschnitts in dasselbe ganz zu durchstechen, so bleibt, um die richtige Sohlenlage zu sichern, selten etwas anders übrig, als dieselbe mit schwerem Material so lange zu belasten, bis das Gleichgewicht dadurch erreicht worden ist. Dieses Mittel ist mit Erfolg bei den Oesterreichischen Eisenbahnen und dem großen Nordholländischen Kanal in Anwendung gebracht worden. Bei Bauten, welche wir vor wenigen Jahren in einem Terrain ausgeführt, welches aus unreifem, ganz lockerem Torf bestand, gelang die Befestigung der Sohle dadurch, daß sie einige Monat unter Wasser gesetzt wurde.

Werden Einschnitte in Torf zum Zwecke von Eisenbahnanlagen erforderlich, dann ist sorgfältig darauf zu halten, die Oberfläche mit anderem Material zu bedecken, da der Torf abgetrocknet sehr leicht durch die aus der Lokomotive fallenden glühenden Koksstücke in Brand geräth.

c) Einschnitte in Sand und Kies.

Diese beiden Bodengattungen können, mit Ausnahme des allzu leichten Dünen-sandes, sowohl was die Verarbeitung derselben als die Erhaltung der darin ausgeführten Einschnitte betrifft, als die günstigsten bezeichnet werden. Wegen der leichten Entwässerung und der Unauflöslichkeit dieses Materials durch Wasser bilden sich in den Einschnitten niemals Quellen, und aus diesem Grunde halten sich die Böschungen so ausnehmend gut, insofern sie in einer diesem Material entsprechenden Neigung, gewöhnlich $1\frac{1}{4}$ - bis $1\frac{1}{2}$ füßig angelegt werden. Bei Einschnitten in feinem Sande kann zwar die planirte Oberfläche der Böschungen durch heftigen Wind oder starken Platzregen angegriffen werden, dagegen schützt aber ein Ueberzug von fruchtbarem Boden, welcher überhaupt niemals fehlen sollte.

Da mächtige Sand- und Kieslagen, welche noch unter der Sohle der Einschnitte hinstreichen, sich auch in größerer Tiefe entwässern, so äußert auch der Frost keinen nachtheiligen Einfluß weder auf die Sohle noch die Böschungen, weshalb besondere Vorsichtsmaßregeln in dieser Beziehung entbehrlich sind.

d) Einschnitte in Lehm.

Der Lehm besitzt die Eigenschaft, sich, mit Wasser in Berührung gebracht, leicht aufzulösen und auszufließen; dagegen spaltet er, am Fusse angegriffen, in senkrechten Fugen ab und bildet steile Wände, welche sich ohne weiteren Schutz halten, wie dies viele Flußufer, besonders aber die hohen Lehmküsten der Ostsee zeigen. Sich selbst überlassen, nehmen Lehmwände gewöhnlich die in Fig. 17 Taf. II gezeichnete Form an, wobei der untere, ganz flach geböschte Theil aus aufgelöst und flüssig gewesenem Lehm besteht.

An sich ist der reine Lehm im geschlossenen Zustande wasserdicht und quellenfrei, wenn aber, wie dies häufig genug der Fall ist, dennoch Wasser aus demselben hervordringt, so kann darauf geschlossen werden, daß der Lehm mit Sandadern durchzogen ist, welche das Wasser führen. Müssen sich aber Quellen durch Lehmboden einen Weg bahnen, so lösen sie denselben auch gewöhnlich auf und führen das flüssig gewordene Material mit sich hinweg. Ueber Lehmboden abfließende Wasser reißen tiefe Furchen in denselben, mit steil stehenden Wänden, welche am Fusse angegriffen, immer wieder nachstürzen und eben so steile Ufer zurücklassen.

Bei keinem anderen Material muß daher mehr Sorgfalt auf schnelle Ableitung sowohl des Quell- als des Regenwassers aus der nächsten Umgebung von Lehmeinschnitten, von seinen Böschungen, selbst aus den Gräben, verwendet werden.

Selten wird ein irgend bedeutender Einschnitt im Lehmboden vollendet, ohne daß die ungeschützten Böschungen schon durch einen mäßigen Regen zerrissen oder ganz zerstört werden, wenn nicht von vornherein auf diesen Umstand die gehörige Rücksicht genommen wird. Ein gegen derartige Beschädigungen bewährtes Mittel besteht darin, noch vor dem Beginn der Abtragsarbeiten, längs dem oberen Rande des Einschnitts, einen Entwässerungsgraben, mit genügendem Profil und Abfall, gehörig gedichtet anzulegen. Damit wird zunächst und was die Hauptsache ist, alles von den höher liegenden Terrainflächen herunterfließende Tagewasser abgefangen und nach solchen Punkten hingeleitet, wo es ohne Nachtheil für den Einschnitt abfließen kann. Ferner hat es sich als nützlich erwiesen, die Wände dieser Einschnitte während der Aushebungsarbeit in vertikalen Absätzen stehen zu lassen und dieselben erst nach Vollendung des Einschnitts in die vorgeschriebenen Böschungen einzuplaniren, dann aber unverzüglich eine schützende Decke aufzubringen.

Aller Schutz von aussen bleibt aber erfolglos, wenn der Lehm durch Zutritt des Wassers im Innern oder an seinem Fusse aufgelöst werden kann, weil er dann ungeachtet der best befestigten und entwässerten Böschungen ausfließt oder abrutscht. Ein solcher Zustand ist um so gefährlicher, als der einmal eingetretenen Bewegung weder durch Anlage von Futtermauern, noch Flächen oder Zurücklegung der Böschungen Einhalt gethan werden kann. Unter solchen Umständen und wenn das Uebel soweit vorgeschritten ist, kann kaum noch die Offenhaltung des Einschnitts gehofft werden, und selten bleibt Anderes übrig, als das Projekt nachträglich zu modifiziren. In einzelnen Fällen, wie bei der Anlage der Eisenbahn bei Braïne le Comte in Belgien ist eine Ueberwölbung des Einschnitts in Tunnelform oder, wie bei der illyrischen Bahn, ein Revetement der Böschungen durch Futtermauern, welche in der Sohle durch umgekehrte Gewölbe verbunden und abgesteift sind, mit Erfolg in Anwendung gebracht worden, freilich mit Aufwendung sehr großer Kosten.

Der degenerirte Lehm- und Thonboden im östlichen Vorschnitt des Blankenheiner Tunnels bei Sangerhausen verschwemmte den betreffenden Theil der Halle-Casseler Bahn wiederholt bis zur völligen Betriebs-Unterbrechung, mußte vierfach abgeflachte Böschungen erhalten und theilweise 15 Fuß starke und 10 bis 12 Fuß tief eingesenkte Contremauern von Trockenmauerwerk, und noch jetzt ist man nicht sicher, daß neue Abrutschungen und Auftreibungen entstehen.

Eine recht dichte verfilzte Sträucherpflanzung von Akazien, Brombeeren und Ginster hat sich als vortreffliches Mittel zum Schutz der Decke empfohlen.

Läßt man sich aber nicht durch die scheinbare Festigkeit und Trockenheit des Lehmbodens in gewissen Zeiten täuschen und scheuet die Mühe nicht, selbst den unscheinbarsten feuchten Punkt zum Gegenstande der sorgfältigsten Behandlung zu machen, so wird es in vielen, ja den meisten Fällen gelingen, die Wasserfäden, welche sich durch den Lehm ziehen, aufzufinden, zu fassen und unschädlich nach der Außenfläche abzuführen. Leichter ist dies, wenn die Quellen sich auf gewisse Punkte oder Lagen konzentriren, und es bedarf dann nur der Anlage von Vertikal- oder Horizontaleinschnitten in die wasserführenden Böschungen bis unter das Quellenlager hinab, nach welchen sich dann die Wasser, der tieferen Lösung wegen, hinziehen und konzentriert werden. Diese Einschnitte werden so schmal angelegt, als die Ausführung der Arbeit es zuläßt, und in solcher Zahl, als die Wasserhaltigkeit des Bodens es erfordert. Um ihre nachhaltige Wirksamkeit zu sichern, werden diese Kanäle mit Steinen ausgepackt, in der Außenfläche aber mit fruchtbarer Erde oder Rasen bedeckt und mit den übrigen Böschungen in gleichen Ebenen abgeglichen. Eine solche Vertikalsteinauspackung, wie sie das Profil Fig. 18 Taf. II im Querschnitt darstellt, wird gewöhnlich $2\frac{1}{2}$ Fuß breit angelegt und reicht bis zur Grabensohle hinab, welche, um von dem Filtrationswasser nicht angegriffen zu werden, mit Steinpflaster oder einer Rasendecke ausgefüttert wird. Ist das Gefälle der Einschnittssohle nicht ausreichend, das Sammelwasser aus den Quellen schnell abzuführen, so muß das der Seitengräben entsprechend verstärkt werden, und stellen sich dem, wegen dadurch nöthig werdender Verbreiterung des ganzen Einschnitts Schwierigkeiten entgegen, so kann unter der Sohle der für die Abführung der Tagewasser bestimmten offenen Gräben noch ein besonderer Kanal mit stärkerem Gefälle für die des Filtrationswassers aus dem Innern des Bodens angelegt werden, wie aus Fig. 19 Taf. II ersichtlich ist.

Sehr häufig finden sich in den unteren Lehmschichten so viel Steintrümmer, als zur Anlage dieser Steinpackungen erforderlich sind; wo dies aber nicht der Fall ist, natürliche Steine in der Nähe nicht zu haben oder zu theuer sind, können dazu auch festgebrannte, übrigens formlose Ziegel verwendet werden. Für die Entwässerung horizontaler Schichten werden dagegen mit Vorthail Drainröhren angewendet, die aber auch in die Bankets der Einschnitte eingelegt und mit Saugedrains in den Böschungskörper hineinreichend, sehr gute Dienste thun.

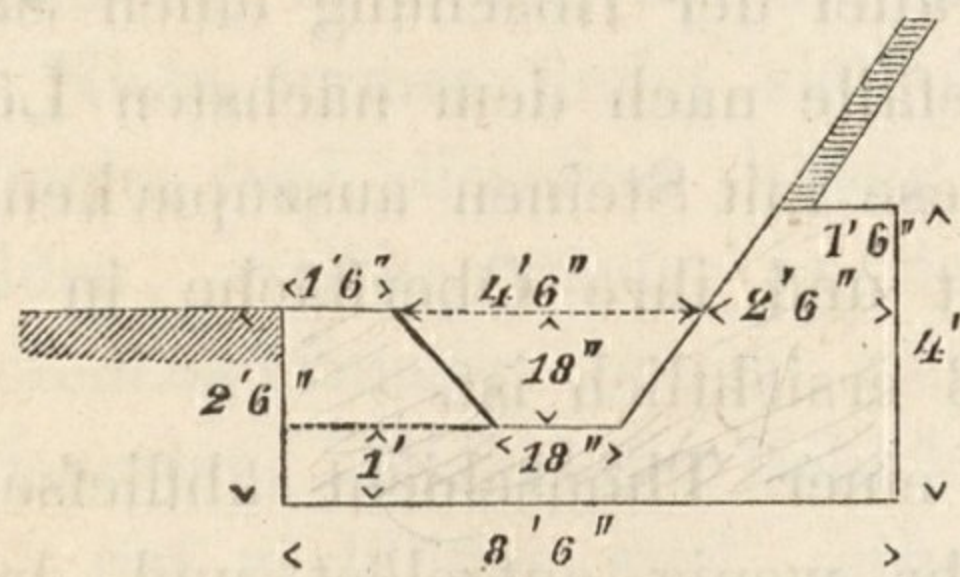
Schwieriger und ungewisser wird eine vollständige Entwässerung, wenn keine markirten Quellen oder wasserführende Schichten vorhanden oder aufzufinden sind und das Wasser in fast unsichtbaren feinen Fäden oder tropfenweis durch den Lehm schwitzt. Hier reicht die Wirksamkeit einzelner Sickerkanäle nicht aus, und es steht nur noch von, der Länge nach eingeschnittenen, zusammenhängenden Sammelkanälen oder besser durch ein völlig geordnetes Drainsystem des Schwitzwassers Erfolg zu erwarten und zwar desto mehr, je tiefer sie hinter der Außenfläche der Böschungen angelegt werden können. Dies setzt dann frei-

lich voraus, daß ein bedeutender Theil der Böschung aufgegraben und nach Einlegung der Filtrationsschicht wieder ausgefüllt werden muß. Die in einem solchen Längenschnitte sich ansammelnden Wasser werden dann, wie aus dem Querprofil Fig. 20 Taf. II ersichtlich ist, durch einzelne Querschnitte nach der Grabensohle abgeleitet.

Dieses Verfahren ist aber nur bei Einschnitten von geringer Tiefe anwendbar, für größere würde es zu kostspielig werden, weshalb man sich begnügt, dasselbe in den einzelnen Absätzen zur Anwendung zu bringen, besonders aber an solchen Stellen, wo sich Wasserabsonderungen bemerklich machen. Soll z. B. die Fig. 21 punktirt gezeichnete Böschungswand in solcher Weise entwässert werden, so wird der Einschnitt nach der ausgezogenen Linie in senkrechten Absätzen gebildet, in jeder einspringenden Ecke ein Längensickerkanal eingeschnitten und mit entsprechendem Gefälle nach den einzelnen, nicht zu entfernt von einander liegenden Lösungspunkten hingeführt. Nachdem nun diese Kanäle durch Steinpackungen, Drainröhren etc. gegen Verschüttung gesichert sind, werden die vorstehenden Ecken der terrassenförmigen Absätze den planmäßigen Böschungsneigungen entsprechend abgegraben und mit dem dabei gewonnenen Material die dreieckigen Prismen, in deren äußerstem Winkel die Sickerkanäle liegen, ausgefüllt und damit die Böschungsform hergestellt.

Diese Entwässerungsmethode, welche außer Anlage der kleineren Kanäle keine besonderen Kosten verursacht, empfiehlt sich auch noch dadurch, daß sie auch schon während Ausführung der Abtragsarbeit wirksam ist, und der Einschnitt während dieser Periode gegen Wasserbeschädigungen gesichert wird.

Bei manchen Einschnitten, besonders am Fusse ausgedehnter Anhöhen, ist der Wasserandrang oft so groß, daß die angegebenen Mittel bei Weitem nicht ausreichen, das Wasser so schnell abzuführen, daß der Boden nicht erweicht, mit fortgeführt und in weiter Ausdehnung bewegt wird. In solchen Fällen bleibt selten Anderes übrig, als den ganzen Fuß der Böschung bis zu einer angemessenen Höhe mit losen Steinen auszupacken oder, was dasselbe ist, an Stelle des von vorn herein abzugrabenden unteren Lehmprisma's eine massive Steinböschung anzulegen. Durch das Gewicht dieser Steinpackung wird ein allgemeines Ausweichen der Einschnittswand verhindert, während dem Wasser durch die leeren Zwischenräume der Steine der möglichst ungehinderte Austritt gestattet wird. Derartige Steinböschungen, wie sie im Profil Fig. 22 dargestellt sind, haben überall, wo sie zur Verhütung von Böschungen gegen starken Wasserandrang von innen angewendet sind, dem Zwecke vollkommen entsprochen.



Noch wirksamer zeigten sich beim Bau der Schlesischen Gebirgsbahn, an der Halle-Casseler Bahn etc. Steinpackungen, welche den ganzen Graben mit umfaßten, etwa in nebenstehender Art.

Es sind auch gelegentlich in Ermangelung von Steinen, oder um Kosten zu ersparen, Faschinen zu dem bezeichneten Zwecke angewendet worden, dieselben können aber nicht empfohlen werden, da sie wegen ihres geringen Gewichtes dem Seitendrucke nicht zu widerstehen vermögen und durch allmähliges Zusammendrücken die Wirksamkeit derselben zur Abführung des Wassers immer geringer wird. Kann aber die Anwendung der Faschinen nicht vermieden werden, so ist rathlich, unbelaubtes, hartes und sperriges Holz, am besten Dornen dafür zu verwenden.

Im Allgemeinen muß es aber immer als das beste und gründlichste Mittel

zur Entwässerung eines Einschnitts bezeichnet werden, das Eindringen der Feuchtigkeit in den Boden selbst möglichst zu verhindern und damit der Entstehung von Quellen daselbst vorzubeugen. Dies geschieht, wenn für eine schnelle Entwässerung des höher liegenden Terrains in möglichst weiter Umgebung Sorge getragen wird. Je vollkommener dies zu erreichen steht, desto weniger Zeit bleibt dem Wasser übrig, in den Boden einzudringen, und mit der Ursache der Filtration werden dann auch die nachtheiligen Folgen derselben abgewendet.

Die durch Sickerkanäle nach den Gräben am Fusse der Böschungen entwässerten Lehmeinschnitte erfordern während des Frostes eine sorgsame Aufsicht, damit die Ausmündungen der ersteren nicht zufrieren. Wo dies der Fall ist, sammelt sich das Quellwasser im Boden an, erreicht eine gewisse Druckhöhe, löset das Material auf und sprengt endlich den Böschungsmantel, in Folge dessen das aufgeweichte Material zum Ausfließen kommt und die darüber liegenden trockenen Schichten nachstürzen. Glücklicherweise besitzt das Quellwasser beim Austritt aus dem Boden gewöhnlich noch eine so hohe Temperatur, daß es an dieser Stelle noch nicht gefriert und einige Zeit noch im offenen Graben weiter fließt. Wird dann dafür Sorge getragen, daß diese Gräben offen bleiben, so wird der Eisdamm nicht so weit aufwärts rücken, um die Ausmündung zu verstopfen.

e) Einschnitte in Thon und Mergel.

Der Thon wird im natürlichen Zustande vom Wasser nicht durchdrungen und nur sehr langsam von demselben in seiner Oberfläche aufgelöst; anstehend dringt kein Wasser aus dem Innern desselben, dagegen führt die Oberfläche der Schichten regelmässig Wasser ab, wenn durchlässige Massen darüber lagern.

Die in reinem Thonboden ausgeführten Einschnitte halten sich daher in der Regel gut. Selten reicht aber der Thon bis zur Bodenoberfläche hinauf, und fast immer sind andere Bodenarten darüber gelagert, die bei Bildung der Abträge mit durchschnitten werden müssen. Eben der Wasserundurchlässigkeit des Thones wegen sammeln sich alle von oben durchdringende Wasser auf seiner Oberfläche, und dieses Wasser erhält nach dem Einschnitte zu Lösung, worin es abfließt. Wenn es daher fast niemals zweifelhaft ist, daß eine nach dem Einschnitt hin abfallende Thonlage Wasser in denselben führt, so gewährt dieser Umstand doch den großen Vortheil, daß die Absonderungsfläche des Wassers bekannt und damit die Stelle angegeben ist, wo die Entwässerungsanlagen ihren zweckmässigsten Platz finden. Gewöhnlich reicht es aus, ein kleines dreieckiges Prisma der Böschung zunächst über der Thonlage wegzunehmen, in derselben parallel der Böschung einen Sammelkanal einzuschneiden und mit dem nöthigen Gefälle nach dem nächsten Lösepunkt (Mulden der Thonablagerung) zu leiten. Diese mit Steinen auszapackenden Kanäle werden dann wieder mit Boden zugedeckt und ihre Oberfläche in den Böschungen eingeebnet, wie aus dem Profil Fig. 23 ersichtlich ist.

Durch das fortwährend über die Oberfläche einer Thonschicht abfließende Wasser wird dieselbe immer, wenn auch nur sehr wenig aufgelöst und daher schlüpfrig, so daß, wenn sie stark geneigt ist, leicht ein Abgleiten der darüber liegenden Bodenschichten erfolgen kann, wenn dieselben, wie es bei einem zusammenhängenden Einschnitte der Fall ist, ihren anderweiten Stützpunkt verlieren. Da die Abrutschungen bei Einschnitten am Ende dieses Kapitels besonders erörtert werden sollen, so kann der Gegenstand hier verlassen werden.

Ein Mittelglied zwischen Thon und Lehm bildet der Letten, da er, zwar weniger fest als jener, aber auch weniger leicht im Wasser löslich ist, als dieser.

Da derselbe das eingesogene Wasser nur sehr schwer und langsam wieder abgiebt, in nassem Zustande aber dem Ausweichen sehr ausgesetzt ist, so wird die Anwendung der beim Lehm angegebenen Entwässerungsmafsregeln sehr nöthig.

Mergel in Lagen kann schon den Steininformationen beigezählt werden. Er ist sehr dicht und im Lager nicht vom Wasser löslich, dagegen zerfällt er der Luft ausgesetzt und nachdem ihm die Feuchtigkeit entzogen ist, in feinen Staub, welchen der Wind verweht, der aber mit Wasser gesättigt, einen zähen Schlamm giebt, der nur sehr schwer wieder austrocknet. Wird der Mergel aber, wo er in den Einschnitten zu Tage tritt, den Einwirkungen der Luft und Sonne durch eine dichte Ueberdeckung von fruchtbarem Boden entzogen, so hält er sich sehr gut; ungeschützt zerfallen aber solche Wände auferordentlich schnell.

Die grofse Festigkeit einiger Mergelarten, welche nur mit Anwendung von Pulver gelöst werden können, hat manchmal dazu verleitet, die Einschnittswände steil stehen zu lassen, in der Erwartung, dafs so festes und dichtes Material den Einwirkungen der Luft widerstehen würde; immer aber hat sich die Unzulässigkeit des Verfahrens nach Verlauf von kaum einem Jahre herausgestellt und nachträglich grofse und störende Arbeiten nöthig gemacht.

f) Einschnitte in Gerölle und mit Steinen gemischten Boden.

Unter Gerölle wird hier ein Boden verstanden, welcher hauptsächlich aus Steintrümmern besteht, welche ihren Platz schon einmal gewechselt haben und deren Zwischenräume ganz oder theilweise mit Lehm oder Thon, seltener mit Sand ausgefüllt sind. Die Lagen sind selten stark und führen in der Regel Wasser ab, wenn sie über undurchlässigen Stein- oder Thonschichten liegen.

Die Böschungen stehen in dieser Bodenart gewöhnlich gut, da Steine den Hauptbestandtheil derselben bilden und ein etwaiges Auswaschen des löslichen Bindemittels nur eine geringe Veränderung in der Form und Masse hervorbringen vermag.

g) Einschnitte in losem Gestein.

Zur Unterscheidung vom festen sollen hier unter losem Gestein diejenigen unreifen, theilweis verwitterten oder in dünne Platten und kleine Würfel zerklüfteten Steinlagen verstanden werden, welche meistens der Kreideformation angehören.

Die Standfähigkeit der Einschnitte in dieser Bodenart ist sehr verschieden, nach Maßgabe der Festigkeit der letzteren, ihres Zusammenhanges und der Schichtung in Bezug auf die Einschnittswände.

Nicht immer findet sich dieses Gestein in regelmäfsig gelagerten Schichten, vielmehr sind dieselben häufig stark geneigt und bilden abwechselnd Sättel und Mulden, welche wieder in sich unter verschiedenen Winkeln einfallen. In der Breitenausdehnung zeigen sie häufig Verwerfungen und eingeschobene fremde Bodenarten. Diejenigen Schichten, welche durch Mergel gebunden oder die vertikal tief zerklüftet sind, erhalten sich am schlechtesten als Einschnittswände; wenngleich diese vertikalen Schnitte dazu einladen, steile Wände oder auch nur treppenförmige Absätze zu gestalten, so ist gewöhnlich schon der erste Frost ausreichend, diese Wände zu zerstören und den Einschnitt mehr oder weniger zu verschütten. Ganz besonders sind aber die durch einen Einschnitt geöffneten Mulden zum Nachstürzen geneigt, sobald das merglichte Bindemittel zwischen den Lagen abtrocknet und seine Cohäsion verliert. Aus alledem geht hervor, dafs es, wie auch anfänglich der Schein dagegen sein mag, immer am besten ist, den

Einschnitten in solch zweifelhaftem Boden von vorn herein diejenigen flachen Böschungen zu geben, welche einem losen Material dieser Gattung zukommen würden.

Bei einigermaßen horizontaler Lagerung der klüftigen Steine und festen Kreide kalkschichten können die Wände der Einschnitte treppenförmig in ziemlich steilem Verhältniß von $\frac{1}{3}$ bis $\frac{1}{4}$ noch stehen, wobei aber zu beachten ist, die Absätze, wenn sie nicht nach den Einschnitten hin geneigt sind, mit Rasen so abzudecken, daß das darauf fallende Regenwasser nicht in die Fugen des Gesteins eindringen kann. Eine so günstige Lagerung des Gesteins findet sich aber nur in ebenen Gegenden; im Gebirge stehen die Schichten mehr oder weniger aufgerichtet. Die Einschnittswände, von welchen dieselben abfallen, halten sich daher fast immer gut, selbst wenn sie steil aufstehen, und höchstens verwittern die äußeren Kanten der vorstehenden Schichten. Hier trägt jede Schicht die nächst darüber liegende, weshalb Ablösungen und Rutschungen auf dieser Seite nicht zu besorgen sind. Umgekehrt verhält es sich aber mit der gegenüberstehenden Wand, wo die Schichten nach dem Einschnitte zu einfallen. Hier werden die einzelnen Lagen nur noch theilweise durch die unterliegenden getragen, weshalb, wenn diese Wand ebenso steil als die gegenüberstehende angelegt wird, Ablösungen und Einstürze nicht selten sind. Am räthlichsten ist es unter solchen Umständen, solchen Abgleitungen schon beim Ausbruch des Einschnitts zuvorzukommen und bei geringer Neigung der Schichten diese Wand treppenförmig, Fig. 24, anzulegen oder bei steilerer Stellung der Schichten diese selbst als begrenzende Wandfläche zu behandeln, Fig. 25. Dadurch erhalten nun zwar die beiden gegenüberliegenden Wände verschiedene Böschungswinkel; insofern es aber bei Anlagen dieser Art weit mehr auf Erlangung größtmöglicher Sicherheit und Kostenersparung, als auf Symmetrie ankommt, so ist ein Mifsstand in dieser Anordnung nicht zu finden.

Bei der vielseitigen Zerklüftung dieser Steinlagen, welche in steilen Böschungen nicht bekleidet werden können, nehmen dieselben das Quell- und Regenwasser leicht auf, aber eben so schnell lassen sie es auch wieder entweichen. Nur bei strenger Kälte gefriert dieses Wasser in den äußeren Fugen und veranlaßt dann Ablösung einzelner Steinmassen. Solche Abspaltungen sind aber wohl von Rutschungen zu unterscheiden.

Die gewöhnlichen geneigten Böschungen widerstreben dem gelagerten Steinmaterial, sie sind schwierig auszuführen, kosten viel und bieten dem Wasser große Flächen zum Eindringen; am besten hält sich jedes an sich feste, aber gegen Witterungs-Einflüsse empfindliche Gestein, wenn man es ganz senkrecht stehen lassen kann, oder nur mit einem Minimum $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{5}$ von Böschung, dabei alle bei der Arbeit entstandenen Ausrutschungen und Mulden mit ordinärem Mörtelmauerwerk ausfüllt und so der Degeneration des Gesteins vorbeugt.

Letztere ist so bedeutend, daß Fels-Einschnitte in Keuper, Muschelkalk und Lias, welche 3 Thlr. Lösungskosten pro Schachtruthe verursachten und mit $\frac{3}{4}$ Fuß Böschung hergestellt waren, nach 3 Jahren schon völlig zerbröckelt herabglitten.

Die gewöhnlichen geneigten Böschungen werden daher auch nur in den vorerwähnten Fällen angelegt, während in der Regel Vertikalabsätze gebildet werden, zwischen welchen, wie Fig. 26 zeigt, horizontale Bankets mit gut gedichteten Wasserleitungskanälen liegen. Liegt über dem Gestein eine Schicht leichteren Bodens, so erhält diese eine, dem Material entsprechende Böschung, deren Unterkante aber vor der Steinecke so weit zurückgezogen wird, daß ein Sammelgraben dazwischen gelegt werden kann.

Zwischen den sehr zerklüfteten Steinlagen, Mergel- und Thonschichten, welche flach geböscht werden müssen, kommen häufig, besonders im Liasthon, einzelne sehr feste Bänke vor, welche zu einer regelmässigen Böschung einzuplaniren, unnütze Arbeit und Kosten erfordern würde. Man läßt daher solche einzelne feste Felsrippen vor den planirten Böschungsflächen vortreten, ohne daß dadurch ein sonderlicher Uebelstand herbeigeführt wird.

h) Einschnitte im festen Gestein.

Die Eigenschaften des festen Gesteins sind schon bei Beschreibung der Lösungsarbeiten bezeichnet worden, worauf daher Bezug genommen wird. Finden sich in diesen Steinmassen nur wenige wagerechte Durchsetzungen ohne zwischenliegende Schichten weicherer Bodenarten, so können die Einschnittswände, wenn nur die oberen loseren Schichten durch flache Böschungen gesichert sind, ganz steil und ohne alle Absätze angelegt werden. Der Spalten im Eruptivgestein und selbst in der Grauwacke sind so wenige und die Masse ist so fest, daß Wasser in dieselben nicht eindringen und der Frost auf solche Wände einen schädlichen Einfluß nicht ausüben kann.

Bei den Grauwacken-, Sandstein- und älteren Kalkformationen finden sich zwar mehr Absonderungsflächen, dieselben beeinträchtigen aber die Standfähigkeit der Einschnittswände nicht, da sie, regelmässig und dicht geschlossen, wenig oder kein Wasser aufnehmen. Sind die Lagerflächen trocken und nicht zu sehr geneigt, so können auch in dieses Material die Wände steil und ohne Absätze eingeschnitten werden, was in mancher Beziehung das Vortheilhafteste ist, weil dadurch das Eindringen des Regenwassers am wirksamsten verhindert wird und der Einschnitt mit der geringsten Massenförderung zu Stande gebracht wird.

Bei stark geneigten Schichten wird dagegen in ähnlicher Art verfahren, wie beim weichen Gestein angegeben und in Profil Fig. 27 gezeichnet worden ist.

Im Granit, selten im Sandstein, desto häufiger in Kalksteinbildungen finden sich Höhlen und grössere Klüfte, welche, wenn sie beim Niederbrechen von Einschnitten geöffnet werden, Einbrüche veranlassen und die Sicherheit der Einschnittswände gefährden können. Dem wird aber leicht abgeholfen, wenn dergleichen Oeffnungen schnell mit tüchtigem Mauerwerk ausgefüllt, oder, wenn dieselben von grossem Umfange sind, mindestens nach aussen hin so vermauert werden, daß die darüber liegenden Schichten ein genügendes Auflager erhalten und die neue Oberfläche so glatt gehalten wird, daß sie den Einflüssen der Witterung widersteht.

Desselben Mittels bedient man sich auch in den Fällen, wo zwischen den festen und mächtigen Steinlagern einzelne weiche Schichten zerdrück- und auflösbaren Materials liegen, welche durch den Einschnitt offen gelegt werden und in Gefahr kommen, durch die frei gewordene Last zusammen- oder herausgedrückt zu werden. Unter solchen Umständen wird die weiche Schicht, so weit es ohne Gefahr thunlich ist, ausgebrochen und durch festes Mauerwerk ersetzt werden. Es darf eine solche Arbeit aber nicht gleichzeitig in der ganzen Längenausdehnung vorgenommen werden, weil man sich sonst der Gefahr aussetzen würde, daß die darüber liegenden Schichten in Bewegung gesetzt werden oder beim Vorhandensein einzelner Vertikalabsonderungen theilweise herunterbrechen. Deshalb werden zunächst in geeigneten Entfernungen von 8 bis 12 Fufs einzelne Pfeiler von genügender Stärke eingebaut und dann erst zwischen denselben nach und nach die weiche Schicht ausgenommen und der Raum durch Mauerwerk wieder ausgefüllt. Bei allen solchen Mauerausfüllungen darf nicht versäumt werden, in der unteren Schicht kleine Oeffnungen

auszusparen, durch welche das sich dahinter etwa sammelnde Filtrationswasser abfließen kann.

33. Die Abrutschungen in den Einschnitten.

Dieselben gehören zu den größten und gefährlichsten Hindernissen, welche sich der Gestaltung von Einschnitten entgegenstellen können. Oft treten sie gänzlich unerwartet und in solchem Umfange ein, daß ihre Bewältigung an die Unmöglichkeit zu grenzen scheint, jedenfalls aber einen großen Zeit- und Kostenaufwand erfordert. Und immer muß es noch als ein relativ günstiger Umstand betrachtet werden, wenn diese Abrutschungen schon während der Bauzeit erfolgen und nicht erst nach Vollendung der Anlage, wo dieselbe schon dem öffentlichen Verkehr übergeben ist, der dann wieder unterbrochen wird.

Bei der großen Wichtigkeit dieses Gegenstandes für die Sicherheit von Erdwerken ist es dringend nöthig, die Bedingungen zu erforschen, unter welchen Abrutschungen erfolgen, wie denselben vorgebeugt werden kann und wie bereits eingetretene bewältigt werden können.

Jede Abrutschung setzt eine Störung des Gleichgewichts zwischen den tragenden und den getragenen Bodenschichten voraus, und eine solche kann erfolgen, wenn durch zusammenhängende Terraineinschnitte einzelnen oder mehreren der Stützpunkt oder das Widerlager entzogen wird, auf welchem sie ruhen oder gegen welches sie sich anlehnen. Aus diesem Grunde kommen daher auch bei horizontalen Schichtungen keine eigentlichen Einschnittsabrutschungen vor, welche aber wohl von den beschränkten Absetzungen zu unterscheiden sind, welche in Folge einer Materialienerweichung entstehen. Die eigentlichen Rutschungen kommen nur vor, wo die zu durchschneidenden Bodenschichten eine gegen den Horizont geneigte Lage haben. Das Gleichgewicht dieser abhängenden Schichten wird im natürlichen Zustande des Bodens durch verschiedene, zumeist gleichzeitig wirksame Widerstände der Neigung zur Bewegung erhalten, und sehr häufig ist ein großer Ueberfluß an Bewegungshindernissen vorhanden, da sonst schon jede Verminderung eines derselben eine Abrutschung zur Folge haben müßte.

Die hier wirkenden Widerstände der Bewegung sind:

- a) Stützung der abfallenden Schichten an ihrem Fusse durch das Wiederaufsteigen derselben, also durch Gegendruck, so daß nur eine Bewegung erfolgen kann, wenn dieses Gegengewicht weggenommen, oder, was dasselbe ist, außer Verbindung mit der Last gebracht wird.
- b) Der Materialien-Zusammenhang (Cohäsion), welcher eine gewisse Solidarität für die Unbeweglichkeit einer ausgedehnten Bodenfläche bildet und erst aufgehoben werden muß, wenn einzelne Theile desselben Bewegung annehmen sollen; endlich
- c) die Reibung, welche zwischen den einzelnen über einander lagernden Schichten stattfindet und ebenfalls erst überwunden werden muß, wenn eine oder mehrere derselben über darunter liegenden hinweggleiten sollen. Die Bewegung erzeugende Schwerkraft ist aber vorzugsweise von der Größe der Schichtenneigung abhängig und wächst mit derselben nach bekannten Gesetzen.

So einfach sich hiernach die Bedingungen des Gleichgewichts darstellen, so schwierig ist es, wenn überhaupt möglich, das Maß der Einzelwirkungen und der Widerstände in solcher Schärfe zu ermitteln, um ein sicheres Urtheil darüber zu

gewinnen, ob nach der Verminderung des einen oder des anderen Widerstandes der Rest desselben ausreichend bleibt, um den Eintritt der Bewegung zu verhindern.

Ganz im Allgemeinen weiß man freilich, daß steil abfallende Schichten den Abrutschungen mehr ausgesetzt sind, als flach liegende, daß dieselben begünstigt werden, wenn die Lagerflächen schlüpfrig sind, wodurch der Widerstand der Reibung theilweise aufgehoben wird, oder wenn der Materialienzusammenhang der Schichten ein so geringer ist, daß er durch das Gewicht derselben leicht überwunden werden kann, oder wenn das Gegengewicht der aufsteigenden Schichten durch Zerschneidung derselben aufgehoben wird. Sobald es sich aber um die Bestimmung der quantitativen Verhältnisse handelt, dann treten die Schwierigkeiten auch nur annähernder Ermittlungen der wirkenden Kräfte und Widerstände in den Vordergrund, und dies um so mehr, als die örtlichen Verhältnisse fast auf jedem Schritt wechseln und das, was für einen Punkt ermittelt sein möchte, schon seine Geltung für einen anderen ganz nahe gelegenen verliert.

In dieser Beziehung bleibt vor der Hand nur übrig, die unter ähnlichen Umständen gemachten Erfahrungen unter gebührender Rücksichtnahme auf abweichende Verhältnisse den einzelnen vorliegenden Fällen anzupassen oder praktische Regeln davon abzuleiten. Darum kann die sorgfältigste Erforschung aller maßgebenden Verhältnisse bei vorkommenden Abrutschungen nicht genug empfohlen und deren Bekanntmachung gewünscht werden, da ein sicherer Maßstab für die Beurtheilung erst dann gefunden werden wird, wenn eine große Menge von Thatsachen unter gleichen Umständen übereinstimmende Resultate ergeben. Daß die, ohne eine solche Unterlage aufgestellten Theorien, für die Bildung des Urtheils bei der Ausführung nur geringen Werth haben können, leuchtet ein.

Dagegen erscheint es dringend nöthig, der Ausführung selbst die allersorgfältigsten Bodenuntersuchungen vorausgehen zu lassen, um, soweit es irgend möglich ist, die vorwaltenden Verhältnisse richtig zu erkennen und aus dem Zusammentreffen gewisser bedingenden Umstände zu beurtheilen, ob Abrutschungen überhaupt in Aussicht genommen werden müssen, und welche Vorkehrungen zu treffen sind, um denselben zuvorzukommen oder sie unschädlich zu machen. Ergiebt sich aus diesen Untersuchungen die Wahrscheinlichkeit von Abrutschungen in ausgedehntem Maße, so wird zunächst immer noch zu erwägen sein, in wie weit noch durch Veränderung des Plans der Anlage einer solchen auszuweichen ist. Dabei darf aber nicht außer Acht gelassen werden, daß eine Verminderung der Einschnittstiefen, wenn damit eine Vermehrung der Auftragsflächen verbunden werden muß, die Umstände wenig verbessert, da dieselben Ursachen, welche Einschnittswände zum Abrutschen veranlassen, auch die der Anschüttungen herbeizuführen vermögen, wenn das Gewicht derselben ein gewisses Maß übersteigt.

Besonders vorsichtig müssen solche Stellen behandelt werden, wo schon im natürlichen Zustande des Terrains Rutschungen stattgefunden haben. Bei einiger Uebung lassen sich solche Stellen im Gebirge wohl erkennen, und es darf dabei immer angenommen werden, daß die Ruhe nur durch ein nothdürftig wieder erzeugtes Gleichgewicht hergestellt worden ist, und daß die geringste Verminderung eines der Bewegungswiderstände von Neuem Bewegung und Abrutschung zu erzeugen im Stande ist, deren Grenzen mit Sicherheit nicht zu ermessen sind.

Jedenfalls werden durch die Ausführung von Einschnitten den abfallenden Bodenschichten diejenigen Stützpunkte entzogen, auf welche sie sich bisher lehnten, und damit geht einer der wichtigsten Bewegungswiderstände verloren, und nur noch die Cohäsion und die Reibung bleiben übrig. Erstere ist nur bei sehr mächtigen Schichten festen oder zähen unzerklüfteten Materials von erheblichem Belange;

sonst darf von diesem Widerstande um so weniger viel erwartet werden, als er gewöhnlich erst nach einiger Zeit überwunden wird, und es nur der Erzeugung eines einzigen Risses bedarf, um ihn gänzlich aufzuheben. Es bleibt daher nur noch die Reibung zwischen den Schichtenlagen als Widerstand der Bewegung übrig und diese ist daher vorzugsweise ins Auge zu fassen. Dieselbe kann unter gewissen Umständen so groß sein, daß sie mehr als ausreichend ist, den Mangel der beiden anderen Widerstände aufzuwiegen; sie kann sich aber auch wieder als so gering darstellen, daß sie kaum noch als ein Widerstand der Bewegung zu betrachten ist. Ersteres findet statt, wenn Schichten unauflöslichen Materials ohne weiche Zwischenlager unmittelbar auf einander ruhen, wie es bei den Urgebirgen, den Grauwacken- und älteren Sandsteinformationen der Fall ist. Solche Lager können schon sehr stark geneigt sein, bevor die Schichtenreibung zwischen denselben überwunden wird und Bewegung erfolgt. Der andere Fall tritt aber dann ein, wenn zwischen den geschlossenen Bodenlagen Schichten weichen Materials liegen, deren Oberflächen vom Wasser erweicht werden, ohne es durchzulassen. Diese Verhältnisse treten besonders häufig bei der Kreideformation auf, deren festere Ablagerungen durch Thon oder thonhaltige Schichten von einander gesondert sind, die das Wasser abführen, welches durch die Klüftungen der darüber liegenden Lagen bis auf dieselben gelangt.

Ist der Abhang solcher wasserführenden, in ihrer Oberfläche schlüpfrig gewordenen Thonschichten, welche man Rutschflächen nennen kann, und deren oft mehrere in verschiedenen Zwischenräumen über einander liegen, bekannt, so wird sich aus dem Querprofil des Einschnitts ergeben, ob und welche derselben damit durchschnitten werden. Findet eine Durchschneidung nicht statt und liegt die wasserführende Thonschicht in genügender Tiefe unter der Sohle des Einschnitts, so ist die Gefahr einer Abrutschung verhältnißmäßig gering, weil dann die zunächst darüber liegenden Schichten noch unter der Sohle ihren Stützpunkt finden. Streicht die Thonschicht aber in nur geringer Tiefe unter der Einschnittssohle durch, so erfolgt leicht ein Heben der letzteren durch Aufstauung vermöge des Druckes der darüber liegenden Schichten und Aufhebung des Gegendruckes bei Wegnahme des Bodens aus dem Einschnitte. Oeffnen sich aber die wasserführenden Schichten in den Einschnittswänden und sind sie irgend stark geneigt, so kann, wenn eine bedeutende Bodenmasse auf den ersteren ruht, mit ziemlicher Gewißheit auf eine Abrutschung gerechnet werden.

Zur Beurtheilung der Ausdehnung, welche eine solche Rutschung annehmen wird, giebt es keinen sicheren Maßstab, da sie sich möglicherweise auf die gesamte Bodenmasse erstrecken kann, welche auf der geneigten Thonschicht lagert. Bei dem Bau einiger Eisenbahnen in England und Belgien sind Fälle vorgekommen, daß der Boden auf dem Umfange einer Viertelmeile in Bewegung gekommen ist. In den meisten Fällen wird aber die Grenze der Abrutschung durch die Richtung der Thonlage bedingt, welche nur äußerst selten auf längere Strecken mit den Einschnitten parallel laufend nach denselben abfällt. Im Gebirge bilden diese Thonschichten ohnehin abwechselnd Sättel und Mulden; die Durchschneidung der ersteren ist in der Regel unschädlich, da die Richtungslinien einer möglichen Rutschung divergiren, nur an einer Stelle nach dem Einschnitte abfallen, an den übrigen aber mehr oder weniger parallel mit der Achse des Einschnitts liegen, wo eine Bewegung nicht stattfinden kann. Umgekehrt verhält es sich aber bei Durchschneidung der Mulden, bei welchen sich die Richtungslinien der Rutschung nach dem Einschnitte hin konzentriren; darum schiebt sich auch bei diesen Rut-

sungen der Boden immer in Form eines hohlen Halbkegels in den Einschnitt ab. Zur Verdeutlichung dieser Verhältnisse dienen die Zeichnungen Fig. 28 bis 31 Taf. III.

Fig. 28 zeigt den Grundriß und den Querschnitt einer solchen Mulde; in ersterem ist die Projektion der zu Tage tretenden wasserführenden Schichten im Querschnitt, die Lage derselben durch starke Linien bezeichnet; aus letzterem ergibt sich, daß der Scheitel dieser geschlossenen Mulde innerhalb des Abhanges liegt; je näher dieser Scheitellinie AB daher der Einschnitt gelegt wird, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit einer Abrutschung beider Einschnittswände, weil hier die Schichtungen auf beiden Seiten nach demselben einfallen. Durch eine Verlegung der Einschnittsachse nach CD gestaltet sich das Verhältniß schon günstiger, da hier nur noch auf der einen Seite die Schichtung nach dem Einschnitte hin abfällt.

Liegt die Achse der Mulde außerhalb des Abhanges, so ist dieselbe nicht geschlossen, wie das Profil Fig. 29 zeigt. Hier bildet der Keil abc durch seine Masse den Widerstand, welcher den bestrebenden hinterliegenden Schichten zur Abrutschung das Gleichgewicht hält. Wird dieser Keil fortgenommen oder, was in dieser Beziehung ganz gleich ist, auch nur der Länge nach durchschnitten, so entsteht, sofern die Reibung nicht ausreichend ist, dieselbe zu verhindern, Bewegung, indem die oberen Schichten vermöge ihres Gewichtes auf der schiefen Rutschfläche so lange abwärts gehen, bis sie einen neuen Widerstand finden, der die Bewegung unterbricht. Bei den Einschnitten bildet die der Rutschfläche gegenüber liegende Wand diesen Widerstand; dieselben sind dann aber auch wieder mit Material angefüllt.

Findet sich die Achse der Mulde weit außerhalb des natürlichen Abhanges liegend und fallen die Schichten einigermaßen steil ab, dann ist es nicht unwahrscheinlich, daß schon früher Rutschungen stattgefunden haben und der abgerutschte Boden selbst, indem er ein natürliches Banquet bildete, der Bewegung ein Ziel gesetzt und Gleichgewicht erzeugt hat, wie solches im Profil Fig. 30 angedeutet ist. Hier muß jeder Einschnitt, welcher zwischen der gewachsenen Schichtung und dem Fusse des abgerutschten Bodens angelegt wird, neue Bewegungen und Abrutschungen veranlassen, welche so lange andauern, bis durch die Wiederausfüllung des Einschnitts ein neuer Widerstand der Bewegung sich gebildet hat.

Besteht eine solche wasserführende Zwischenschicht aus vom Wasser ganz auflöslichem Material, so erweicht dasselbe allmählig ganz und wird fortgespült, wodurch hohle Räume entstehen, die mit der Zeit eine solche Ausdehnung gewinnen, daß die darüber liegenden Schichten ihre Unterstützung verlieren und abstürzen. Ein solches Vorkommen kann schon bei sehr wenig geneigter Schichtenlage stattfinden und ist meistens die Veranlassung natürlicher Abrutschungen. Dergleichen Einbrüche und Senkungen erfolgen ruckweise und in vertikaler Richtung, weshalb die in Bewegung gekommenen oberen Schichten nicht immer, besonders wenn der Neigungswinkel klein ist, abrutschen, aber vermöge des durch den Fall erlangten Bewegungsmomentes und ihres Gewichtes, das erweichte Material der Zwischenschicht, welches noch nicht weggespült war, heraus und in den Einschnitt drängen. Rutschungen dieser Art pflegen sich zu wiederholen, theils wenn noch ein Theil des Materials der weichen Schicht zurückgeblieben ist, theils weil nach einem solchen Zusammensturz die Quellen, welche hier früher ihren Abfluß hatten, abgesperrt werden und einen anderen Ausweg suchen müssen, dabei wieder weichere Bodenarten auflösen und dieselbe Wirkung erzeugen.

Es sind auch sehr ausgedehnte Abrutschungen in Einschnitte dadurch herbeigeführt worden, daß einzelne Schichten feinen und körnigen Sandes durchschnitten und damit entwässert worden sind. In dem abgetrockneten Zustande vermindert sich Zusammenhang und Reibung des Sandes außerordentlich; er vermag den darüber liegenden Erdschichten keinen ausreichenden Widerstand zu leisten, kommt in Bewegung und nimmt dieselben mit. Das Profil Fig. 31 stellt eine solche Verbindung dar.

Nach dieser Erörterung der verschiedenen Ursachen von Einschnittsabrutschungen läßt sich schon ermessen, daß es unter den dargestellten Umständen nicht leicht ist, Abrutschungen zu verhindern, oder wenn sie eingetreten, das Gleichgewicht wieder herzustellen. So vielerlei Mittel auch zur Erreichung dieser Zwecke vorgeschlagen oder versucht worden sind, so haben sich dieselben doch immer als unzulänglich erwiesen, wenn damit nicht auf die Beseitigung der Ursachen des Uebels hingewirkt und dieselben ihrem Umfange nach den bewegenden Kräften nicht proportional waren. Wenn auch nicht immer der Mangel an richtiger Erkennung, so ist desto häufiger das Bestreben nach Kostenersparung die Veranlassung zur Anwendung von nur äußerlichen, gegen die Wirkungen, nicht gegen die Ursachen gerichteten Mitteln, die sich dann ohne Wirkung erweisen, während die Zerstörung immer weiter um sich greift und zuletzt gar nicht mehr zu bewältigen ist.

In der That erreichen gründliche Sicherungsarbeiten nicht selten einen solchen Umfang und die Kosten derselben eine solche Höhe, daß die des eigentlichen Einschnitts dagegen klein erscheinen und eine veränderte Disposition des Plans unter solchen Umständen sich sowohl als das sicherste wie wohlfeilste Auskunftsmittel darstellt. Ist dies aber aus anderen dringenden Gründen nicht zulässig, so wird es nöthig, von vorn herein auf ausreichende Sicherungsmaßregeln Bedacht zu nehmen, da dieselben unter allen Umständen immer weit weniger Arbeit und Kosten erfordern, als verwendet werden muß, um einer bereits eingetretenen Abrutschung Einhalt zu thun und das gestörte Gleichgewicht dadurch wieder herzustellen.

Je nach Verschiedenheit der veranlassenden Umstände werden die zur Vorbeugung von Abrutschungen zu treffenden Maßregeln andere sein müssen, immerhin wird aber dabei von dem Grundsatz ausgegangen werden müssen, entweder die bewegende Kraft zu vermindern oder die Widerstände derselben zu vermehren. Aus den allgemeinen Gesetzen der Bewegung läßt sich der Schluß ableiten, daß dem Zwecke leichter zu entsprechen ist, wenn die Ursachen der Bewegung beseitigt, als wenn die Widerstände derselben vermehrt werden. Eine Verminderung des Bewegungsmomentes wird am sichersten durch die Entlastung der Rutschflächen erlangt, oder was dasselbe ist, durch Verminderung des Gewichts der Masse, welche ihre direkte Unterstützung verliert, das Gleichgewicht gegen die übrigen Bewegungswiderstände zu erhalten. Das richtige Maß einer solchen Entlastung zu bestimmen, unterliegt freilich großen Schwierigkeiten, da eben die Widerstände der Bewegung unmeßbar sind; es bleibt daher kaum Anderes übrig, als aus der Kombination aller maßgebenden Verhältnisse, insbesondere des Abfallwinkels der Rutschflächen, des höheren oder geringeren Grades ihrer Schlüpfrigkeit, der Masse des darüber liegenden Bodens und seiner Cohäsion etc. für jeden einzelnen Fall unter Berücksichtigung gemachter Erfahrungen ein Maß abzuleiten, wie weit mit der Entlastung gegangen werden muß, wobei ein Zuviel dem Zuwenig immer vorzuziehen ist. Am sichersten würde es freilich sein, die Rutschflächen gänzlich zu entlasten oder bloßzulegen und bei sehr starkem Einfallen ist es auch

das Sicherste und Beste, da hier die wegzuräumenden Bodenmassen nur ein beschränktes Maß erreichen. Sind aber die Rutschflächen weniger geneigt oder liegen sogar, durch denselben Einschnitt gelöst, mehrere derselben über einander, dann ist das Mittel nur noch im beschränkten Maße anwendbar. Je flacher dieselben liegen und je weniger schlüpfrig ihre Oberfläche ist, desto mehr Material kann auf denselben liegen bleiben, weil dann die abgleitende Kraft geringer, die Reibung größer ist und schon bei theilweiser Entlastung das Gleichgewicht zu erhalten ist.

Wird, wie beispielsweise im Profil Fig. 32 gezeichnet ist, eine wasserführende Schicht durch den Einschnitt $c d f g$ bei i gelöst, so fällt der Widerstand, welchen der Keil $c d e$ im natürlichen Zustande der Bewegung entgensetzte, weg, und der Körper $a b c i$ nimmt das Bestreben an, von der Fläche $b i$ abzugleiten. Daran könnte er nur verhindert werden durch den Zusammenhang der Masse bei $a b$ und die Reibung auf der Fläche $b i$. Das Bewegungsvermögen des Körpers bestimmt sich durch sein Gewicht und die Neigung der Fläche $b i$. Letztere ist unveränderlich und läßt sich daher die abgleitende Kraft nur mit dem Gewicht oder der Masse $a b c i$ vermindern.

Diese Entlastung kann in zweierlei Art ausgeführt werden; entweder durch Abtragung der oberen Bodenschichten in parallelen Lagen mit der Rutschfläche oder durch Gestaltung von terrassenförmigen Absätzen $h k l m n o c$, welche die Rutschfläche bei m und o abschneiden. Durch Anlage von Kanälen in den Ecken $m o$ wird das Wasser, welches auf der Rutschfläche herabrieselt, aufgefangen und dem unteren Theile derselben entzogen, wodurch dann die Reibung auf derselben vermehrt wird. Es hängt von der Mächtigkeit der auf den Rutschflächen lagernden Schichten und der Beschaffenheit des Bodens ab, welche der beiden Entlastungsarten am zweckmäßigsten in Anwendung zu bringen ist; im Allgemeinen darf angenommen werden, daß erstere bei weichen Bodenarten, letztere bei Steinlagern vortheilhafter ist und sich besser ausführen läßt.

Als Beispiel einer nach diesen Grundsätzen in größerem Maßstabe beim Bau der Gebirgsstrecke der Westfälischen Eisenbahn ausgeführten Entlastung eines Felsenabhanges stellt das Profil Fig. 33 Taf. III einen Einschnitt dar, welcher drei wasserführende Rutschflächen durchschneidet, welche ihren Ursprung unter einer mächtigen, aber zerklüfteten Sandsteinlagerung nehmen. Daß durch diese Schichten sickernde Tagewasser gelangt an verschiedenen Punkten auf diese drei über einander liegenden Thonschichten und nimmt auf deren Oberfläche bis zur Thalsole ab, wo es in Quellenform zu Tage tritt.

Schon beim Beginn der Aushebung des projektirten Einschnitts $a b c d$ setzte sich die Wand $a b$, in Bewegung und es folgten die auf den oberen Rutschflächen liegenden Bodenschichten, so daß der vordere Theil der Steinlage seine Unterstützung verlor und nachstürzte. Die Arbeiten zur Aufräumung des verschütteten Einschnitts blieben erfolglos, da beim Tiefergehen immer neue Bodenmassen in Bewegung kamen und die in der Bodenoberfläche sich bildenden Risse immer größer wurden und sich weiter landeinwärts erstreckten. Um weiter arbeiten zu können, blieb daher nur übrig, den Abhang in solcher Art zu entlasten, daß jede der drei Rutschflächen angeschnitten und damit Terrassenabsätze ef , gh , ik und lb gebildet wurden. Das Wasser der einzelnen Rutschflächen ist in die Längkanäle f , h und k , welche in den Ecken der horizontalen Absätze in den Thonschichten eingeschnitten sind, gesammelt und an geeigneten Stellen abgeführt. Diese Absätze sind demnächst muldenförmig abgepflastert worden, um auch das Tagewasser, welches auf dieselben fällt, nach den Kanälen zu leiten und das

Eindringen desselben in den Boden zu verhindern, während die Böschungen der Wände so steil gehalten sind, als das Material es gestattete. Der Einschnitt ist dadurch vollständig gesichert worden, wenngleich mit bedeutendem Arbeitsaufwande, welcher wahrscheinlich sehr viel geringer gewesen wäre, wenn schon gleich beim Beginn der Arbeit eine angemessene Entlastung der Rutschflächen vorgenommen worden wäre.

Auch in dem oben bezeichneten Falle wurde wieder von Neuem bestätigt, daß es ganz zwecklos und nur zeit- und kostenraubend ist, eine Einschnittsrutschung an ihrem Fulse anzugreifen. Mit einiger Aussicht auf Erfolg lassen sich dieselben nur bekämpfen, wenn der in Bewegung gekommene Abhang so weit zurück, als sich Risse zeigen, entlastet und damit terrassenförmig von oben nach unten fortgeschritten wird, bis zur Sohle des Einschnitts. Durch Abfangung und Ableitung der Quellen in hochgelegenen Punkten wird aber die Sicherheit der Wand nachhaltig gefördert.

Nur in wenigen Fällen wird es genügen, in Aussicht stehende Einschnittsabrutschungen durch Vermehrung der Bewegungswiderstände abzuwenden. Die Cohäsion des Materials läßt sich in keiner Weise steigern, der Widerstand der Reibung und unter besonders günstigen Umständen durch Ableitung des Wassers werden Rutschflächen vermieden; es bleibt daher nur noch der Widerstand des Gegengewichts übrig, welcher möglicherweise vermehrt werden kann.

Futtermauern reichen dazu, ihres verhältnißmäÙig geringen Gewichts wegen, nicht aus, und wenn dieselben schon zu häufig durch den bloßen Erddruck, nicht Stand halten, so ist bei eintretender Bewegung des hinterliegenden Bodens auf Widerstand gar nicht zu rechnen.

In einzelnen Fällen, wo durch einen abgeschnittenen, nicht zu umfangreichen Theil des schützenden Fusses *a b c* Fig. 34 das Gegengewicht einer wenig geneigten Bodenschicht verloren gegangen ist, kann dasselbe durch eine dem Gewichte des Widerlagers entsprechende Steinpackung wieder gewonnen werden. Dabei versteht es sich von selbst, daß diese Steinpackung vor Aushebung des Einschnitts selbst und nur in einzelnen Abtheilungen ausgeführt werden muß, da schon die zusammenhängende Aufschlitzung des Bodens für die Aufnahme derselben die Abrutschung veranlassen kann, welche dadurch abgewendet werden soll.

Am Schlusse dieses Kapitels kann nur wiederholt darauf hingewiesen werden, daß bei derartigen Anlagen das Hauptaugenmerk auf die wasserführenden Schichten gerichtet werden muß, und die relativ größte Sicherheit erlangt wird, wenn dieselben möglichst weit abgedeckt, Kanäle darin angelegt und die darauf herabrieselnden Wasser abgefangen und unschädlich abgeführt werden; endlich aber kein Mittel unbenutzt gelassen wird, das Eindringen des Tagewassers in den Boden zu verhindern oder mindestens zu beschränken.

Achstes Kapitel.

Bildung der Aufträge oder Anschüttungen.

34. Allgemeine Grundsätze.

Bei der Bildung von Aufträgen sind es vorzugsweise drei Gegenstände, welche eine sorgfältige Berücksichtigung fordern, wenn die Anlage als gesichert erscheinen soll. Es sind dies die Form des Grundes, die Beschaffenheit des Bodens, welcher die Anschüttung tragen soll, und die Gattung des Materials, welches zur Bildung desselben verwendet werden soll. Von diesen Eigenschaften hängt sowohl die Wahl der zweckentsprechendsten Form, als die Bestimmung der Ausführungsart und der zu treffenden Sicherheitsmaßregeln ab, welche bei den Aufträgen in nicht geringerem Maße erforderlich werden, als bei den Einschnitten.

Zweck der Aufträge ist, ein über dem natürlichen Boden liegendes festes Planum zu erlangen, und es kommt also besonders darauf an, Vorsorge zu treffen, daß die Höhenlage desselben und die zu seiner Erhaltung nöthige Form möglichst vollständig gesichert werden. Die Erkennung der Bedingungen und der Mittel zur Erreichung dieser Zwecke unter Berücksichtigung vorwaltender örtlicher Zustände und Verhältnisse ist daher von entschiedener Wichtigkeit.

Es theilen sich aber diese Bedingungen und Regeln in allgemeine und in besondere, welche auf die verschiedenen Bodenarten Bezug haben; um Wiederholungen zu vermeiden, sollen zunächst die ersteren für sich behandelt werden.

Bei der Bildung von Aufträgen werden nach Verschiedenheit der Umstände zweierlei Schüttungsmethoden in Anwendung gebracht, nämlich entweder die in horizontalen Lagen oder die vertikale über Kopf. Beide Methoden unterscheiden sich dadurch von einander, daß die Aufträge nach der ersteren aus einzelnen Horizontalschichten übereinander, nach der anderen aus geneigt stehenden Schichten gebildet werden, wie aus den beiden Figuren 35 und 36 Taf. III im Grundriß und im Längenprofil zu ersehen ist.

Die Lagenschüttung findet gewöhnlich da Anwendung, wo Dämme aus Seitenentnahmen gebildet worden, oder wo bei Ausgleichungen die Höhendifferenz zwischen Auftrag und Abtrag so gering ist, um das Gefälle mit den Transportmitteln noch überwinden zu können. Die Kopfschüttung wird im entgegengesetzten Falle und da angewendet, wo das gesammte Schüttungsmaterial direkt aus dem Einschnitt in den Auftrag geschafft werden muß und der Höhenunterschied zwischen den oberen Schichten des Ersteren und den unteren Lagen des Letzteren so bedeutend ist, daß mit den verwendbaren Transportgeräthen nicht aus dem oberen Theile des Einschnitts nach dem unteren des Auftrags mit Sicherheit zu gelangen ist.

Bei Anwendung von Schüttungsmaterial, welches im Auftrage keine hohlen Räume entstehen läßt und welches daher einer besonderen Dichtung nicht bedarf, sind beide Methoden gleich zulässig; wenn dies aber nicht der Fall ist, wird mit Recht die Schüttung in dünnen Horizontallagen vorgezogen, weil sich in denselben das Material besser dichten läßt, als in einer Kopfschüttung, wie dies weiter unten näher nachgewiesen werden wird.

Als nicht zu vernachlässigende allgemeine Regel ist zu beachten, niemals nasse Erde in eine Anschüttung zu bringen. Eine fast niemals ausbleibende Folge sol-

chen Verfahrens ist, daß die Schüttungen ausweichen oder gar zerfließen. Solches naß in eine Anschüttung gebrachte Erdmaterial wird niemals wieder ganz trocken und nimmt begierig die Tagewasser auf, welche bis in das Innere dringen und den Boden auflösen können. Dergleichen Aufträge bleiben daher immer unsicher und weichen oft erst lange Zeit nach ihrer Vollendung aus. Reine Stein-, Sand- oder Kiesschüttungen sind diesen Unfällen nicht ausgesetzt, und kann dieses Material auch ohne Besorgniß im nassen Zustande verwendet werden, da es sich nicht auflöst und das eindringende Wasser leicht wieder entweichen läßt.

Ebenso ist es möglichst zu vermeiden, gefrorenen Boden in die Anschüttungen zu bringen; derselbe ist in diesem Zustande nur scheinbar trocken, zerfließt aber nach dem Aufthauen, was oftmals auch erst nach langer Zeit geschieht. Da gefrorener Boden sich sehr sperrig schüttet, auch nicht gestampft werden kann, so erfolgen später an den Stellen, wo er verwendet ist, so starke plötzliche Senkungen und Formveränderungen, daß oft sehr bedeutende und störende Nacharbeiten erforderlich werden, um die zweckentsprechende Höhe und Form wieder herzustellen.

Ganz besondere Vorsicht ist in allen den Fällen anzuwenden, wenn gemauerte Wasser- oder Wegedurchlässe, die unter einem Planum liegen, hoch überschüttet werden müssen. Es muß dies nicht nur immer in sehr dünnen Lagen, sondern auch so gleichmäßig auf beiden Seiten geschehen, daß fortwährend Gleichgewicht stattfindet. Sobald auf einer Seite ein stärkerer Druck als auf der anderen stattfindet, wird das Bauwerk umgeworfen oder mindestens aus der Form gebracht und in seinem Verbande beschädigt. Wird der Auftrag, unter welchem eine solche Durchführung liegen soll, durch Kopfschüttung gebildet, so muß die Vorsicht verdoppelt werden dadurch, daß nicht allein auf beiden Seiten des Bauwerks die Anschüttung in bedeutender Breite, sondern auch in einer solchen Höhe darüber in dünnen horizontalen Lagen ausgeführt wird, damit der einseitige Druck der dagegen anrückenden Kopfschüttung das Gleichgewicht der so gebildeten compacten Masse nicht mehr zu stören vermag. Allgemeine Regeln lassen sich für das Maß zwar nicht angeben, mindestens muß aber die horizontale Ueberdeckung gleich der Höhe des Bauwerks selbst über dem gewachsenen Boden, und die Breite doppelt so groß sein, bevor mit Sicherheit darüber weiter geschüttet werden kann. Fig. 37 wird das Vorgetragene verdeutlichen.

Da Unfälle der bezeichneten Art gar häufig vorgekommen sind, selbst dann, wenn mit Sorgfalt verfahren ist, so erscheint es sehr räthlich, hinsichtlich der anzuwenden Vorsicht lieber etwas zu weit zu gehen, als es irgend daran fehlen zu lassen.

Wird aber eine hohe Schüttung über nachgiebigen Untergrund geführt, so darf das Bauwerk durchaus nicht früher überschüttet werden, als bis die an dasselbe stoßenden Aufträge auf beiden Seiten ihre volle Höhe erreicht haben und keine Senkung des Bodens mehr zu erwarten steht. Ein beim Bau der Belgischen Eisenbahn in der Nähe von Mecheln vorgekommener Unfall wird die Nothwendigkeit dieser Vorsicht darthun. Durch ein Thal, in welchem ein kleiner Bach fließt, mußte der gegen 80 Fuß hohe Damm geschüttet werden; für die Abführung des Baches war ein kleiner Durchlaß auf Pfahlrost erbaut, und der Damm wurde nun ohne Weiteres im Zusammenhange durchgeführt. Gleich darauf senkte sich der Damm auf beiden Seiten der Brücke tief in den Untergrund, wobei aber der über dem Durchlaß liegende Theil nicht folgen konnte, da dieser einen festen Punkt im Grunde bildete. Es entstanden nun die beiden Querrisse *ab* und *cd*, Fig. 38, und da der Durchlaß den außer Zusammenhang gekommenen Erdkeil

ab dc nicht zu tragen vermochte, außerdem aber an den Punkten *b* und *d* seitwärts angegriffen wurde, so erfolgte eine Zusammendrückung desselben. Der Bach, welcher dadurch seinen Abfluß verlor, füllte den oberen Theil des Thales bald bis zu einer solchen Höhe an, daß der Damm gesprengt wurde und zum größten Theile verloren ging. Ueberhaupt muß mit großer Sorgfalt zu Werke gegangen werden, wo Schüttungen auf moorigem oder Torfboden gegen Rostwerke sich lehnen müssen. Der Seitendruck, welchen der untere Theil der Schüttung gegen die Pfähle ausübt, wirkt darauf hin, dieselben aus ihrer Lage zu bringen und damit den Rost und das Bauwerk zu zerstören. Ein solcher Fall ist beim Bau des Dammes der Niederschlesisch-Märkischen Eisenbahn durch ein Moor vorgekommen, wo die im schwimmenden Moore 24 Fuß freistehenden Rostpfähle eines Durchlasses durch die auf dem festen Untergrunde fortschreitende Dammschüttung, so aus ihrem Stande gedrückt wurden, daß Rost und Durchlaß verloren gingen. Bei der vorsichtigsten Schüttung ist ein solcher Fall nicht zu vermeiden, und deshalb muß schon beim Rostbau Vorsorge dagegen getroffen werden, entweder daß derselbe mit einer Pfahlwand umgeben wird, die mit ihm in keiner direkten Verbindung steht, oder daß die Schüttung vorab durchgeführt und dann erst, wenn sich dieselbe gesetzt hat, durch dieselbe der Pfahlrost eingerammt wird. Bei zweifelhaftem Terrain bleibt man am besten mit dem Dammfuß 12 bis 15 Ruthen vom Durchlaß ab, überbrückt denselben provisorisch mit Holz und schüttet nun erst jenseit des Dammes 5 bis 6 Ruthen lang an, bevor mit dem sorgfältigen Ueberkarren des Bauwerkes selbst vorgegangen wird.

Der Ruhewinkel ist, wie schon im vorigen Abschnitte erörtert wurde, für jedes verschiedene Schüttungsmaterial ein anderer, und wenn derselbe auch nach allgemeinen Klassifikationen als bekannt angenommen werden kann, so ist es doch nützlich, bei der Ausführung, wo die Verhältnisse sich selten ganz rein gestalten, das Zutreffen der Annahme zu prüfen, um sich zu vergewissern, daß die Schüttung bei dem angenommenen Böschungswinkel stehen wird. Da der Ruhewinkel diejenige Böschung bezeichnet, bei welcher grade das Gleichgewicht stattfindet, für äußere Einwirkungen und Belastungen aber ein Zuschuß erforderlich ist, so muß die anzulegende Böschung immer flacher werden als der Ruhewinkel. Gewöhnlich wird das $1\frac{1}{2}$ fache desselben angewendet, wenn nicht andere Umstände, z. B. bei Deichanlagen u. s. w. eine noch flachere Böschung erforderlich machen.

Es herrschen Meinungsverschiedenheiten darüber, ob auch die Auftragsböschungen mit Banketts versehen werden sollen; dagegen werden die Mehrkosten des zu verarbeitenden Materials und des zu verwendenden Bodens geltend gemacht, und dieser Einwand ist vollkommen begründet, wenn die Vortheile, welche dadurch erreicht werden sollen, in Abrede gestellt oder für so geringfügig erachtet werden, daß sie eines solchen Kostenaufwandes nicht werth sind. Für die Banketts wird aber angeführt, daß sie wesentlich zur größeren Stabilität der Dämme beitragen, daß sie den Beschädigungen der Böschungen enge Grenzen setzen, eine geregeltere Entwässerung gestatten und die Zugänglichkeit bei der Bewirthschaftung erleichtern, was sehr zur Schonung derselben beiträgt. Diese Vortheile sind indess geringer als die Nachtheile; denn die Banketts sind auch Aufhalter der Feuchtigkeit und verschwinden nach und nach wie in den Einschnitten.

Gut ist es bei hohen Dämmen, vielleicht 12 oder 16 Fuß unter der Krone jederseits ein einziges Bankett von $2\frac{1}{2}$ bis 3 Fuß Breite zu haben, welches die Mittel gewährt, die abgerutschte und schmaler gewordene Krone wieder profilmäÙig herzustellen.

Andererseits tritt häufig der Fall ein, daß es an Raum mangelt, den An-