

## 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 vorzuschicken, 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 planmäsig zu vollenden. Fig. 1 Blatt II wird dies anschaulich machen; zwischen *a* und *b* hat die planmäsig 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 <sup>Makro</sup>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 auflöschlichen, 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 gleichmäÙig 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 Abschiesfen 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 ersehen 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 Fufs 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 Fufs 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 Gufsstahl, 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 Fufs 2 Fufs breite,  $1\frac{3}{4}$  Fufs hohe Gänge durch Stossen mit Meißelstangen eingetrieben und das so gelösete Material mit Ziehschaufeln herausgezogen. Wenn damit eine Tiefe von 12 Fufs erreicht war, wurde der Gang durch einen Flügel in schräger Richtung etwa 6 Fufs 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 Grundrifs 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  $1\frac{1}{2}$  Fufs 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 Stofsbohrer 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 Stofsbohrer 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 Fufs, 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 Vortheil angewendet und damit 7 bis 8 Fufs pro Tag abgebohrt. Beim Abbau der Trokadero vor dem Pont de Jena in Paris hat man die Bohrlöcher dagegen 10 bis 12 Fufs tief und 4 Fufs 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, ergibt 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 Fufs großes und 16 Fufs 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 Fufs, im festen Kalkstein 6 bis 10 Fufs, in Granit und Hornstein 5 bis 8 Fufs gebohrt werden. Große Löcher wurden von zwei Mann in Sandstein, Keuper, Muschelkalk etc. 14 bis 18 Fufs, in Grauwacke, Porphy, Melaphyr und Granit 7 bis 12 Fufs abgebohrt.

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

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 Vortheil 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 Fufs 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 Fufs 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  $2\frac{1}{2}$  Fufs 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 Fufs 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 Bohlenverschluss, in den Gängen Steinpackungen an den schwarz gezeichneten Stellen und Erdfüllung angebracht. Beim Abfeuern erhob sich die darüber liegende Hornsteinschicht um  $1\frac{1}{2}$  Fufs, in Folge dessen zwei 20 Fufs 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 Kubikfufs 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 Aqueductes 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 auflöseliche 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 auszuffliessen; dagegen spaltet er, am Fusse angegriffen, in senkrechten Fugen ab und bildet steile Wände, welche sich ohne weiteren Schutz halten, wie dies viele Flusssufer, 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 Lehm Boden einen Weg bahnen, so lösen sie denselben auch gewöhnlich auf und führen das flüssig gewordene Material mit sich hinweg. Ueber Lehm Boden 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 Lehm Boden vollendet, ohne daß die ungeschützten Böschungen schon durch einen märsigen 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 Fufs starke und 10 bis 12 Fufs 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.

Läfst 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 zuläfst, 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  $2\frac{1}{2}$  Fufs breit angelegt und reicht bis zur Grabensohle hinab, welche, um von dem Filtrationswasser nicht angegriffen zu werden, mit Steinpflaster oder einer Rasendecke ausgefütert 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 Vortheil Drainröhren angewendet, die aber auch in die Bankets der Einschnitte eingelegt und mit Saugedrains in den Böschungskörper hineinreichend, sehr gute Dienste thun.

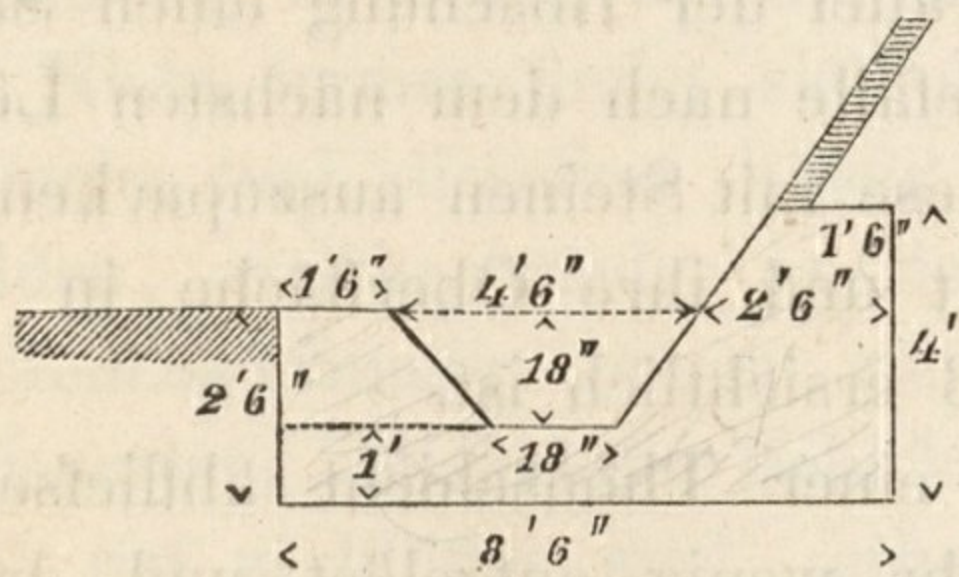
Schwieriger und ungewisser wird eine vollständige Entwässerung, wenn keine markirten Quellen oder wasserführende Schichten vorhanden oder aufzufinden sind und das Wasser in fast unsichtbaren feinen Fäden oder tropfenweis durch den Lehm schwitzt. Hier reicht die Wirksamkeit einzelner Sickerkanäle nicht 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 Querkanäle 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 Böschungform 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 rätlich, 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 abgibt, 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 Steinformationen 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 Mafsgabe 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; wengleich 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 Kreidekalkschichten 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 Mißstand 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.

#### b) 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 Materialerweichung 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 unauflöslchen 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 Gewifsheit auf eine Abrutschung gerechnet werden.

Zur Beurtheilung der Ausdehnung, welche eine solche Rutschung annehmen wird, giebt es keinen sicheren Mafsstab, 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-

schungen 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 ergiebt 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 auferhalb 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 auferhalb 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 auflöselichem 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 Unterstüzung 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 Mafß 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 Mafße 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 entgegengesetzte, 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 zweckmäfsigsten in Anwendung zu bringen ist; im Allgemeinen darf angenommen werden, dafs erstere bei weicheren Bodenarten, letztere bei Steinlagern vortheilhafter ist und sich besser ausführen läßt.

Als Beispiel einer nach diesen Grundsätzen in größerem Mafsstabe 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. Dafs 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 dafs 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, dafs 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, wengleich 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 Fusse 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 verhältnißmäfsig 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.