

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 auflöslische 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 Wiedererzeugung 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 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 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.

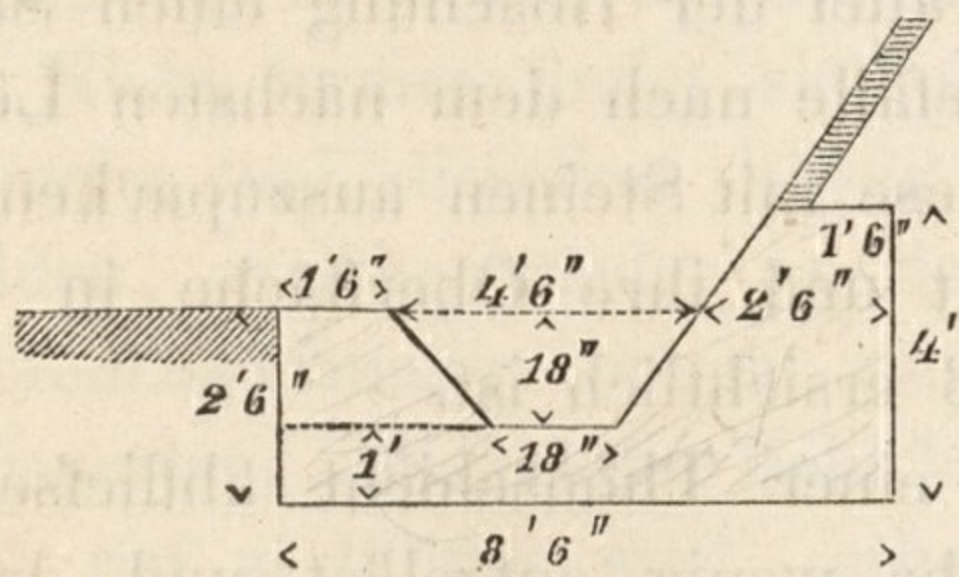
Schwieriger und ungewisser wird eine vollständige Entwässerung, wenn keine markirten Quellen oder wasserführende Schichten vorhanden oder aufzufinden sind und das Wasser in fast unsichtbaren feinen Fäden oder tropfenweis durch den Lehm schwitzt. Hier reicht die Wirksamkeit einzelner Sickerkanäle nicht 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