

Achstes Kapitel.

Bildung der Aufträge oder Anschüttungen.

34. Allgemeine Grundsätze.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

schüttungen die zu ihrer Standfähigkeit nothwendige Böschungsanlage zu geben. Die in solchen Fällen anzuwendenden Auskunftsmitel sind zu sehr von der Beschaffenheit des Schüttungsmaterials und der Lokalität abhängig, als daß darüber allgemein zutreffende Regeln aufgestellt werden könnten. Jedenfalls wird es nöthig, die steiler anzulegende Böschung aus solchem Material zu bilden und dasselbe in einen solchen Verband zu bringen, daß es im Stande ist, dem überschießenden Seitendruck das Gleichgewicht zu halten. Dieser Seitendruck wird um so stärker, je steiler die Böschung angelegt werden muß und je weniger Cohäsion das Schüttungsmaterial besitzt.

Ganz steile Böschungen lassen sich nur durch Futter- oder Stützmauern darstellen, den Uebergang zu etwas flacheren bilden Steinpackungen, welche durch ihren Verband die Form bewahren, durch ihr Gewicht dem Seitendruck widerstehen. Dem Ruhewinkel nahe kommende Böschungen können schon durch Abpflasterung oder massive Kopf-Rasenabböschungen gehalten werden, während bei noch flacheren schon eine möglichste Verdichtung der in dünnen Lagen geschütteten Aufsflächen und eine sorgfältige Befestigung derselben ausreichend sein wird. Sand und Kies sind in dieser Beziehung wegen des starken Seitendruckes, welchen sie ausüben, am ungefügigsten, weshalb zu empfehlen ist, dieses Material, wenn demselben steilere Böschungen gegeben werden müssen, lagenweis mit Lehm oder einem anderen Bindemittel zu vermischen, wodurch es am Abrollen verhindert wird.

Die Schüttung von Aufträgen auf schiefen Ebenen erfordert immer große Vorsicht, um ein ungleichförmiges Setzen zu verhüten und sie vor Abgleitung zu bewahren. Eine Anschüttung auf schiefer Ebene wird durch nichts als die Reibung zwischen ihrer Unterfläche und der Oberfläche des zu beschüttenden Bodens in ihrer Lage erhalten; es wird daher zur Aufgabe, diese Reibung durch alle zu Gebote stehende Mittel zu verstärken und zwar desto mehr, je stärker der Boden abfällt, weil sich damit das Bestreben der Abrutschung steigert.

Diese Reibung kann direkt oder indirekt durch verschiedene Mittel befördert werden.

Zunächst und hauptsächlich geschieht dies durch Verwandlung der schiefen Ebenen in Terrassen, so daß die Schüttung auf treppenförmig aufsteigenden horizontalen Streifen ruhet und jeder Punkt derselben unmittelbar unterstützt ist. Dabei ist aber mehrerlei zu beachten; vor Allem, daß diese Terrassen in den wirklichen festen Boden und nicht blos in eine nur aufgeschlämmte oder Humus-Schicht eingeschnitten werden, welche selbst wieder auf einer schiefen Ebene liegt, von welcher sie mit der Anschüttung abrutschen würde. Diese Terrassen müssen, wenn sie wirksam sein sollen, ein kräftiges Profil erhalten, so daß die horizontalen Stufen mindestens 10 Fuß breit, 2 bis 3 Fuß hoch werden. Bei hohen Dammanlagen wird man aber unter solchen Verhältnissen nur sicher gehen, wenn noch vor Bildung der Terrassen die ganze zu beschüttende Fläche so tief ausgegraben wird, bis der Boden erreicht ist, welcher den Kern des Abhanges bildet. Dies ist ganz besonders da nöthig, wo Querthäler, sie mögen noch so unbedeutend sein, übersetzt werden. Hier ist gewöhnlich der gewachsene Boden sehr tief ausgerissen, die damit gebildete Höhlung aber wieder durch anderes, weiches Material ausgefüllt, welches, wenn es belastet wird, um so leichter ausweicht, als sich diese Thäler nach unten trichterförmig erweitern und stark abfallen.

Das andere Mittel, die Reibung zwischen Schüttung und den abfallenden Boden indirekt zu vermehren, besteht in der Entwässerung des zu beschüttenden

Planums. So lange noch der kleinste Quell sich ohne geregelten Abflufs unter einer solchen Anschüttung befindet, ist dieselbe nicht sicher, der Boden wird durch dieselbe erweicht und schlüpfrig gemacht, die Terrassenecken verlieren ihr Widerstandsvermögen und der Auftrag rutscht ab, gewöhnlich die Terrassen mit sich fortnehmend. Bei dieser Entwässerung kann daher gar nicht vorsichtig, ja gründlich genug verfahren werden; die eigentliche Schwierigkeit dabei ist aber immer die Entdeckung der Quellen, welche oft so unbedeutend sind, dafs sie sich dem Auge entziehen und, was am schlimmsten, dafs viele derselben während der trockenen Jahreszeiten ganz versiegen und dann weder aufzufinden, noch zu fassen sind.

Als eins der sichersten Mittel zur Auffindung der Quellen ist die Abdeckung der oberen aufgeschwemmten Bodenschicht zu bezeichnen, wobei aber nicht versäumt werden darf, die kleinen Querthäler bis auf den Grund auszuräumen, weil gerade in diesen tiefsten Einschnitten die meisten Quellen zu münden pflegen.

Die verschiedenen Arten, solche Quellen, welche oft nur Durchschwitzungen sind, zu fassen und ohne Gefahr für die Anlage abzuleiten, sollen in dem Kapitel, welches von den Nebenarbeiten handelt, besonders erörtert werden, weshalb der Gegenstand hier verlassen werden kann.

Nach Terrassirung und Entwässerung der zu beschüttenden Bodenoberfläche erfordert die Ausführung der Schüttung selbst noch grofse Vorsicht, namentlich, dafs in dünnen Lagen, an den tiefsten Punkten anfangend, dieselbe mit jeder Terrassenschicht abgeglichen, vorgegangen, jede dieser Lagen aber so festgestampft wird, dafs ein irgend erhebliches Setzen nicht mehr zu besorgen ist, wenn die folgenden Lagen aufgebracht werden. Kopfschüttungen sind bei dieser Art von Aufträgen ganz unzulässig, so wie überhaupt die gleichzeitige Schüttung in verschiedenen Höhenlagen. Das Setzen so geschütteter Aufträge ist natürlich da, wo sie am höchsten sind, auch am stärksten; die Hauptmasse des Körpers erhält dadurch ein Bestreben, sich nach dem Abhange hin zu bewegen und von den horizontalen Stufen abzuschieben. Wenn dann auch, unter günstigen Verhältnissen, keine förmliche Dammrutschung bis auf den gewachsenen Boden stattfindet, so erfolgt doch, wie es unter diesen Umständen fast immer vorgekommen ist, eine Rutschung im Auftrage selbst, welcher gewöhnlich die Erscheinung von Längenschnitten im Planum vorausgeht. Fig. 39 Taf. III zeigt den Querschnitt einer solchen Schüttung, welche eine durch die punktirte Linie bezeichnete Gestalt anzunehmen pflegt, wenn sie nicht in dünnen Lagen, sondern vor Kopf oder gleichzeitig in der ganzen Höhe ausgeführt worden ist. Es läfst sich danach ermessen, wie schwer es halten mufs, einen so zugerichteten Auftrag wieder in Ordnung zu bringen und zu sichern, besonders aber bei nasser Witterung, wenn das Regenwasser in die Längenschnitte eindringt, das Schüttungsmaterial auflöst und am Fufs der Böschung einen Ausweg sucht. Bei einem solchen Damme an der sogenannten steilen Wand im Oderthale oberhalb Frankfurt hat die Wiederherstellung von Beschädigungen dieser Art viel Arbeit gemacht und lange Zeit bis zum Eintritt völliger Ruhe erfordert.

Als ein letztes Mittel zur Unterstützung der auf schiefen Ebenen geschütteten Aufträge verdient noch die Anlage von Contrebankets vor dem Fufse derselben der Erwähnung. Dieselben wirken in doppelter Weise gleichzeitig, einmal durch ihre Masse, welche einer etwaigen Bewegung des Dammes direkten Widerstand leistet, da sie ihm zum Stützpunkt dient, dann aber mittelbar durch Vermehrung der Friktion, bei Erweiterung der Berührungsflächen. Von ganz besonderem Nutzen erweisen sich diese Bankets am äufseren Fufs derjenigen Aufträge, welche eine

Niederung oder Thalausmündung kreuzen, indem hier ein Bestreben der Abrutschung aus den angeführten Gründen vorherrscht.

Bei der Anlage dieser Bankets ist Folgendes zu beachten:

a) Die Masse des Banketts muß zu der Anschüttung überhaupt in einem solchen Verhältniß stehen, daß es auch eine wirkliche Stütze gewährt, wofür immerhin $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{3}$ der Hauptmasse angenommen werden kann.

b) Die Sohle des Banketts ist unter allen Umständen so tief einzuschneiden, daß sie mehrere Fusse in unzweifelhaft festem, unverschiebbarem Boden liegt. Dieselbe ist zwar horizontal auszugleichen, aber durch Anlage von Sickerkanälen nach allen Richtungen hin vollkommen zu entwässern. Ohne solche Vorbereitung wird das Bankett derjenige Theil der Schüttung sein, welcher zuerst ausweicht.

c) Zur Schüttung dieser Bankets ist das schwerste Material zu verwenden, welches zu haben ist. Dasselbe muß nothwendig in dünnen Lagen eingebracht und in jeder Weise für die möglichste Dichtung desselben Sorge getragen werden. Sand und Stein sind die geeignetesten Materialien für Bankets, da sie beim größten Gewichte das Wasser am besten durchlassen.

Endlich ist

d) die Oberfläche des Banketts mit einem solchen Gefälle zu versehen, daß das von den Böschungen des Auftrages kommende sowohl als das unmittelbar darauf fallende Regenwasser einen schnellen Abfluß findet, und um jedes Eindringen desselben in den Körper zu verhindern, ist es nöthig, diese Flächen mit Pflaster oder Rasen zu befestigen.

In das Innere der Aufträge kann das Wasser in doppelter Art gelangen, entweder bei der Schüttung selbst durch Verwendung wasserhaltigen Materials, oder durch das Eindringen des Regenwassers in Spalten, Rissen und Mulden. Von dem schädlichen Einfluß der solcher Art in den Auftrag gelangenden Feuchtigkeit ist schon Eingangs die Rede gewesen und bleibt hier nur noch zu erwähnen, daß, wenn aus dieser Veranlassung eine Anschüttung in dem Maße vom Wasser durchdrungen worden ist, daß sie ausweicht oder auseinanderfließt, alle Arbeit verloren ist, welche darauf verwendet werden möchte, dieselbe durch Nachhöhung mit gutem Material zum Stillstand zu bringen. Wohl trocknet die Oberfläche ab und bietet scheinbar eine geeignete Unterlage für weitere Nachschüttung; bei näherer Untersuchung wird sich aber fast immer finden, daß der Kern sich noch im aufgelöseten und gelockerten Zustande befindet und daher außer Stande ist, auch nur eine geringe Last zu tragen. Es gehen oft viele Jahre darüber hin, bis ein so ausgewichener Damm völlig austrocknet, wenn es überhaupt jemals geschieht. Unter solchen Umständen ist der allein sichere Weg zur Besserung, das aufgelösete Material gänzlich wegzuräumen und die Schüttung aus gutem trockenem Boden von Neuem auszuführen. Drängt die Zeit nicht und wird es durch sonstige Umstände begünstigt, so verlohnt es den Versuch zu machen, das aufgelösete Material durch Ausbreitung in dünne Schichten, Zertheilung durch viele Einschnitte und Anlage von Sickerkanälen u. s. w. abzutrocknen. Dies Material wird man aber nur mit großer Vorsicht zu einer neuen Anschüttung verwenden dürfen und zwar immer nur mit einer starken Beimischung von festem, sehr trockenem Boden im entsprechenden Verhältniß.

Durch Risse, Senkungen oder lockere Stellen in der Oberfläche der Aufträge kann ebenfalls Wasser in das Innere der Aufträge gelangen und bei löslicher Beschaffenheit des Materials, aus welchem sie gebildet sind, die oben bezeichneten Wirkungen hervorbringen. Dieselben üblen Folgen stellen sich auch ein, wenn Schüttungen aus löslichem oder wassereinsaugendem Material, während anhaltenden

Regenwetters ausgeführt werden, oder große Schneemassen auf unvollendete Anschüttungen sich lagern, welche später geschmolzen um so leichter in dieselben eindringen, als die angefangene Schüttung noch keinen Schutz dagegen bietet.

Wo es daher nach den obwaltenden Verhältnissen nachtheilige Folgen haben kann, wenn Wasser aus der Oberfläche in das Innere der Schüttungen eindringt, da muß mit besonderer Sorgfalt darauf gehalten werden, daß die Oberfläche glatt, fest und mit dem, einer schnellen Wasserabführung förderlichen Abhange versehen werde. Es ist ferner zu veranlassen, daß bei eintretendem Winter die unvollendeten Anschüttungen provisorisch so gedichtet und mit den nöthigen Abflusrrinnen versehen werden, daß kein Regen- oder Schneewasser auf denselben stehen bleiben kann.

Wenngleich von den Böschungen der Aufträge schon durch ihre starke Neigung das Regenwasser schnell abgeführt wird, so werden doch durch dasselbe, namentlich bei frischen Schüttungen, Rinnen ausgespült oder tiefe Furchen eingerissen, womit allmählig die Form und der Schutz der Aufträge verloren geht. Deshalb ist eine Sicherung der Auftragsböschungen eben so nöthig als die der Abträge und gelten dafür im Wesentlichen dieselben Vorschriften.

Der Frost äußert auf gut konstruirte und gesicherte Anschüttungen keinen nachtheiligen Einfluß, vorausgesetzt, daß kein Wasser in das Innere derselben eingedrungen ist. Entgegengesetzten Falles stauet sich das in dem Auftrage enthaltene oder eindringende Wasser gegen die gefrorenen Böschungen an, bis es eine solche Höhe erreicht, daß der Böschungsmantel durch diesen Druck gesprengt wird und abrutscht, wobei gewöhnlich ein großer Theil des Schüttungsmaterials selbst mit dem Wasser ausfließt. Die Neigung einer Böschung, aus solcher Veranlassung gesprengt zu werden, giebt sich häufig schon einige Zeit vorher durch Veränderung der Form und Ausbauchungen zu erkennen. Bei genügender Aufmerksamkeit kann dem Uebel dann noch gesteuert werden, wenn, wie es schon öfter gelungen ist, am Fusse der betreffenden Anschüttung durch den gefrorenen Böschungsmantel Löcher eingeschlagen oder gebohrt werden, durch welche das in der Schüttung angesammelte Wasser einen Abfluß findet. Damit wird das Material im Innern allmählig abgetrocknet und erlangt unter dem vorläufigen Schutze der gefrorenen Böschung wieder die nöthige Standfähigkeit, womit dann der Auftrag gerettet ist. Fälle dieser Art treten aber gewöhnlich nur da ein, wo eine Schüttung auf schiefer Ebene sich an einen höher hinaufziehenden Abhang anlehnt, aus welchem Quellen unter dieselbe gelangen können, deren Abfluß durch den gefrorenen Boden verhindert wird.

Zum Schluß dieser allgemeinen Bemerkungen verdient noch ein Umstand der Erwähnung, der bei der Ausführung großer Anschüttungen nicht immer genügend beachtet worden ist und woraus dann schon öfter sehr üble Folgen erwachsen sind.

Bei der Bildung von Aufträgen wird es oft nöthig, das ganze oder einen Theil des dazu erforderlichen Materials von der Seite zu entnehmen, wodurch um so größere und tiefere Gruben neben der Anschüttung entstehen, als jene höher und daher schwerer werden. Durch solche Gruben werden die Aufträge relativ höher und wenn schon häufig Ausweichungen des natürlichen Bodens unter der Last hoher Anschüttungen, ohne solche Aushöhlungen am Fusse derselben vorkommen, so leuchtet ein, wie gefährlich unter diesen Umständen ein solches Verfahren für das Bestehen der Anschüttung werden kann. Dazu kommt noch, daß in diesen sogenannten Schachtgruben, welche zur Ersparung von Grunderwerbskosten möglichst tief ausgebeutet werden, sich gewöhnlich Wasser ansammelt,

welches natürlich auch unter die Anschüttung dringt und nach Beschaffenheit des dort liegenden Bodens denselben auflöst. Unter solchen Verhältnissen ist ein Ausweichen, Einsinken oder gänzlich Verschwinden der Anschüttung fast unausbleiblich und fehlt es keineswegs an Beispielen solcher Vorkommnisse.

Besteht der Untergrund der Schüttung, mithin auch der zur Bildung derselben zu gewinnende Boden der Seitenentnahme, aus festem, dem Einfluß des Wassers widerstehendem Material, so ist die Gefahr gering, wenn die Schichtungen nahezu horizontal liegen. Zur größeren Sicherheit ist aber auch in solchen Fällen gerathen, mit den Ausschachtegruben niemals bis unmittelbar an den Fuß der Schüttung zu rücken, sondern einen, dem Verhältnisse entsprechenden mehr oder weniger breiten Bodenstreifen unangerührt dazwischen liegen zu lassen.

Bei seitwärts abhängenden Beschüttungsflächen muß dagegen mit großer Behutsamkeit zu Werke gegangen werden. Unter keinen Umständen dürfen am tiefer liegenden Fusse der Schüttung Materialengruben eröffnet werden, da nichts mehr als dies die Abrutschung derselben befördern würde. Aber selbst am höher liegenden Fusse ist der Einschnitt von Materialengruben nicht ohne alle Gefahr, weil dadurch die Cohäsion des Bodens, welcher den Damm tragen soll, aufgehoben wird und damit einer der Bewegungswiderstände in Wegfall kommt. Ohne die dringendste Veranlassung sollten aber solche Beförderungsmittel der Abrutschungen sorgfältig vermieden werden.

Auch auf Wiesenboden mit Untergrund von Lehm oder Lette ist die Seitenentnahme neben der Schüttung möglichst zu vermeiden, oder, wenn dies thunlich sein möchte, mit derselben soweit vom Fusse des Auftrags entfernt zu bleiben, daß ein Einfluß der Ausgrabung auf die Standfähigkeit der Schüttung nicht zu besorgen steht. Immer wird aber noch darauf zu halten sein, die Ausschachtegruben, welche parallel mit der Anschüttung liegen, nicht zusammenhängend anzulegen, sondern dieselben durch nicht zu schmale Zwischenräume gesondert zu halten. Dieser in Form von Querdämmen stehende Boden verhindert ein allgemeines Hinausdrücken des Grundes unter der Schüttung und erhält den Zusammenhang des tragenden mit dem umgebenden Terrain. Außerdem gewähren solche in kleinere Flächen getheilte Gruben den Vortheil, daß wegen geringeren Wellenschlages des darin stehenden Wassers die Böschungen weniger beschädigt werden und eine schnellere Verlandung stattfindet.

35. Das Setzen der Aufträge.

Der Bedingung einer unveränderlichen Höhenlage eines durch Anschüttung zu bildenden Planums stellt sich das, bei allen Aufträgen vorkommende Setzen derselben entgegen, welches nach Beschaffenheit des verwendeten Materials, während längerer oder kürzerer Zeit, in geringerem oder höherem Maße, stattfindet. Aber auch die Beschaffenheit des Grundes, welcher eine Aufschüttung zu tragen hat, kann, wenn er kompressibel ist, einen sehr wesentlichen Einfluß auf die Erhaltung der Höhenlage des zu bildenden Planums äußern.

Das eigentliche sogenannte Setzen der Anschüttungen entsteht, wie schon im ersten Abschnitte nachgewiesen ist, durch die Ausfüllung derjenigen leeren Zwischenräume, welche sich bei den Schüttungen durch die Auflockerung des dazu verwendeten Bodens erzeugen. Durch die allmähliche Wiederverdichtung des angeschütteten Körpers wird natürlich das Volumen desselben vermindert, was denn auch eine

Verminderung der Abmessungen desselben, besonders in der Höhe, zur nothwendigen Folge hat.

Aus dieser Erklärung ergibt sich schon, daß bei Anwendung verschiedener Schüttungsmaterialien, oder auch schon bei verschiedener Behandlung derselben, diese leeren Zwischenräume sich in größerem oder geringerem Mafse bilden werden und der Auftrag sich daher mehr oder weniger setzen und eine längere oder kürzere Zeit dazu erforderlich sein wird. In je kürzerer Zeit eine bleibende Höhe des Auftrages erlangt werden soll, mit desto größerer Sorgfalt muß die Bildung dieser leeren Zwischenräume vermieden, die Ausfüllung derselben befördert werden, wozu es je nach der Beschaffenheit des Materials nicht an Mitteln fehlt.

Die andere, vorerwähnte Veranlassung des Sinkens von Aufträgen liegt in der Nachgiebigkeit des Untergrundes, auf welchen dieselben geschüttet werden. Das Maf einer solchen Einsenkung im Voraus auch nur mit einiger Sicherheit zu ermitteln, unterliegt großen Schwierigkeiten und ist in vielen Fällen ganz unausführbar, besonders wenn die Nachgiebigkeit des Bodens nur gering ist, oder dieselbe aus tief unter der Oberfläche liegenden weichen Bodenschichten entspringt. Noch weniger als das Maf ist aber unter diesen Umständen der Zeitraum zu bestimmen, innerhalb welchem das Gleichgewicht zwischen der Last des Auftrages und dem Widerstande des tragenden Bodens schließlic eintreten wird. Es ist daher rathsam, derartige Schüttungen so frühzeitig als irgend thunlich auszuführen, um die längst verfügbare Zeit für das Setzen derselben zu gewinnen.

Was nun die Erhaltung der normalen Form der Anschüttungen betrifft, so hängt dieselbe zunächst genau mit dem Setzen derselben zusammen. Dieses Setzen beschränkt sich aber nicht allein auf die Verminderung der Höhe, sondern es findet ein allgemeines Einschrumpfen statt, welches, wenn auch im geringeren Mafse, auf die Breite der Schüttung, oben mehr unten weniger Einfluß ausübt. Bei einer, in Folge des Setzens nothwendig werdenden Nachhöhung eines Auftrages wird, unter Beibehaltung der eingesunkenen Böschung, die obere Planumbreite nothwendig vermindert, weshalb, wenn dies nicht zulässig ist, der Auftrag in seiner ganzen Höhe auf beiden Seiten verbreitert werden muß, wie dies aus dem Profil Figur 41 zu ersehen ist. Das Material zu einer solchen nachträglichen Verbreiterung einer Schüttung verbindet sich niemals gehörig mit dem älteren Kern, und es erzeugen sich Längensrisse, welche deshalb sehr schädlich sind, weil sie dem Regenwasser Gelegenheit zum Eindringen in den Auftrag geben, so daß, wenn nicht die ganze Masse aufgelöst wird, mindestens die angebrachte Verstärkung abrutscht.

Zur Vermeidung dieser Uebelstände pflegt man daher unter Umständen, welche ein mehr oder minder starkes Setzen des Auftrags in Aussicht stellen, denselben von vorn herein entsprechend höher und stärker anzulegen, oder mindestens die Oberfläche so zu verbreitern, damit bei einer erforderlich werdenden Nachhöhung die planmäßige Breite der Krone erhalten wird, ohne daß es einer Verstärkung des Auftrags in der Breite bedarf.

Das erstgedachte Mittel ist immerhin vorzuziehen, weil damit von vornherein eine feste Oberfläche erzielt wird, während spätere Nachhöhungen sich selbst wieder setzen und abermals Ergänzungen nöthig machen.

Unter Berücksichtigung des Einschrumpfens und des Setzens giebt man daher den Schüttungen bei der Anlage die im Profil Fig. 42 punktirt angegebene Form, welche dann allmählig in die planmäßige übergeht, wie solche in Linien gezeichnet ist.

Mit gutem Erfolge hat man in den letzten Jahren 6 bis 8 Fufs unter Pla-

numskrone jederseits ein 3 Fuß breites Banket angeordnet und bei vorgekommener Einschrumpfung den normalen Bahnkörper durch den Abbau dieses Banketts wieder hergestellt.

Eine genaue Bestimmung des Setz- oder sogenannten Sackmaßes, um welches die Aufträge höher als planmäßig angeschüttet werden müssen, um später, nach erfolgtem Setzen, die richtige Lage zu ergeben, ist, wie schon erwähnt, nicht zu treffen, und es darf daher eine scharfe Uebereinstimmung zwischen Vorausbestimmung und Erfolg nicht erwartet werden. Denn es hängt diese Bestimmung sowohl von der Gattung des zu verwendenden Bodens, als auch sehr wesentlich von der Art ab, wie derselbe gefördert und geschüttet wird und welche Hilfsmittel zur Beförderung des Setzens in Anwendung gebracht sind.

Außerdem ist noch zu berücksichtigen, daß die Progression des Setzens nicht genau mit der Auftragshöhe im Verhältniß steht, wie solches gewöhnlich angenommen wird, weil bei hohen Aufträgen die unteren Schüttungsschichten von den darüber liegenden so stark gedrückt werden, daß allein schon dadurch und während der Arbeit selbst die leeren Zwischenräume ganz oder theilweise ausgefüllt oder zusammengedrückt werden, daher ein späteres Setzen derselben entweder gar nicht oder doch in geringem Maße stattfindet. Bei der folgenden Erörterung der Bedingungen für die Auftragsbildungen aus verschiedenen Bodenarten wird auf diesen Gegenstand zurückgekommen werden.

Bei nachgiebigem Untergrunde kommt es vorzugsweise darauf an, die Zusammendrückung desselben möglichst zu beschleunigen, und dies wird am sichersten durch eine vorübergehend stärkere Belastung erreicht, als der betreffende Boden später zu tragen hat. Es werden zwar durch die Aufbringung und die nachherige Wiederfortschaffung dieses Uebergewichts besondere Ausgaben veranlaßt; wenn es aber für den Zweck der Anlage von Wichtigkeit ist, auf zweifelhaftem nachgiebigem Grunde einen festen Auftrag zu erlangen, so sind dieselben um so mehr als sehr nützlich verwendet zu betrachten, weil damit spätere Betriebsstörungen und lange währende kostspielige Nachhöhungs-Arbeiten vermieden werden.

Die Formveränderungen, welche durch kurze Uebergänge von geringen zu bedeutenden Höhen, oder von festem auf nachgiebigem Boden vorkommen, lassen sich verhältnißmäßig richtiger im Voraus beurtheilen, so daß die Anordnung der Sicherheits-Maßregeln keinen besonderen Schwierigkeiten unterliegt. Ohne Anwendung derselben entstehen gewöhnlich mehr oder weniger bedeutende Querrisse, welche, als den Zusammenhang störend und den Zutritt des Wassers in das Innere des Auftrags gestattend, einen schädlichen Einfluß auf die Haltbarkeit desselben ausüben. Mit Sicherheit kann auf die Entstehung solcher Querrisse gerechnet werden, wenn die Schüttung für große und kleine Höhen auf festem und nachgiebigem Untergrund gleichzeitig auf die volle Höhe gebracht werden. Es empfiehlt sich daher, hohe Schüttungen, sowie solche auf nachgiebigem Boden, zunächst abgesondert bis zu einer gewissen Höhe zu bringen, das anfänglich stattfindende stärkere Setzen abzuwarten und dann erst den oberen Theil des Auftrags, welcher auf gewachsenem festem Boden, sowie auf den sich bereits gesetzten unteren Schichten ruhen soll, durchzuschütten. Der später, bei Erörterung der Bewegungs-dispositionen zu beschreibende Etagenbau entpricht diesen Anforderungen im Wesentlichen.

Zur Beförderung des Setzens von Aufträgen wird wohl gelegentlich Wasser auf die Oberfläche derselben geleitet, welches in dieselbe eindringt, das sperrige Material löst und das Zusammen- und Ineinanderdrücken desselben erleichtert,

wodurch die leeren Zwischenräume ausgefüllt werden. So wirksam sich auch dieses Mittel bei geeignetem Materiale erweist, so muß es doch mit großer Vorsicht und in beschränktem Maße angewendet werden. Bei Anschüttungen aus Lehm oder anderem leicht löslichem Boden ist es ganz verwerflich, bei Sand-, Kies- und Steinschüttungen ist es wirkungslos, so daß sich die Anwendung nur auf Thonschüttungen beschränkt. Hier werden nur die scharfen, vorspringenden Kanten der Thonstücke gelöst und die flachen Seiten mit einer schlüpfrigen Decke überzogen, wodurch unter dem Drucke der darauf lastenden Schüttung das Gleiten und Ineinanderfügen derselben befördert wird. Ein solcher Wasserzutritt muß sehr allmählig in ganz geringen Massen erfolgen, weil dasselbe sonst veranlaßt wird, sich Weg durch die Schüttung zu bahnen, so daß es ohne Nutzen abfließt, das gelöste Material mit sich fortführt und schädliche Höhlungen erzeugt, statt sie zu schließen.

Das gebräuchlichste Mittel zur Beschleunigung des Setzens der Anschüttungen besteht in dem lagerweisen Feststampfen derselben, welches, mit der nöthigen Sorgfalt ausgeführt, der Anforderung möglichst vollständig entspricht.

Es versteht sich dabei aber von selbst, daß Schüttmaterial, wie Sand und Kies, in welchem sich keine leeren Zwischenräume bilden und daher auch dem Setzen nicht unterworfen sind, des Stampfens nicht bedarf, so wenig dasselbe bei Steinschüttungen anwendbar ist, welche zwar hohle Räume enthalten, die aber durch Stampfen nicht ausgefüllt werden können.

Selten wird aber bei dem Stampfen sehr hoher Anschüttungen, sowohl der Kosten als besonders des erforderlichen großen Zeitaufwandes wegen, mit der nöthigen Sorgfalt verfahren und dasselbe nicht in ganz dünnen Schichten ausgeführt; unter diesen Umständen kann diese Dichtungsart leicht schädlicher wirken, als Nutzen bringen. Wenn, was immer die Absicht ist, die leeren Zwischenräume des Schüttungsmaterials durch Stampfen wirklich geschlossen werden sollen, so dürfen die zu bearbeitenden einzelnen Schichten nicht stärker sein, als daß die Wirkung des Stampfens sie noch ganz durchdringt, und diese Stärke übersteigt selbst bei kräftiger Arbeit kaum das Maß von $1\frac{1}{2}$ Fuß. Werden nun aber, und es ist bei größeren Arbeiten fast immer der Fall, die Schichten stärker und in der Oberfläche festgestampft, so entstehen dadurch zwar einzelne gedichtete Decklagen, zwischen denselben bleiben aber die leeren Räume, wie die Schüttung sie mit sich bringt, unverändert eingeschlossen. Diese Art des Stampfens hat zwei Uebelstände im Gefolge, der eine ist, daß durch die glatt gestampften Oberflächen der einzelnen Schichten keine Feuchtigkeit dringen kann, wodurch die Austrocknung des Auftrags sehr verzögert wird, und der andere besteht darin, daß durch das Feststampfen der Oberflächen einzelner Schichten die Luft, welche in den hohlen Zwischenräumen der Schüttung enthalten ist, fest eingeschlossen wird und selbst unter bedeutendem Druck nicht mehr entweichen kann. Dadurch wird nun nicht allein die spätere Ausfüllung dieser Zwischenräume erschwert, sondern es nimmt auch der ganze Auftrag eine gewisse elastische Beweglichkeit an, welche im Verhältniß der eingeschlossenen Luft größer wird und ihn für gewisse Zwecke ganz unbrauchbar macht. Es gehören oft viele Jahre dazu, bevor solch eingeschlossene Luft ganz entweicht, natürlich unter fortwährendem allmähligem Nachsinken der Oberfläche und nicht ohne Erzeugung von Rissen und Zerstörung des innern Materialverbandes.

Von geringerer Wirkung als bei den weicheren Bodenarten erweist sich gewöhnlich das Stampfen der Thonschüttungen, wengleich es bei denselben nöthiger ist, als bei irgend einem anderen. Wenn damit irgend Nutzen gestiftet werden

soll, so dürfen die Schichten höchstens einen Fuß stark geschüttet oder auf dieses Maß ausgebreitet, die Klöße auf 5 bis 6 Zoll Stärke zerkleinert werden. Zum Stampfen selbst sind aber nur schwere Handrammen und kräftige Arbeiter zu verwenden.

Bei Accordarbeiten wird es, selbst bei strenger Aufsicht, kaum dahin gebracht, daß diese Maßregeln genau durchgeführt werden, weshalb, wenn es von Wichtigkeit ist, eine solche Schüttung von vorn herein völlig dicht darzustellen, diese Arbeit unter zureichender Aufsicht im Tagelohn ausgeführt werden muß.

Es dürfen dann freilich die Stampfer nicht, wie es nur zu häufig geschieht, nur der Form wegen angestellt und dazu die schwächsten Leute genommen werden.

Ein ungleich besseres Verfahren zur Dichtung der Lehm- und Thonaufräge besteht in der Ausfüllung der, bei der Schüttung sich bildenden Zwischenräume mit einem anderen Material, welches leicht in dieselben eindringt und an sich keiner Raumverminderung ausgesetzt ist. Ganz besonders eignet sich dazu feiner trockener Sand, und die Schüttung geschieht am besten durch Abwechselung der Lehm- oder Thon- und der darüber zu verbreitenden Sandlagen. Eine leichte Ueberstampfung hat dann weniger den Zweck der Zusammendrückung, als um den Eintritt des Sandes in alle darunter liegenden leeren Zwischenräume zu befördern.

Die beschriebene Dichtungsart ist freilich nur da anwendbar, wo die Herbeischaffung des nöthigen Sandes oder sonstigen feinen Füllmaterials nicht unverhältnißmäßige Kosten verursacht; es wird daher in jedem einzelnen Falle, unter Berücksichtigung des andererseits erforderlichen Stampferlohnes und des Werthes, der darauf zu legen ist, von vorn herein eine in ihrer Höhenlage gesicherte Anlage zu erlangen, in Erwägung zu nehmen sein, inwieweit diese Methode, selbst bei vermehrten Kosten noch Vortheile darzubieten geeignet ist.

Oftmals ist die Erfahrung gemacht worden, daß Dämme aus reinem Lehm, welche in der gewöhnlichen Art nicht zum Stehen gebracht werden konnten, zuletzt durch Anwendung dieses Mittels die nöthige Festigkeit erlangten.

Wo, wie es in den höheren Gebirgsgegenden gewöhnlich der Fall ist, kein Sand gefunden wird, muß Bedacht darauf genommen werden, das Schüttungsmaterial schon bei der Gewinnung selbst möglichst zu zerkleinern, wodurch sich dasselbe enger schichtet und weniger und kleinere hohle Zwischenräume sich in demselben gestalten.

Am schwierigsten ist es, Kopfschüttungen zu dichten, da bei denselben die einzelnen Lagen nicht horizontal, sondern in der Richtung des Ruhewinkels geschüttet werden und dieselben daher weder gestampft, noch in den Zwischenräumen mit feinem Material ausgefüllt werden können. Hier muß ein anderes Dichtungsverfahren in Anwendung gebracht werden und zwar ein solches, welches durch die Natur dieser Schüttungsart begünstigt wird. Kopfschüttungen werden in der Regel nur bei höheren Aufträgen in Anwendung gebracht, und dabei rollen die größeren Bodenstücke, zwischen welchen sich vorzugsweise die hohlen Räume befinden, am weitesten vor und bilden auf diese Weise die unteren Lagen der Schüttung. Beim Fortschreiten derselben füllen sich die noch offenen Zwischenräume mit dem weniger weit rollenden feineren Material, und da diese unteren Schichten den ganzen Druck des Auftrags zu erleiden haben, so pressen sich die zerkleinerten Massen sehr fest zwischen die größeren ein, so daß keine oder nur wenige hohle Zwischenräume übrig bleiben. Zur Beförderung und Regelung dieser Gestaltung wird dadurch nachgeholfen, daß die am Fusse der Schüttung abgelagerten

größeren Stücke auseinander gezogen, zerkleinert und so geschichtet werden, daß die Verfüllung mit feinem Material von selbst erfolgt. Ist es erforderlich, noch größere Sorgfalt aufzuwenden, dann werden die größeren Klöfse vom Fuß der Abstürzböschung weggezogen, über das zu beschüttende Planum geordnet ausgebreitet und in den Zwischenräumen mit besonders herbeizuschaffenden feinerem Material ausgefüllt und abgestampft.

Eine bessere Art, Kopfschüttungen zu dichten, besteht darin, daß die Schüttung nicht, wie gewöhnlich, in Kegelform durch Auskippen des Materials auf dem oberen Rande, sondern von beweglichen Abstürzbühnen aus geschieht, womit wieder horizontale Lagen erlangt und in gewöhnlicher Art gedichtet werden können.

Bei Steinschüttungen werden gewöhnlich keine besonderen Hilfsmittel zur Beförderung des Setzens angewendet; bei festen, witterungsbeständigen Steinen würde dies auch ganz überflüssig sein, da sie beim Abstürzen eine solche Lage annehmen, bei welcher sie unterstützt sind, so daß ungeachtet der vielen dazwischen enthaltenen hohlen Räume kein Setzen erfolgt.

Anders verhält es sich aber bei weichen, schiefrigen, mergelhaltigen Steinen; dieselben schichten sich zwar bei der Schüttung ebenso wie die festen Steine, sie zerfallen aber beim Austrocknen und lösen sich in feine Blätter und Splitter auf, womit sich zwar die hohlen Räume ausfüllen, was aber immer ein sehr bedeutendes Setzen der Schüttung zur Folge hat. Da diese Raumverminderung aber mit Sicherheit vorherzusehen ist und in der Regel nach nicht zu langer Zeit erfolgt, so ist eine Ueberhöhung bei der Schüttung das beste Mittel, um spätere Ergänzungsarbeiten zu vermeiden.

36. Anschüttungen auf und mit verschiedenen Bodenarten.

Bei der Anwendung der verschiedenen Bodenarten zur Bildung wie zur Tragung von Anschüttungen sind besonders diejenigen Erfahrungen von Interesse, welche bei ganz oder zum Theil mißlungenen Anlagen dieser Art gemacht worden sind, da es gerade hierbei mindestens eben so wichtig ist zu wissen, was zu unterlassen ist, als was geschehen muß. Die Operation einer Schüttung ist auch an sich so äußerst einfach, daß nur durch das Hinzutreten erschwerender Verhältnisse sich die Nothwendigkeit ergeben kann, neue Wege zu betreten, von denen es nicht immer bekannt ist, wohin sie führen.

Die folgenden Bemerkungen werden daher aus diesem Gesichtspunkte aufzufassen sein, und soll bei denselben die gleiche Reihenfolge wie bei den Abträgen innegehalten werden.

a) Anschüttungen durch Wasser.

Als erste Bedingung der Bildung haltbarer Anschüttungen durch Wasserräume muß gefordert werden, daß dabei nur Material zur Verwendung komme, welches sich unter Wasser nicht auflöst und ein genügend großes spezifisches Gewicht besitzt, um daselbst nicht leicht in Bewegung gesetzt zu werden.

Auf die Beschaffenheit des Untergrundes, welcher die Anschüttung tragen soll, wird an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden, da in dieser Beziehung dieselben Regeln Anwendung finden, welche bei den folgenden Erörterungen über das Verhältniß desselben zur Schüttung entwickelt werden sollen.

Bei den Schüttungen durch Wasser ist zunächst zu unterscheiden, ob dasselbe ein stehendes oder ein fließendes ist, ob ferner es von beschränktem oder ausgedehntem Umfange ist und ob die Höhe desselben wechselt.

Bei Schüttungen durch stehendes Wasser von geringer Ausdehnung ist gewöhnlich nichts weiter als die Beobachtung der Eingangs bezeichneten Regel nöthig, daß, soweit dieselbe unter Wasser angelegt wird, unauflösliches Material dazu verwendet werde. Auf größeren Wasserflächen wird durch Einwirkung des Windes Wellenschlag erzeugt, welcher den Durchschüttungen sehr gefährlich werden kann, wenn sich die Wellen dagegen brechen müssen. Der Gefahr des Durchbruches ist eine solche Schüttung ausgesetzt, wenn sie nur so hoch über Wasser liegt, daß die höchstgehenden Wellen noch über dieselben hinweggehen können, da dann die Auswaschung des Bodens in der Oberfläche und die Auskolkung beim Ueberfall eine schnelle Zerstörung herbeiführen. Aber auch bei wasserfreier Lage der Schüttungsoberfläche ist die dem Wellen erzeugenden Winde entgegenstehende Böschung heftigen Angriffen des Wassers ausgesetzt, und nach Beschaffenheit des Materials und der Befestigungart desselben wirkt der Wellenschlag mehr oder weniger zerstörend auf die Anlage.

Den vollkommensten Schutz gegen Wellenschlag gewährt zwar eine äußerst flache, strandartige Böschung, wie solche sich an den Ufern großer stehender Wasser oder Seen zu bilden pflegen; selten aber werden die Umstände es gestatten, so zu bauen, und dann bleibt nur übrig, die steileren Böschungen, welche dem Wellenschlage Widerstand leisten müssen, in entsprechender Art zu befestigen.

Einen ziemlich guten Schutz gewährt es schon, wenn die flach gehaltenen drei- oder vierfüßigen Böschungen recht glatt mit einem kräftigen, fest zusammengewachsenen Rasen bedeckt sind. Die auflaufenden Wellen finden dabei den geringsten Widerstand und die Kraft derselben wird allmählig gebrochen, während die Grasnarbe das zurücklaufende Wasser verhindert, Bestandtheile der Schüttung mit wegzuführen.

Dieser Schutz beschränkt sich aber nur auf den gewöhnlich über Wasser liegenden Theil der Böschung; der unter Wasser befindliche, auf welchem keine Vegetation möglich ist, muß in anderer Art, entweder durch Steinpackungen oder Faschinenwerke gedeckt werden. In beiden Fällen ist aber zu empfehlen, einen solchen Schutz nicht durch bloße Bedeckung der Böschungsoberfläche bewerkstelligen zu wollen, sondern den äußeren Theil des Auftragskörpers selbst so zu konstruiren, daß er auch ohne Befestigung der Oberfläche, welche leicht abgespült wird, Widerstand zu leisten vermag. Die beiden Figuren 43 und 44 Taf. III zeigen im Querschnitte derartige Sicherungsanlagen vermittelt Steinschüttung und Faschinenlagern.

Weiden und andere Strauchpflanzungen haben sich weniger wirksam als diese glatten Böschungsfächen zum Schutze der Schüttungen im Wasser erwiesen, da sie gegen die Gewalt der Wellen brechen, dagegen aber auch dem zurücklaufenden Wasser zu vielen Widerstand entgegenstellen und dadurch zur Lösung der Strauchwurzeln, zu Auswaschungen und Auskolkungen leicht Veranlassung geben, wodurch die Böschung endlich doch zerstört wird. Müssen aber in Ermangelung anderer geeigneter Materialien Pflanzungen zum Schutz solcher Böschungen gegen den Wellenschlag angewendet werden, dann ist es rätlich, dieselben niedrig zu halten, so daß immer nur junger Aufschlag die zu schützenden Flächen bedeckt. Derselbe ist sehr elastisch, giebt dem Andränge des aufsteigenden Wassers nach und wird durch dasselbe gegen die Böschung gedrückt, die er eben dadurch schützt. Beim Zurücklaufen der Welle bieten aber die dünnen biegsamen Reiser einen so geringen

Widerstand, daß sie keine Veranlassung zu Ausspülungen geben. Der Ertrag solcher Pflanzungen wird zwar bei dieser Behandlung vermindert; da es sich aber in Fällen dieser Art um den Schutz wichtiger und kostspieliger Anlagen handelt, so müssen Nebenrücksichten selbstredend dem Hauptzwecke nachstehen.

Es sei hierbei angeführt, daß bei der Durchschüttung verschiedener Seen in Neuvorpommern, Mecklenburg u. s. w. sich eine 6- bis 8fache Böschung bei Sandschüttung darstellte, und es genügte, die letzte Lage mit grobem Kies auszuschütten.

Bei mehreren französischen Dammbauten im Wasser mit Wellenschlag hat man dagegen eine Deckung mit künstlichen Steinen, d. h. ein Conglomerat von Bruchsteinen und Cement mit sehr gutem Erfolge, namentlich bei Molenbauten, angewendet.

Zum Schutze von Anschüttungen längs fließenden Wassern reichen in der Regel dieselben Sicherheitsmaßregeln aus, welche, als gegen den Wellenschlag schützend, soeben bezeichnet sind, und hängt es lediglich von örtlichen Verhältnissen ab, welche abändernde Einrichtungen zur Erreichung des Zweckes etwa nöthig werden. Bei fließenden Wassern ist nämlich noch der fortwährend wechselnde Stand desselben, die Neigung zur Austiefung des Bettes bei Beschränkung der Breite desselben und der Eisgang zu berücksichtigen.

Der Theil der Böschung, welcher zwischen dem gewöhnlich höchsten und niedrigsten Wasserstande liegt und daher abwechselnd trocken ist oder unter Wasser steht, kann ohne sonderliche Schwierigkeiten geschützt werden und bietet während des niedrigen Wasserstandes bequeme Gelegenheit zur Ausbesserung etwaiger Beschädigungen. Je nach den Umständen können diese Böschungen wohl durch Steinwürfe, Faschinenanlagen oder Pflanzungen gedeckt werden, welche letztere natürlich für den beständig unter Wasser liegenden Theil nicht anwendbar sind. Nach Lage oder Richtung der Hauptstromrinne und der größeren oder geringeren Einschränkung des Flußbettes durch die neue Anlage äußert sich das Bestreben des Flusses, an den beschränkten oder dem Stromanfalle ausgesetzten Stellen das Bett auszutiefen und die Anschüttung zu unterwaschen. Eine solche Austiefung unter den bezeichneten Umständen zu verhindern, wird, als dem Naturgesetze widerstrebend, nur unter besonderen Verhältnissen gelingen, wogegen es Mittel giebt, die etwa daraus entstehenden nachtheiligen Folgen für die Anschüttung abzuwenden. Es kommt dabei nur darauf an, solche Vorkehrungen zu treffen, daß der Fuß der Auftragsböschung immer, selbst während der Austiefung des Grundes und der daraus entstehenden Senkung gedeckt bleibt.

Bei Faschinendeckungen wird dies am sichersten durch sogenannte Senklagen erreicht; es sind dies Faschinenwerke, welche parallel dem Fuße der äußeren Böschung erbaut und durch starke Belastung auf den Grund des davorliegenden Flußbettes versenkt werden. Sobald eine Vertiefung desselben in der Nähe des Schüttungsfußes erfolgt, wird die Senklage unterwaschen und sinkt mit ihrem Vordertheil in die so gebildete Vertiefung, während sie nicht minder fortfährt, den Fuß der Schüttung selbst gegen Unterspülung und Angriffe der Strömung zu schützen. Fig. 45 Taf. III zeigt eine derartige Deckung im Querprofil, und bezeichnen die punktirten Linien die ursprüngliche Lage des Flußbettes und des Faschinenwerkes, die ausgezogenen Linien aber die Lage nach erfolgter Austiefung des Ersteren und Senkung des Letzteren.

Bei dem Bau solcher Faschinenwerke muß besonders darauf gehalten werden, jede der einzelnen Lagen in der Oberfläche und zwar zwischen Flechtzäunen mit festem Material tüchtig zu belasten, damit sie bei der Austiefung des Grundes

nicht etwa fortschwimmen, sondern am Orte mit ihrem Vordertheile immerfort so viel nachsinken, als das unterliegende Flußbett ausgetieft wird.

Bei Steinwürfen oder Packungen vor dem Fusse angeschütteter Böschungen gestaltet sich der Schutz bei Austiefung des Flußbettes von selbst, da die einzelnen Steine der unteren Lage dann ihre Unterstützung verlieren, versinken und von den darüber liegenden Massen gefolgt werden, während der Böschungsfuß immer mit Steinen bedeckt bleibt und ein etwaiger Ersatz vom Ufer aus nachgeschüttet werden kann. Bei sehr heftigen Strömungen und beim Mangel an so großen Steinen, welche von denselben nicht ergriffen und weggeführt werden, ist es rätlich, die erwähnten beiden Deckungsmethoden verbunden in Anwendung zu bringen, so nämlich, daß die Steinpackung auf einer Faschinengrundlage zwischen Flechtzäunen angebracht wird, welche dann mit den so befestigten Steinen auf den Grund versenkt wird.

Inwiefern auch noch ein Schutz gegen den Angriff einer Strömung durch vorgelegte Bühnen oder andere stromleitende Werke erzielt werden kann, bedarf, als dem Bereiche des Wasserbaues angehörend, hier keiner weiteren Ausführung.

Es bleibt noch übrig, die Schutzmafsregeln zu bezeichnen, welche den zerstörenden Einwirkungen des Eisganges auf die Anschüttungen an fließendem Wasser erfolgreichen Widerstand zu leisten vermögen.

Die Umstände, unter welchen bei jeden fließenden Wassern der Eisgang stattfindet, sind außerordentlich verschieden von einander; demnach müssen die Schutzmittel denselben angepaßt werden, wenn dieselben von Erfolg sein sollen. Allgemein Gültiges wird sich daher kaum feststellen lassen, weshalb die Mittheilung einiger Wahrnehmungen genügen mag, wie sie sich am häufigsten der Beobachtung darstellen.

Je fester und je ebner die Oberfläche einer dem Eisandrang ausgesetzten Böschung dargestellt werden kann, desto weniger wird sie von demselben zu leiden haben, und stehen in Bezug hierauf die gegen Beschädigungen durch Hochwasser so nützlichen Weidenpflanzungen in einem sehr nachtheiligen Verhältnisse. Gewöhnlich fällt der Wasserstand in den Flüssen schnell und stark, sobald anhaltender Frost eintritt und eine Eisdecke sich an den Ufern zu bilden beginnt. Steht das Wasser vor diesem Zeitpunkte in der Pflanzung, so setzt sich das Eis an den einzelnen Stämmen fest, und bei dem darauf folgenden Fallen des Wassers und Sinken der Eisdecke werden dieselben dann abgebrochen, aus dem Boden gerissen und in der Rinde beschädigt. Geht aber das Eis in solcher Höhe ab, daß die Pflanzung davon gestreift wird, so erfolgt gewöhnlich ein Abschälen der Reiser, welche danach erkranken und absterben. Aber auch unter diesen ungünstigen Umständen wird am wenigsten verdorben, wenn die Pflanzung jung und niedrig gehalten wird, indem die einzelnen Reiser sich, ohne Widerstand zu leisten, auf die Böschung niederlegen und so geschützt bleiben.

Am besten widersteht dem Eisgange ein tüchtiges Pflaster von großen Steinen auf einer massiven Steinunterlage, und solche Stellen, welche dem Angriffe desselben regelmäfsig und am stärksten ausgesetzt sind, lassen sich kaum in anderer Weise dauernd schützen, wenn von eigentlichem Mauerwerk abgesehen wird.

Diese Revêtements macht man gewöhnlich 2 Fuß stark, nach dem Fuß zu aber etwas stärker anlaufend, und es ist rätlich, wenn man lagerhafte Bruchsteine hat, solches Trockenmauerwerk nicht breit, sondern hochkantig anzulegen, da die Eisscholle bei Aushebung des einzelnen Steines aus seinem Gefüge dann an einem kürzeren Hebel, also wirkungsloser arbeitet, als bei dem breit gelagerten Steine. Besonders empfehlenswerth sind die Revêtements, wie sie die ehemals

Herzoglich Nassauische Regierung auf der rechten Rheinseite hat ausführen lassen.

Bei breiten Strömen gesellen sich zu den Angriffen der Strömung und des Eisganges noch die des Wellenschlages, so daß auch die bezüglichlichen Schutzmittel in Anwendung kommen müssen.

b) Anschüttungen durch Sumpf, Moor und Torf.

Die Abstufungen in der Konsistenz und Tragfähigkeit sumpfigen Moor- und Torfbodens sind einerseits so fein und andererseits liegen die Grenzen wieder so weit auseinander, daß es schwer wird, diejenigen Kennzeichen genau anzugeben, bei welchen das eine oder das andere Verfahren als das zweckmäßigere zur Bildung einer in ihrer Höhenlage und Form gesicherten Schüttung auf solchem Grunde zu betrachten ist. Es giebt Sümpfe, die größtentheils aus Wasser bestehen, welches aber von Sumpfpflanzenfasern so durchzogen ist, daß es scheinbar eine zusammenhängende Masse bildet, welche jedoch jedem Eindrücke nachgiebt und, vom Wasser befreit, einen äußerst geringfügigen Rückstand giebt, der für die Bildung des Auftrags gar nicht in Rechnung gebracht werden kann.

Obwohl die Sümpfe und Moore oft eine sehr bedeutende Tiefe besitzen, so findet sich doch gewöhnlich bei denselben ein fester, häufig sandiger Untergrund von großer Tragfähigkeit, so daß, wenn dieser nur von der Schüttung erreicht wird, die Höhenlage derselben als gesichert betrachtet werden kann. Je konsistenter aber der Sumpf oder das Moor wird, desto schwieriger wird es, eine feste Schüttung durch denselben zu führen, und um so größere Vorsicht ist erforderlich, wenn sie nicht mißglücken soll, wie es in dieser Bodenart häufig genug vorgekommen ist.

Manche Moore, besonders die zum Theil entwässerten, zeigen eine ziemlich feste, oft dicht benarbte Oberfläche, welche eine bedeutende Tragfähigkeit zu besitzen scheint, während doch die darunter liegenden Bodenschichten vollständig mit Wasser gesättigt sind und sich in einem mehr oder weniger flüssigen Zustande befinden. Besonders bei tiefen Mooren findet sich aber zwischen dieser Decke und dem festen Untergrund reines Wasser, so daß die ganze Terrainlage als eine darauf schwimmende betrachtet werden muß. Es liegt in der Natur der Sache, daß jede Schüttung auf solchem Grunde sinken und bei zunehmender Belastung allmählig immer tiefer gehen muß, wenn der nicht belastete Boden auf beiden Seiten durch das von der Schüttung weggedrängte Wasser sich aufwärts wölbt und endlich sogar gesprengt wird, worauf dann die ganze Schüttung plötzlich versinkt. Bei Dämmen von unbedeutender Höhe und daher geringem Gewichte treten diese Erscheinungen oft erst nach längerer Zeit ein, da die Schüttung zwar durch den schwimmenden Boden getragen wird, sich aber doch fortwährend, wenn auch nur sehr wenig senkt, und nicht eher ganz zur Ruhe kommt, bis sie den festen Untergrund des Moores erreicht hat. Solchen Unfällen wird am sichersten vorgebeugt, wenn von vorn herein die Oberfläche des Moores auf beiden Seiten und parallel mit dem Fusse der Schüttung durchstoßen und damit der Zusammenhang des Bodens, welcher beschützt werden soll, von dem nicht zu belastenden Theile aufgehoben wird. Das eingeschlossene Wasser und flüssige Material erhält dadurch Gelegenheit, ohne Aufblähung der umgebenden Moorfläche der sinkenden Schüttung auszuweichen, und diese selbst erhält in dem mitversinkenden Theil der festen Bodenfläche ein rostartiges Unterlager, welches zur gleichmäßigen Versenkung der

Schüttung viel beiträgt und das Zusammenhalten des dazu verwendeten Materials befördert.

Es werden zu diesem Behuf vorab in 3 bis 6 Fufs Entfernung vom Böschungsfusse kleine $1\frac{1}{2}$ bis 2 Fufs breite Gräben durch die Grasnarbe und noch 2 und $2\frac{1}{2}$ Fufs tiefer ausgestochen, was vielfach von vortrefflicher Wirkung ist.

Diese Isolirung des Theiles der Bodenoberfläche, auf welchem der Auftrag geschüttet wird, befördert das Setzen desselben ganz ungemein und besonders aus diesem Grunde empfiehlt sich die Anwendung dieses Verfahrens in allen den Fällen, wo bei der Anlage von Schüttungen überhaupt ein nachgebender Boden angetroffen wird. Der Querschnitt Fig. 46 Taf. III giebt das Bild einer solchen zu versenkenden Schüttung.

Es kann zweifelhaft sein, welche Breite einer solchen Schüttung in der Sohle zu geben ist, da sich selten mit Gewifsheit vorausbestimmen läfst, ob der unter der Schüttung liegende konsistentere Theil des Moores bei erfolglicher Belastung ausweichen oder zusammengedrückt werden wird. Im ersten Falle gelangt die Sohle der Schüttung selbst bis unmittelbar auf den Grund des Moores; im anderen bildet der komprimirte Moorgrund einen Theil des Auftrages, welcher dadurch eine relativ geringere Höhe erhält und einer schmaleren Schüttungsbasis bedarf. Die grössere oder geringere Konsistenz der unteren Moorschichten entscheidet dabei fast ausschliesslich, wengleich es der grösseren Sicherheit entsprechend ist, anzunehmen und dahin zu wirken, dass die Schüttung selbst bis auf den Untergrund des Moores gelangt, womit nicht allein die sich sonst häufig wiederholenden kostspieligen Nachhöhungen und Verbreiterungen der Schüttung vermieden, sondern auch die Kompression des Untergrundes und das Setzen des Auftrages beschleunigt werden.

Bei den Schüttungen durch Moor und überhaupt auf nachgiebigem Boden sinkt natürlicherweise der Hauptkörper des Auftrags vermöge seiner grösseren Schwere schneller als die abgeböschten Seitenränder, welche an ihrem äussersten Fusse nur einen sehr geringen Druck auf den Boden ausüben. Immerhin findet aber auch hier ein fortwährendes Sinken statt, wenn auch eine sehr lange Zeit erforderlich ist, bis diese Ränder des Schüttungsfusses den festen Boden erreichen. Deshalb muß schon beim Beginn derselben die nöthige Rücksicht hierauf genommen werden, um zu vermeiden, dass die Böschungen nach erfolgter Senkung nicht zu steil werden, woraus sehr gefährliche Längensrisse entstehen können. Dagegen ist es zulässig, den unter Wasser oder in schwimmendem Moor liegenden Schüttungen steilere Böschungen als im Freien zu geben, da der Wasserdruck einem Theile des Bodendruckes das Gleichgewicht hält und bei unlöslichem Material der Ruhwinkel unter Wasser ein grösserer ist, als über demselben.

Durch Sondirungen in Schüttungen dieser Art läfst sich allzeit Gewifsheit über das Verhalten der Senkungen des Mittel- und Seitenkörpers, sowie der Kompression des Moores selbst erlangen, um danach die erforderliche Belastung und die den Böschungen zu gebende Neigung bestimmen zu können.

Aus dem Querdurchschnitt Fig. 47 ist das Verhalten einer solchen Schüttung ersichtlich, wobei der ausgezogene Contur das Profil nach Vollendung der Schüttung, der punktirte das nach Beendigung des Setzens darstellt.

Um den mit zu versenkenden Theil der Mooroberfläche dabei nicht zu zerreißen, ist es zu vermeiden, denselben sehr ungleichförmig, sowohl der Länge als der Breite nach, zu belasten, weshalb möglichst auf eine Schüttung in dünnen Lagen Bedacht zu nehmen ist. Es wird damit ausserdem nicht allein für das Setzen der Böschungen der möglichst grösste Zeitraum gewonnen, sondern es folgen auch die

Lagen derselben, wenn sie sich schon etwas consolidirt haben, leichter dem sich schnell senkenden Mittelkörper. Besonders ist aber im Beginn der Schüttung eine gleichmäßige Belastung der ganzen zu beschüttenden Fläche zu empfehlen, weil dadurch das Zerreißen derselben und damit die Erzeugung von Querrissen verhindert wird, durch welche ein Theil des Moorgrundes in die Schüttung dringen und sie auf immer verderben würde. Die Unternehmer und Schachtmeister sind deshalb anzuhalten, gegen besondere Bezahlung den etwa vor Kopf ausgeschütteten Boden sofort durch Bockkarrenkolonnen verbringen und in Lagen von 2 Fufs ausbreiten zu lassen.

In der Absicht, das nur langsam stattfindende Versenken der Böschungskörper in den Moorboden zu beschleunigen, ist verschiedentlich so verfahren, daß die äußeren Böschungsränder zunächst geschüttet und durch starke Belastung früher versenkt worden sind, als der Mittelkörper. Es hat dies aber die übelsten Folgen gehabt, weil der zwischen den Böschungsrändern eingefangene Theil des Moors nicht mehr zur Seite ausweichen konnte, bei der Schüttung des Mittelkörpers nach aufwärts gedrängt wurde und mächtige Längenspalten erzeugte, aus welchen er oben herausquoll. Der Querschnitt Fig. 48 zeigt den Zustand einer auf diese Art verunglückten Dammschüttung der Niederschlesisch-Märkischen Bahn durch ein 35 Fufs tiefes Moor, in welchem eine bis auf den Grund reichende Spalte entstand, durch welche der eingeschlossene Moorboden in der 10 Fufs höher liegenden Oberfläche in einem breiten Streifen zu Tage trat. Dagegen ist die Schüttung der Alpenbahn durch das Laibacher Moor gerade nur dadurch ermöglicht worden, daß in einiger Entfernung vom Dammrande Steinbanketts ganz regelmäsig wie Trockenmauerwerk aufgesetzt und von selbst gesunken sind. Der in der Mitte herausgedrückte Moorboden wurde beseitigt und dann die allerdings nur 6 bis 10 Fufs hohe Schüttung mit ganz gutem Erfolge vorgenommen.

Noch ist zu vermeiden, während des Frostes Schüttungen durch Moore auszuführen, wenngleich dieselben unter diesen Umständen am zugänglichsten zu sein pflegen. Es wird dabei selten gelingen, die zu belastende und mit zu versenkende obere Bodenschicht des Moores von dem umgebenden Terrain so vollständig abgesondert zu erhalten, daß ein gleichmäßiges Versenken erwartet werden darf. Bei einem ungleichmäßigen, vielleicht nur theilweisen Versenken liegt aber die Gefahr sehr nahe, daß die ganze Schüttung umkippt und das Schüttmaterial so mit Moor vermischt wird, daß ein sicherer Auftrag daraus nicht mehr gebildet werden kann. Ist die Oberfläche des Moores gefroren, so fehlt es während der Arbeit selbst an jedem sicheren Maßstabe zur Beurtheilung der Wirkung der Last auf den Untergrund; dieselbe tritt beim Thauwetter dann plötzlich ein und ist eben so gefährlich für die Anlage selbst, als für die dabei beschäftigten Arbeiter.

Schüttungen auf alten und dichten Torfboden halten sich im Allgemeinen recht gut, so daß die sonst wohl für nöthig erachtete vorherige Austorfung unterbleiben kann, wenn nicht ökonomische Rücksichten es dennoch räthlich erscheinen lassen. Bei gewissen lockeren, aber abgetrockneten Torfarten behält zwar die Schüttung, wenn sie nicht von sehr großem Gewichte ist, einige Elastizität, welche aber in den meisten Fällen, besonders wenn es sich um Wegeanlagen handelt, unschädlich ist und bei Eisenbahnen sich sogar als nützlich erwiesen hat.

Dagegen wurde die Anwendung des Torfes als Schüttungsmaterial früher gänzlich verworfen, sowohl seines geringen Zusammenhanges und Gewichtes, als auch seiner Feuergefährlichkeit wegen, wenn er zur völligen Abtrocknung gelangt.

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben aber ergeben, daß in guten trockenen Torfwiesen auch Schüttungen von Torf nicht nur vorgenommen, sondern vortrefflich sogar unter der Lokomotive gestanden. Die Vorpommersche Bahn hat meilenweit nichts anderes gehabt. Es wurden in 8 bis 12 Fufs Entfernung vom Damme — der allerdings immer nur 1 bis 4 Fufs hoch war — breite Gräben aufgeworfen und von dem hierbei gewonnenen Material der Damm geschüttet; allerdings-aber, und das ist absolut nöthig, später $1\frac{1}{4}$ bis $2\frac{1}{2}$ Fufs hoch mit Sand gedeckt, der theilweise recht weit herangeschafft werden mußte. Aehnlich ist bei der Riga-Dünaburger Bahn und bei der Moskau-Rjäsan-Bahn verfahren, wo man sogar nur mit Lehm decken konnte.

Schließlich sei noch erwähnt, daß man bei Veranschlagung für Dämme in Torf gut thut, bei der Massenberechnung pro Fufs Dammhöhe 6 Zoll für Versenkung zuzusetzen.

c) Anschüttungen auf und von Lehm.

Der Lehmboden besitzt in seiner natürlichen Lage genügende Festigkeit, um jede Anschüttung tragen zu können, und wenn die zu beschüttende Fläche nicht zu sehr geneigt ist, um ein Abgleiten besorgen zu lassen, so bedarf es keiner weiteren Vorbereitungen dazu, als daß die Rasen- oder Humusschicht, mit welcher er bedeckt ist, abgelöst wird. Mit dieser Ablösung wird der doppelte Zweck erreicht, die Schüttung mit dem tragenden Boden inniger zu verbinden und eine wasserführende Schicht zwischen beiden zu entfernen. Außerdem wird aber dieses abgelöste Material sehr nützlich zur Bekleidung der Böschungen und Erzeugung einer schützenden Vegetation auf denselben verwendet. Als Schüttungsmaterial gehört der Lehm, seiner leichten Auflösbarkeit in Berührung mit Wasser, des starken Setzens und des geringen inneren Zusammenhanges wegen, nicht zu bestgeeigneten. Bei Anwendung gehöriger Vorsicht lassen sich zwar kleinere Arbeiten mit voller Sicherheit aus diesem Material herstellen und erhalten, bei sehr großen und wichtigen Anlagen aber, besonders wenn sie den Einwirkungen des Wassers ausgesetzt sind, kann von seiner Anwendung, mindestens von der ausschließlichen, nur abgerathen werden, wenn irgend besseres zu haben ist. In Ermangelung desselben, wo daher seine Anwendung zur Nothwendigkeit wird, ist darauf zu halten, daß unmittelbar nach Gestaltung der Form einzelner Schüttungen oder auch nur Theile derselben, die gründlichste Entwässerung und Befestigung der Oberfläche und der Böschungen des Auftrages ausgeführt wird, um jede unmittelbare Einwirkung des Wassers auf den Lehm zu verhindern.

Wenn in der Nähe von Lehmschüttungen Sand, sei es auch nur in geringer Masse, zu haben ist, so mag es nicht versäumt werden, mindestens die oberste Schicht aus diesem Material bestehen zu lassen. Wegen des größeren Gewichts hilft der Sand, den unterliegenden Lehmboden zu komprimiren, und wegen seiner bequemen und unschädlichen Wasserabführung ist er ganz besonders geeignet, ein allzeit trockenes Planum zu erhalten, was in den meisten Fällen von großem Werthe ist.

d) Anschüttungen von und auf Thon.

In Bezug auf seine Tragfähigkeit läßt der Thon nichts zu wünschen übrig und wegen seiner Wasserundurchlässigkeit ist er nicht zur Auflösung geneigt.

Dagegen ist eine nothwendige Folge gerade dieser Eigenschaft, daß sich auf der Oberfläche von Thonschichten all das Wasser sammelt und von denselben abfließen muß, welches aus den darüber liegenden durchlässigen Bodenschichten

auf dieselben gelangt. In der Regel bilden daher diese Thonlagenoberflächen den Sitz der Quellen, welche da gelöst werden, wo die Thonschicht zu Tage tritt oder durchschnitten ist. Wo ein solches Thonlager eine geschlossene Mulde bildet, entsteht ein See oder Sumpf, wo aber ein Abfluss stattfindet, wird die Oberfläche durch die Bewegung des Wassers angegriffen und dadurch im hohen Grade schlüpfrig.

Im ersten Falle wird die Schüttung als eine durch Sumpf zu führende behandelt, im anderen muß aber sorgfältig untersucht werden, ob die zu beschütende Thonfläche einen Seitenabhang besitzt und wo die wasserführenden Mulden liegen, um danach die Eingangs erwähnten Sicherungsmafsregeln zu treffen.

Als Material zu Anschüttungen betrachtet, ist der Thon, ausschliesslich angewendet, ein wenig vorzüglicheres Material als der Lehm. Obgleich der Auflösung durch Wasser nur in sehr geringem Mafse unterworfen und daher dem Auseinanderfliessen und Einreißen weniger ausgesetzt, so gestalten sich doch in den Schüttungen aus diesem Material viel mehr und weit grössere hohle Räume als im Lehm, weil dasselbe immer nur in scharfkantigen Stücken gelöst werden kann, sich deshalb schwierig lagert und seiner Festigkeit und Zähigkeit wegen, selbst unter grofser Belastung nicht in dem Mafse zerdrückt wird, um sich dichter zu lagern. Solche Aufträge aus reinem Thon setzen sich daher noch sehr lange Zeit und kommen erst im Verlaufe vieler Jahre zur völligen Ruhe. Wenn daher irgend ein anderes feineres oder leichter bindendes Material herbeizuschaffen ist, so mag die Gelegenheit nicht versäumt werden, die Thonlagen, wenn auch nur in dünnen Schichten, mit demselben zu überfahren und auf diese Weise die hohlen Räume thunlichst auszufüllen. In diesem Zustande noch gestampft, erlangt man ganz vorzügliche Aufträge von grofser Festigkeit, welche sich wenig mehr setzen.

e) Anschüttungen auf und von Sand oder Kies.

Dieses Material ist unbestritten das günstigste, sowohl zur Tragung als zur Bildung von Anschüttungen. Dieser Vorzug kommt demselben seiner Unauflöslichkeit in Berührung mit Wasser, seiner Schwere und dichten Lagerung, seiner Wasserdurchlässigkeit, leichten Gewinnung und bequemen Transportes wegen, zu; es ist das einzige, bei dessen Schüttung sich keine später auszufüllenden hohlen Räume bilden können, so dafs also daraus gebildete Aufträge dem Setzen in sich nicht ausgesetzt sind.

Mit Ausnahme selten vorkommenden flüssigen oder Quellsandes, der sich aber durch geeignete Anlagen leicht entwässern läfst, gewähren Sandablagerungen bei zureichender Tiefe oder auf festem Untergrunde eine sichere Schüttungsbasis und können ohne weitere Vorbereitung als solche benutzt werden. Quellsand findet sich gewöhnlich nur da vor, wo wenig mächtige Schichten sehr feinen Sandes auf Thonschichten liegen und von Quellen durchzogen, oft auch mit gelöstem weicheren Material, Thon, Letten, Mergel, vermischt sind. Solche Lagen eignen sich ohne weitere Vorbereitung nicht zur Ueberschüttung, weil die so gebildeten Aufträge leicht ausweichen und in ihren unteren Schichten zerfliessen, wenn dieselben aus löslichem Material bestehen. Wenn solche Quellsandschichten, wie es gewöhnlich der Fall ist, nur eine geringe Mächtigkeit haben, ist es am rätlichsten, dieselben in der Ausdehnung der Schüttungsfläche ganz wegzunehmen, die darunter liegenden Quellen zu fassen und in bedeckten Kanälen abzuführen, und erst dann die Schüttung über den so gesicherten Grund auszuführen. Ist eine Fortschaffung des Quellsandes so wenig als die Entwässerung desselben oder eine Verlegung des Auftrages thunlich, dann bleibt nur übrig, die Sohle des letzteren durchlässig dar-

zustellen, entweder durch Steinschüttung, Drainage oder in anderer Weise, nur so, daß Sand und Wasser entweichen kann, ohne die Schüttung selbst anzugreifen. Der mit Thon oder Mergel gemischte Quell-, auch Grünsand eignet sich ebenso wenig zur Bildung von Anschüttungen, da er das Wasser lange festhält, unter einem mäfsigen Drucke schon vollkommen flüssig wird und dann ausläuft, oft sogar erst längere Zeit nach der Verwendung.

Vollständig abgetrocknet und gegen neuen Wasserzutritt gesichert, erlangt dieses Material zwar eine genügende Festigkeit, da aber beiden Bedingungen nur sehr selten vollkommen zu genügen sein wird, so ist es sicherer, dasselbe bei der Auftragsbildung ganz auszuschliessen.

Je gröber, schärfer und reiner der Sand ist, desto besser eignet sich derselbe zur Bildung dauerhafter Anschüttungen, während der sehr feine, rundkörnige, sogenannte Flugsand schon vom Winde bewegt und durch Regenwasser leicht weggeschwemmt wird. Wenn daher Aufträge aus solchem Material geschüttet werden müssen, so ist es dringend nöthig, die Oberfläche, sowie die Böschungen derselben, gleich nachdem sie die planmäfsige Höhe und Form erlangt haben, so zu befestigen, daß weder Wind noch Wasser auf den Sand einwirken kann.

Wenn der Zweck des Auftrags es nicht gestattet, auch die Oberfläche desselben durch Begrünung gegen das Verwehen zu schützen, so kann es auch durch einen Ueberzug von Lehm oder Thon bewirkt werden. Am vollkommensten wird dieser Schutz erreicht, wenn das Deckmaterial in möglichst aufgelöstem oder flüssigem Zustande aufgebracht werden kann.

f) Anschüttungen von Gerölle.

Diese Bodenart eignet sich, insbesondere wenn die Steintrümmer, aus welchen sie hauptsächlich besteht, mit thonhaltiger Erde gemischt sind, sehr wohl zur Erzeugung fester Aufträge, da das Steinmaterial einen festen Kern bildet und die weicheren Beimischungen gewissermaßen den Mörtel darstellen, durch welchen die Steinstücke in ihrer Lage festgehalten und die Zwischenräume ausgefüllt werden. Bei der Schüttung selbst ist darauf zu halten, daß das Bindematerial möglichst vertheilt wird, so daß die Steine sich zwar berühren, alle Zwischenräume aber ausgefüllt sind, wodurch das Setzen am meisten verhindert wird. Enthält dieser Boden Ueberfluß an Bindematerial, so wird eine Nachdichtung durch Stampfen erforderlich.

Die Böschungen halten sich bei Anschüttungen von diesem Material in ziemlich steiler Lage; da aber die Steintrümmer, welche in denselben enthalten sind, gewöhnlich den jüngeren und weicheren Formationen angehören, welche an der Luft zerfallen oder Wasser einsaugen und durch den Frost aufgelöst werden, so wird es auch hier nöthig, dieselben gleich nach erfolgter Schüttung und Regulirung mit fruchtbarem Boden zu bedecken, um sie den zerstörenden Einflüssen der Witterung zu entziehen und das Auswaschen des Bindematerials durch Regenwasser zu verhüten.

g) Anschüttungen aus losem und weichem Gestein.

Dieses Material unterscheidet sich vom Gerölle wesentlich nur dadurch, daß demselben kein Bindemittel beigemischt ist. Anschüttungen aus diesem Material halten sich im Allgemeinen sehr gut, setzen sich aber stark und während langer Zeit, da dasselbe sich sehr sperrig schüttet und viele hohle Räume bildet, welche sich erst in dem Masse füllen, als die weicheren Steingattungen, Thonschiefer, Kreidekalk, Mergel u. s. w. allmählig zerfallen.

Es ist daher bei Schüttungen mit diesem Material besonders zu empfehlen, dieselben zur Beförderung des Setzens und zur Vermeidung späterer Nachhöhungen, von vornherein dem entsprechend höher als planmäfsig anzulegen, selbst auf die Gefahr hin, dafs nach Vollendung der Arbeit ein Theil dieses Belastungsmaterials wieder weggeräumt werden mufs. Eine Beschleunigung der Befestigung solcher Aufträge läfst sich in manchen Fällen noch dadurch herbeiführen, dafs die Steinschüttungen in dünnen Lagen ausgebreitet, mit einem anderen bindenden und füllenden Material überfahren werden, oder dafs bei dem Transporte des reinen Steinmaterials darauf gehalten wird, dasselbe so zu sortiren, dafs auf einzelne Lagen gröfserer Steinstücke so viel zerkleintes Material gebracht wird, dafs damit die gröfseren Zwischenräume der ersteren ausgefüllt und so die einzelnen Schichtungen ausgeglichen werden. Bei der üblichsten Art von Schüttungen höherer Aufträge unter Anwendung von Arbeitsbahnen, wobei Erstere etagenweis oder in voller Höhe durch Kopfschüttungen vorgetrieben werden, ist dieses Verfahren nicht zulässig und mufs sich dabei die Einwirkung zur Beförderung der Dichtung auf die Anwendung der Mittel beschränken, welche bei der Erörterung über das Setzen der durch Kopfschüttung gebildeten Aufträge näher bezeichnet sind.

Bei Verwendung von losem, weichem Gestein zu Aufträgen kann allgemein nicht angenommen werden, dafs es den Einwirkungen der Witterung genügenden Widerstand zu leisten geeignet ist, und darum ist es gleichfalls nöthig, die sämtlichen Oberflächen mit schützenden Decken zu versehen. In einzelnen Fällen und bei gewissen Steinarten, besonders Thonschiefer, bildet indessen gerade der Boden, in welchen sie zerfallen, eine fruchtbare Erdschicht, welche, besäet und zur Benarbung gebracht, einen vorzüglichen Schutz gewährt.

b) Anschüttungen aus festen Steinen.

Alles, was vorstehend in Bezug auf die Bildung der Dämme und Beförderung ihres schnellen Setzens bei den Schüttungen mit losen Steinen erwähnt worden ist, gilt auch für diejenigen, zu welchen festes Material verwendet werden kann. Nur gestalten sich dabei insofern die Verhältnisse günstiger, als die festen Steine sich weder auflösen, noch unter der Last des Auftrages zerdrückt werden. Es erfolgt daher bei Schüttungen dieser Art nur ein geringes Setzen während der Arbeit, da die festen Steine nicht zerdrückbar sind und dieselben höchstens in ihrer Lage gegeneinander dichter zusammengeschichtet werden können, und hierauf beschränkt sich das ganze Setzen dieser Aufträge, welche schon zur Ruhe kommen können, ohne dafs die zwischen den einzelnen Steinstücken befindlichen Höhlungen ausgefüllt sind.

Nach Verhältnifs der Gröfse oder der plattenartigen Beschaffenheit der zu verwendenden Steinstücke können die Böschungen solcher Anschüttungen ziemlich steil angelegt werden, dabei ist dann aber immer erforderlich, das Material bis zu einer gewissen Stärke regelmäfsig zu verpacken oder zu schichten, während der Kern in dem Zustande verbleibt, wie er sich durch die Schüttung gestaltet hat. Die Haltbarkeit dieser Arbeit wird gesteigert, wenn das Aufsetzen der Böschungen der inneren Ausfüllung um eine gewisse Höhe vorausschreitet, wodurch zugleich die besonderen Räumungs- und Regulirungsarbeiten der Schüttmassen vermindert und beschleunigt werden. Die beiden Querschnitte Fig. 49 Taf. III zeigen, in welcher Art die Böschungen mit den gröfseren Steinen aufgepackt werden, und zwar eine mit unregelmäfsigen, die andere mit plattenförmigen Stücken. Bei mangelndem Schüttungsmaterial, oder wenn die Lokalverhältnisse eine möglichste

Beschränkung der Sohlenbreite für eine Steinschüttung fordern, verlohnt es sich, sorgfältigere und tiefer eingreifende Packungsarbeiten zur Erlangung steiler Böschungen auszuführen. Es gestalten sich in solcher Weise gewissermaßen nach Aufsen geböschte trockene Futtermauern, welche bei dem geringen Seitendruck der Steinschüttungen überhaupt schon bei mäßiger Stärke und nicht zu peinlicher Arbeit dem Zwecke um so mehr entsprechen, als die verwendbaren Steine lagerhafter sind.

Steinaufträge, welche, wie im Profil Fig. 50 dargestellt, in den Böschungsflächen concav gehalten und abgeplastert werden, sind verschiedentlich zum Zweck der Materialienersparung mit Erfolg ausgeführt worden; es muß aber dabei beachtet werden, das Deckpflaster erst auszuführen, wenn ein Setzen der Schüttung nicht mehr zu erwarten ist, da sich andernfalls das Erstere vom Kern ablöst, ausbaucht und gesprengt wird.

37. Auftragsabrutschungen.

Im Wesentlichen werden die Abrutschungen von Anschüttungen durch dieselben Ursachen veranlaßt, wie die der Einschnitte, insofern, als in beiden Fällen eine schiefe Ebene erforderlich ist, auf welcher die Rutschung erfolgt, sobald das Gleichgewicht zwischen der bewegenden Kraft und der entgegenstehenden Widerstände aufgehoben wird. Der Unterschied, welcher aber zwischen beiden stattfindet, besteht darin, daß die Einschnittsabrutschungen in Folge einer Verminderung der Bewegungswiderstände, die der Auftragsabrutschungen durch Vermehrung der bewegenden Kraft (größere Belastung einer schiefen Ebene) erzeugt werden. So wie aber unter gewissen Umständen Einschnittsabrutschungen ohne vorhandene Rutschfläche durch Auflösung des Bodens erfolgen können, so entstehen weniger selten Auftragsabrutschungen ebenfalls in Folge der Erweichung des Schüttmaterials oder ungleicher Vertheilung desselben. Wenn daher die Ursachen beider Arten von Abrutschungen, dem Principe nach, dieselben sind, so gilt in Bezug auf die der Aufträge dasselbe, was am Schlusse des vorigen Kapitels hinsichtlich der Einschnittsabrutschungen gesagt ist, weshalb sich die folgenden Betrachtungen auf die abweichenden Veranlassungen beschränken können.

Auftragsabrutschungen kommen, wie erwähnt, in zweierlei Formen vor, welche, da sie aus verschiedenen Veranlassungen entstehen, wohl von einander unterschieden werden müssen. Dies ist nicht immer so leicht, als es auf den ersten Blick scheinen möchte, da die äußeren Erscheinungen viel Aehnlichkeit mit einander haben, häufig aber auch beide Ursachen gleichzeitig oder verbunden wirksam sein können.

Die erste dieser Abrutschungsarten äußert sich in den Anschüttungen selbst; bei der anderen aber rutscht der die Schüttung tragende Boden ab und der Auftrag folgt demselben nur. Hieraus läßt sich schon entnehmen, daß die Ursache der ersten Abrutschungsart in der Anlage und Beschaffenheit des Auftrages selbst, die der anderen in den Eigenschaften der tragenden Bodenschichten gesucht werden muß, und so verhält es sich auch in der That.

Die Abrutschungen der Anschüttungen in sich entstehen immer aus einer ungeeigneten Beschaffenheit des Schüttungsmaterials oder aus einer unrichtigen Behandlung desselben bei der Verarbeitung. In ersterer Beziehung ist die Abrutschung gewöhnlich Folge von verwendetem wasserhaltigem, leicht löslichem Material, welches in den unteren Schichten zerfließt oder durch die Last der

darauf ruhenden Schüttung herausgedrückt wird. Auf ebener Unterlage erfolgt dieses Herausdrücken des aufgeweichten Bodens zu beiden Seiten der Schüttung und in Folge dessen eine Senkung des Planums; wenn aber die Schüttung auf einer geneigten Ebene liegt, so ist das ganze oder theilweise Abrutschen derselben nothwendige Folge dieser Erweichung. Durch unrichtige Behandlung der Anschüttungen werden Abrutschungen herbeigeführt, wenn zu steile Böschungen angelegt, auf seitwärts geneigten Terrainflächen nicht horizontale Schichten geschüttet und vorher Banketts eingearbeitet werden, und nicht auf gehörige Dichtung der unteren Lagen gehalten ist, bevor die oberen aufgebracht werden; wenn auf einer Seite der Anschüttung andere Bodenarten als auf der entgegengesetzten verwendet werden, welche nicht dieselben Eigenschaften hinsichtlich des Setzens und der Auflösbarkeit besitzen; wenn ferner so gearbeitet wird, daß Längensrisse entstehen, welche dem Regenwasser den Zutritt in das Innere des Auftrags gestatten, und überhaupt die Beobachtung der Regeln versäumt wird, welche im Eingange dieses Kapitels für die verschiedenen Schüttungsarbeiten angegeben sind.

Einen Uebergang zwischen den beiden Abrutschungsarten bildet diejenige, bei welcher auch nur ein Theil der Schüttung in sich abrutscht, ohne daß dem ungeeigneten Material oder ihrer mangelhaften Ausführung die Schuld beigemessen werden kann. Die Veranlassung liegt gewöhnlich in der Ueberladung einer schiefen Bodenfläche, wobei der Reibungswiderstand im angeschütteten Körper geringer ist, als der zwischen der Sohle desselben und dem beschütteten Boden. Abrutschungen dieser Art entstehen immer nur während der Bauausführung selbst, sobald das Gewicht des angeschütteten Körpers ein gewisses Maß übersteigt. Alle bloße Wiederherstellungen der Form erweisen sich dabei in der Regel erfolglos und die Abrutschung tritt wiederholt ein, sobald die Belastung überschritten wird, welcher durch die verschiedenen Widerstände das Gleichgewicht erhalten wird.

Die eigentlich gefährlichen Abrutschungen von Anschüttungen auf schiefen Ebenen kommen nur da vor, wo diese entweder selbst aus einer in ihrer Oberfläche schlüpfrigen, wasserführenden, aber undurchlässigen Thonschicht besteht, oder aber auf einer solchen ruht. Durch das aufgebrachte Gewicht der Schüttung wird die an sich schon sehr geringe Reibung auf solchen schlüpfrigen, geneigten Ebenen leicht überwunden, worauf dann eine niedergehende Bewegung erfolgen muß. Aus dem Abfallwinkel der tragenden Schicht und dem Reibungswiderstand würde sich zwar das Gewicht ermitteln lassen, mit welchem eine solche Ebene noch belastet werden kann, ohne daß das Gleichgewicht aufgehoben wird; im konkreten Falle ist aber eine Zahlbestimmung mit einiger Sicherheit nicht zu treffen, weil eben die Größe des Reibungswiderstandes fast niemals, nicht einmal annähernd ermittelt werden kann. Diese Reibung wird vermehrt, wenn es gelingt, die oberhalb und unter der Schüttung selbst entspringenden Quellen und die Niederschläge aus der Atmosphäre abzufangen und in bestimmten Wegen schadlos abzuführen, weil dadurch die Rutschflächen entwässert, mithin weniger schlüpfrig werden. Durch den großen Druck der Schüttung wird sonst der freie Ablauf des Quellenwassers gehemmt und wirkt dasselbe lösend auf die unteren Schichten des Schütt- oder auf die oberen des tragenden Bodens, wodurch die Reibung zwischen beiden immer mehr vermindert und Bewegung erzeugt wird.

In den wenigsten Fällen liegt aber diese schlüpfrige Rutschfläche zu Tage, sondern fast immer mehr oder weniger tief unter der sichtbaren Oberfläche, so daß ihr Vorhandensein oft gänzlich unbekannt sein würde, wenn nicht durch weiter unterhalb aus dem Boden tretende Quellen darauf geschlossen werden könnte. Aus der Lage der Ausmündung dieser Quellen und durch die Aufsuchung der

zugehörigen wasserführenden Schicht unter der Beschüttungsfläche ergibt sich annähernd die Tiefe und der Abfall derselben, woraus dann beurtheilt werden kann, inwiefern bei der Disposition des Auftrags auf dieselbe gerücksichtigt werden muß. Die über solchen Rutschflächen lagernden Bodenschichten bestehen gewöhnlich aus Lehm oder lettenartigem Material, welches an den höheren Abhängen verwittert und von dem Regen an den Fuß herabgespült ist, wo es sich dann abgelagert hat. Diese aufgelagerten Schichten losen Bodens erreichen oft eine bedeutende Stärke, flachen sich aber am Fuße des Abhanges ab, so daß daselbst der gewachsene Boden wieder zu Tage tritt, und hier ist es, wo die Quellen münden. Fig. 51 Taf. III zeigt das Profil eines solchen Abhanges, dessen Körper aus den Schichtungen *AAA* besteht, welche durch wasserführende Lagen *aaa* von einander gesondert sind. Das aus denselben tretende Wasser rieselt auf den Stirnflächen der Bodenschichten *AA* nieder und tritt bei *b* in das Thal. Der ganze Abhang ist aber mit einer Schicht verwitterten und von oben herabgeschwemmten Bodens bedeckt, welche sich sowohl nach oben als nach unten zu auskeilt und im Profile schraffirt worden ist. Muß nun die Schüttung einem solchen Abhange entlang geführt werden und erhält selbige die in dem Profile angegebene Lage auf der Basis *ed*, so wird sie zwar von dieser Fläche nicht abrutschen, wohl aber mit der ganzen Unterlage auf der Rutschfläche *aaa*. Diese Rutschungen erfolgen um so leichter, als der über den Rutschflächen gelagerte Boden etwa kein ursprünglicher, sondern ein angeschwemmter ist, der nur insofern hier liegen geblieben ist, als er eben ins Gleichgewicht mit der Reibung getreten war, welches aber schon bei einer mäßigen Belastung wieder gestört wird.

Nicht immer folgt die Bewegung dem allgemeinen Abhange, sondern häufig findet dieselbe in diagonalen Richtung statt; eine nähere Untersuchung wird aber immer ergeben, daß ein in dieser Richtung einfallendes, oft ganz unbedeutendes Querthal überschritten ist. In diesen Querthälern, welche ursprünglich tiefe Klüfte mit starkem Abhang waren, hat sich das heruntergeschwemmte verwitterte Material vorzugsweise angehäuft, und da auch in dieselben wegen der tiefen Lösung viele Quellen münden, so rutschen die über solche Thalmündungen geschütteten Aufträge besonders häufig ab.

Die verschiedenen Sicherungsanlagen, um Rutschungen dieser Art möglichst vorzubeugen, bezwecken die Vermehrung der Reibung und Gestaltung von Stützpunkten außerhalb der Schüttung und sind dieselben Eingang dieses Kapitels näher bezeichnet worden. Es wird daher genügen, wiederholt darauf aufmerksam zu machen, Schüttungen unter solchen Umständen nicht zu beginnen, bis eine klare Einsicht in die Lagerungsverhältnisse, Bodenbeschaffenheit und Wasserlösungen erlangt und auf Grund dieser erlangten Kenntniß der maßgebenden Verhältnisse ein spezieller Operationsplan festgestellt ist.

Bei der Wichtigkeit, große Anlagen auf so zweifelhaftem Grunde in zuverlässiger Sicherheit darzustellen, dürfen weder die Zeit zu den Ermittlungen und zur vorsichtigsten Ausführung, noch die Kosten zur Wegräumung von hinderlichen und gefährdenden Bodenschichten, sowie für die Ausführung der irgend erforderlich zu erachtenden Schutzmaßregeln gescheut werden; ein vollständig gesicherter Erfolg kann unter solchen Umständen kaum zu theuer erkaufte werden.

Während der Ausführung von Schüttungen durch scharf eingeschnittene tiefe Thäler kommt es auch wohl vor, daß dieselben gewöhnlich schon während der Arbeit in der Richtung der Längsachse abrutschen, und zwar im Wesentlichen aus der schon angegebenen Veranlassung, daß die obere angeschwemmte Bodenschicht unter der Last der Schüttung auf einer glatten Unterlage ausweicht. An

sich ist mit solchen Rutschungen, welche nur bei Kopfschüttungen vorkommen können, keine sonderliche Gefahr verbunden, weil das Material gewöhnlich dahin ausweicht, wo beim weiteren Fortschritt der Arbeit doch Boden angeschüttet werden muß. Dennoch müssen auch solche Abrutschungen in aller Weise verhindert werden. Denn bei jeder derselben findet eine so vollständige Lösung des Materialienzusammenhanges und eine solche Auflockerung desselben statt, daß es kaum ein Mittel giebt, dasselbe in großer Masse wieder gehörig zu dichten. Bei etwa eintretendem Regen saugt sich die ganze aufgelockerte Masse, sofern sie nicht aus Sand oder Steinen besteht, voll Wasser, und dann würde es im hohen Grade gefährlich sein, ein so durchweichtes Material zu dem Kern einer hohen Schüttung zu verwenden. Es ist dann noch immer am sichersten und wohlfeilsten, das aufgelockerte Material zu beseitigen und dasselbe durch trockenes, lagerweis anzuschüttendes zu ersetzen.

Sehr zu empfehlen ist es, während der Ausführung von Schüttungen an Berggehängen die am Fusse derselben heraustretenden Quellen sorgfältig zu beobachten, da aus ihrem Verhalten die Einwirkung der Schüttung auf die Wasserabführung beurtheilt werden kann. Vermindert sich die Wassermasse dieser Quellen oder versiegen sie gar, dann ist mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß ihr Abfluß durch die Last der Schüttung unterdrückt ist und sie vor oder in derselben aufsteigen werden, was immer deren Zerstörung herbeiführen wird. Wird ein solches Vorkommen beobachtet, so kann nicht eilig genug die Spur der unterdrückten Quellen vor oder in der Schüttung aufgesucht und denselben freier Abfluß verschafft werden, sollte der Auftrag auch durchstoßen oder mit einem Stollen unterfahren werden müssen.

Nicht zu allen Zeiten führen die Quellen in den oberen Lagen der Gebirgsabhänge gleichviel Wasser, da sie allein durch die atmosphärischen Niederschläge eines beschränkten Bezirks gespeist werden und nur einen kurzen Weg bis zu ihrer Lösung zurückzulegen haben. Viele dieser Quellen versiegen daher bei anhaltend trockener Witterung gänzlich; die wasserführenden Schichten trocknen ab und die Reibung auf denselben wird vorübergehend so groß, daß bedeutende Lasten aufgeschüttet werden können, ohne daß Bewegung erfolgt. Darum stehen viele Anschüttungen, welche bei trockener Witterung ausgeführt sind, und rutschen erst ab, wenn bei anhaltendem Regenwetter, besonders aber nach dem Schneeabgange, sich alle Schichten mit Wasser füllen und die schiefen Rutschebenen wieder schlüpfrig werden. Man wird daher immer mit größerer Sicherheit auf die nachhaltige Standfähigkeit der Schüttungen auf schiefen Ebenen rechnen können, wenn dieselben im Frühjahr ausgeführt werden, wo alle Quellen noch thätig sind, als im Herbst, wo sie zum Theil versiegen.

Zeit, Arbeit und Kosten zur gründlichen Ausführung von Sicherungsanlagen bei der Bauausführung verschwinden fast gegen diejenigen, welche erforderlich werden, um eine erfolgte Auftragsrutschung wieder herzustellen und zu sichern. Wie eben erwähnt, ist das Material, welches bei einer Rutschung in Bewegung gewesen ist, häufig nicht wieder zur Auftragsbildung zu verwenden; es muß daher von Neuem gefördert, mit der alleräußersten Vorsicht verarbeitet und mit dem stehengebliebenen Theil der Anschüttung so innig verbunden werden, daß weder Risse noch Absätze entstehen; dann aber müssen doch noch alle die Arbeiten zur Entwässerung und sonstigen Sicherung nachgeholt werden, welche bei der ersten Anlage versäumt sind und nun nur unter sehr schwierigen ungünstigen Verhältnissen ausgeführt werden können, selten aber noch in den nöthigen Zusammenhang zu bringen sind.

Wenn die Abrutschung nur durch zu starke Neigung des Terrains ohne Zutritt des Wassers in das Innere des Auftrags entstanden ist, so genügt es in der Regel, wenn vor dem Fusse des abgerutschten Bodens ein starkes Conterbankett tief in den festen Boden fundamentirt und in einer dem Gewichte der bewegten Masse entsprechenden Gröfse angelegt wird. Der abgerutschte Boden wird, sofern er, wie hier vorausgesetzt worden, trocken ist, auf dem Raume zwischen dem Bankett und der Anschüttung in dünnen Schichten ausgebreitet und gehörig festgestampft. Darüber wird in horizontalen Lagen der Auftragskörper wieder in solcher Weise ergänzt, dafs die etwas hohl anzulegende Böschung sich unten gegen das Bankett stützt und dann nach der oberen planmäfsigen Kante des Auftrags herangezogen wird. Diese Böschung mufs besonders gut gedichtet und, wenn irgend thunlich, mit Rasen bekleidet werden, weil Alles davon abhängt, keine Feuchtigkeit in den Raum zwischen den eigentlichen Auftrag und das Bankett gelangen zu lassen, wodurch dieses bald wieder zerstört werden würde. Die Fig. 52 Taf. III stellt eine solche Restauration im Profile dar, wobei die schraffirten Flächen den Zustand nach erfolgter Abrutschung, die punktirten aber die Ergänzung des Auftrags bezeichnen.

Waren aber unter der Schüttungsfläche hervordringende Quellen die Veranlassung der Abrutschung, was an der Durchnässung am unteren Theile des abgerutschten Bodens zu erkennen ist, so wird zunächst dem Fusse der Abrutschung entlang ein Graben gezogen und zwar so tief, dafs demselben nach der Thalseite hin noch Abflufs verschafft werden kann, und dieser Graben wird mit Steinen ausgepackt, um den Quellen unter der Schüttung die möglichst tiefste Lösung zu verschaffen und ihren Abflufs unter dem Schüttungsterrain zu begünstigen. Von diesem Parallelkanal werden dann noch, soweit damit zu kommen ist, Stichkanäle bis unter den Boden der Anschüttung geführt und ebenfalls mit Steinen ausgefüllt. Für die Anlage dieser Stichkanäle werden vorzugsweise solche Punkte gewählt, wo sich der Boden am feuchtesten zeigt und die auf eine Konzentration des Quellenwassers schliessen lassen. Dadurch werden die Quellenlager noch mehr durchschnitten und der Boden in möglichster Tiefe direkt entwässert. Erst wenn die Ueberzeugung gewonnen ist, dafs alle unter der Schüttung liegenden Quellen ihren Abflufs nach diesen Kanälen nehmen, kann mit der Wiederherstellung des Auftrages vorgegangen werden, indem zunächst hinter dem Parallelkanal ein Bankett geschüttet, der abgerutschte Boden, wenn er nicht vollkommen entwässert ist, beseitigt und mit gutem, trockenem Material in dünnen, festgestampften horizontalen Schichten aufwärts gegangen wird, bis die Oberfläche des Auftrags wieder hergestellt ist. Fig. 53 Taf. III zeigt bei gleicher Bezeichnung wie in der vorigen eine derartige Dammherstellung im Profil, wie solche in verschiedenen Fällen mit Erfolg ausgeführt worden ist.

Findet sich das abgerutschte Material sehr erweicht und daher weit nach unten ausgeflossen, so kann ein Längendurchstich in demselben bis in den festen Boden eingeschnitten und in diesem der Hauptentwässerungskanal und zugleich das Bankett angelegt werden. Das flüssige Material wird dann beseitigt, die feuchten Stellen im Boden aufgegraben, Sickerkanäle angelegt und überhaupt wie im vorigen Falle verfahren. Machen es die Umstände irgend wahrscheinlich, dafs schon oberhalb der Schüttung Quellen entspringen, deren Wasser sich unter dieselbe durchzieht, so darf nicht versäumt werden, auch am oberen Fusse der Böschung einen Parallelgraben einzuschneiden, in demselben die von oben kommenden Wasser abzufangen und nach den nächsten

Lösungspunkten der Länge nach abzuführen. Die Fig. 54 Taf. III zeigt eine solche Wiederherstellungsarbeit im Grundrifs und Querschnitt, wobei wieder die schraffirten Flächen den Zustand nach der Abrutschung, die punktirten den nach der Ergänzung bezeichnen.

Da Abrutschungen der Aufträge, wie schon erwähnt, vorzugsweise da eintreten, wo Querthaleinschnitte überschritten werden, in denselben aber immer Durchlässe zur Wasserabführung liegen, so werden diese bei entstehenden Rutschungen gewöhnlich quer durch zerrissen, umgeworfen, oder mindestens an ihrer unteren Mündung verschüttet.

In solchen Fällen muß zunächst der Durchlaß wieder geräumt werden, um dem Wasser freien Abfluß zu verschaffen, und dann ist derselbe bis zur Außenböschung des neu zu bildenden Conterbanketts zu verlängern, wobei aber besonders darauf zu halten ist, diese Verlängerung möglichst tief in den festen Boden einzuschneiden, zu welchem Ende bei stärkerem Gefälle Kaskaden angelegt werden müssen, wie solches aus der Fig. 55 Taf. III zu ersehen ist.

Bei sehr ausgedehnten Abrutschungen hoher Aufträge schiebt sich der Boden oft so weit vor, daß dadurch der Wasserabfluß gehemmt wird und die Gefahr entsteht, daß das Wasser sich oberhalb der Schüttung ansammelt, aufstaut und dann die Gesamtanlage demolirt. Dabei befindet sich der abgerutschte Boden in einem solchen Zustande der Zerrüttung, Beweglichkeit und Flüssigkeit, daß es trotz aller Anstrengung nicht gelingt, einen offenen Kanal durch denselben bis zur verschütteten Kanalausmündung durchzuführen, um das angesammelte Wasser abzulassen und diesen zu verlängern. Unter solchen Umständen bleibt kaum etwas Anderes übrig, als so schnell als irgend thunlich einen unterirdischen Stollen nach dem Durchlaß zu führen und denselben auf diese Weise zu entwässern. Ein solcher Stollen kann aber nicht durch den abgerutschten beweglichen Boden geführt werden, wo er sogleich zerdrückt oder verschoben werden würde, ja selbst durch den stehen gebliebenen Theil des Auftrags ist die Anlage desselben nicht ohne Gefahr, da das Material doch noch nicht so fest verbunden ist, als gewachsener Boden, und man beim Beginn dieser Arbeit niemals wissen kann, wie weit der stehen gebliebene Theil der Anschüttung noch mit in die Abrutschung hineingezogen werden kann.

Es wird daher, um sicher zu gehen, dieser Stollen unter der Sohle des Auftrags im gewachsenen Boden angelegt werden müssen, was sich auch außerdem empfiehlt, um eine möglichst tiefe Entwässerung zu erlangen.

Die Zeichnung Fig. 56 Taf. III zeigt den Grundrifs der Abrutschung eines gegen 130 Fuß hohen Dammes der Westfälischen Eisenbahn, welche, einer durchschütteten Mulde in diagonalen Richtung folgend, sich bewegt hatte. Nicht nur war dadurch die Mündung des Durchlasses auf mehrere hundert Fuß Länge gänzlich verschüttet, sondern dieser selbst am unteren Theil zerstört.

Zur schleunigen Entwässerung wurde hier 10 Fuß unter der Schüttungssohle ein Stollen in der kürzesten Linie nach der Außenwand des Durchlasses getrieben, diese zunächst durchbohrt und dann durchbrochen, um das gesammelte Wasser abzulassen.

Da keine Aussicht vorhanden war, den Durchlaß in seinem unteren Theile wieder herzustellen und entsprechend verlängern zu können, so wurde es nöthig, den provisorischen Wasserabfluß durch den Stollen in einen definitiven zu verwandeln. Demgemäß ist der Durchlaß durch eine starke Schildmauer geschlossen und der Stollen tunnelmäsig nach dem Profil Fig. 56 Taf. III ausgemauert worden; der Rutschung selbst wurde aber durch ein vorgebautes starkes Conterbankett

mit etagenartigen Abstufungen Einhalt gethan, was durch die sehr tiefe Lösung des Quellwassers durch den Stollen sehr erleichtert wurde.

Aehnliche Bewegungen des Terrains und ein Mitnehmen der aufliegenden Dämme kommen besonders in der Braunkohlenformation vor, welche häufig in erheblicher Tiefe von schrägen Lettenschichten durchsetzt sind.

Es empfiehlt sich vor allem, in solch zweifelhaftem Terrain gar keine größeren Bauwerke zu disponiren und den kleineren Kanälen einen geschlosseneren eiförmigen Querschnitt zu geben.

Neuntes Kapitel.

Bodentransporte.

38. Wahl des Transportsystems.

Die verschiedenen Transportarten der geförderten Bodenmassen können nach folgenden Bezeichnungen gesondert werden:

- 1) Werfen mit der Schaufel,
- 2) Transport mit Schiebekarren,
- 3) - - Handkippkarren,
- 4) - - Pferdekarren,
- 5) - auf Arbeitseisenbahnen mit Pferde- und Lokomotivkraft.

In manchen dazu geeigneten Fällen kann der Transport des Bodens mit Schiffsgefäßen auf dem Wasser bewirkt werden; da die hierzu erforderlichen Einrichtungen aber gänzlich von den örtlichen Verhältnissen abhängig sind, so lassen sich allgemeine Regeln dafür nicht füglich ableiten, weshalb hier darüber hinweggegangen wird.

Ebenso wird nur in sehr seltenen besonderen Fällen eine selbstständige Arbeit ausschließlich durch Werfen mit Schaufeln in Ausführung gebracht werden, z. B. bei Laufgräben, Sappen, Traversen u. s. w.; gewöhnlich bildet diese Operation nur den ersten Anfang einer größeren Arbeit auf den Punkten, wo der Abtrag in den Auftrag übergeht. Da zu dieser Bewegungsart des Bodens keine besonderen Vorrichtungen nöthig sind, so ist über dieselbe nichts weiter anzuführen.

Bei der Wahl einer oder der anderen Transportmethoden für eine gewisse Arbeit ist vorzugsweise die Masse des zu bewegenden Bodens, die mittlere Entfernung, auf welche er transportirt werden muß, und die verwendbare Zeit in Betracht zu ziehen, um zu ermitteln, in welchem Verhältniß Kosten und Leistungen der verschiedenen Beförderungsarten unter den gegebenen Umständen zu einander sich stellen.

Im Allgemeinen darf angenommen werden, daß Pferde- oder Maschinenkraft weniger kostet als Menschenkraft, sofern erstere vollständig ausgenutzt werden können. Da diese Kräfte indessen ausschließlich nur zur Fortbewegung der Massen verwendbar sind, so stellt sich deren Benutzung auch nur als zweckmäßig dar, wenn die Transporte den größeren Theil der gesamten Arbeit ausmachen.