

ches sie nach ihrer Verwendung in den Aufträgen einnehmen werden, ist überaus schwierig, wo nicht ganz unausführbar, indem zu viele Umstände dabei berücksichtigt werden müssen, deren Mafs und Einflufs selbst wieder bedeutenden Schwankungen unterliegen. Zunächst ist die Verschiedenheit der Bodenarten selbst in Betracht zu ziehen. Es ist schon erwähnt, dafs feiner Sand nahezu denselben Raum im Auftrage einnimmt; ihm nähert sich schon der Kies, darauf folgt lockere, leicht zusammendrückbare Erde; eine viel gröfsere Auflockerung ergibt sich beim Thon, die gröfste bei Felsen, welche sich noch steigert, wenn derselbe in grofsen, sperrigen Stücken zur Verwendung kommt. Weiter ist zu berücksichtigen, ob die Anschüttung eine hohe oder niedrige ist, da bei der ersteren die unteren Schichten einem grofsen Drucke ausgesetzt werden, welcher eine Wiederverdichtung begünstigt, oder ob bei der Schüttung besondere Mafsregeln zur Beförderung der Dichtung, Stampfen, Ausfüllung der leeren Zwischenräume mit feinem Material etc. zur Ausführung gebracht werden. Endlich ist dabei noch in Betracht zu ziehen, welcher Zeitpunkt als derjenige angenommen wird, für welchen die definitive Ausgleichung stattgefunden haben mufs. Durch das sogenannte Setzen erfolgt allerdings, bei manchen Bodenarten in kurzer Zeit, bei anderen aber sehr spät, bei festen Steinen niemals ganz, eine Wiederverdichtung des aufgelockerten Bodens, welcher zwar den ursprünglichen Grad der Dichtigkeit nicht wieder erlangt, aber doch nach Verlauf eines gewissen Zeitraums ein bleibendes Mafs erreicht. Zur Ausgleichung dieser Wiederverdichtung pflegt man bei der Schüttung die Aufträge stärker als planmäfsig zu machen, und deshalb kommt diese vorübergehende Auflockerung bei der Disposition nicht in Betracht, sondern nur die bleibende.

Aus einer Reihe von Beobachtungen bei Ausführung grofser Erdarbeiten hat sich ergeben, dafs durchschnittlich nach Vollendung der Arbeit die Auflockerung bei

Lehm und leichteren Erdarten	3 pCt.	} der Masse betragen hat,
Keuper und Mergelarten	4—5 -	
festem Thon	6—7 -	
Felsen	8—12 -	

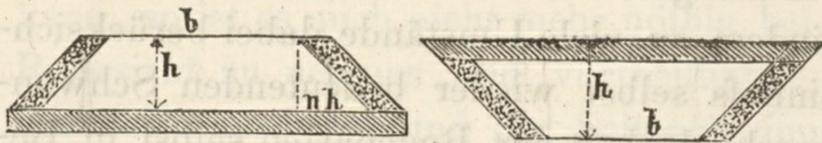
oft mehr, manchmal weniger, jenachdem viel oder wenig Arbeit zur Dichtung und Zeit bis zur definitiven Planirung verwendet werden konnte.

Wie eben erwähnt, sind genau zutreffende Verhältniszahlen nicht zu ermitteln; da aber bei der Massendisposition diese Auflockerung des Materials durchaus nicht unberücksichtigt bleiben darf, wenn die Ausführung sich dem Vertheilungsplane möglichst genau anschliessen soll, so werden die vorstehend angegebenen Verhältniszahlen, vorbehaltlich der, aus sonstigen Gründen etwa nöthig scheinenden Modifikationen, der Reduktion zum Grunde gelegt werden können.

Dafs bei den so schwankenden Werthen dieser Koëfficienten keine genaue Trennung der verschiedenen Bodenarten in demselben Einschnitte erforderlich wird, versteht sich von selbst, und es genügt in dieser Beziehung nach Verhältnifs der verschiedenartigen Bodenarten in demselben den Koëfficienten zu modificiren, wie dies weiter unten in einem Beispiele gezeigt werden soll.

16. Specielle Vertheilung der Massen.

Zunächst ist das Augenmerk darauf zu richten, ob die Oberflächen des zu vergrabenden oder zu beschüttenden Terrains mit einer Grasnarbe oder einer solchen fruchtbaren Erdschicht bedeckt ist, welche zur Bekleidung der Böschungen sowohl der Einschnitte als der Aufträge geeignet und dazu ausreichend ist.



Aus den beiden nebenstehenden Figuren ergibt sich, daß, wenn $b + 2nh = 2h\sqrt{1+n}$ ist, die Bodenmassen der Grundflächen und Böschungen sich ausgleichen und die Massenvertheilung keine Veränderung erleidet, sondern nur der Anfang der Arbeit.

Bei Aufträgen wird von der zu beschüttenden Fläche soviel fruchtbarer Boden abgegraben oder in Rasenform abgestochen, als zur Bekleidung der Böschungen erforderlich ist. Bei der Schüttung wird dann der Auftrag in seinen Breitendimensionen um so viel schwächer angelegt, als die Böschungsbekleidung stark wird, wogegen derselbe so viel höher wird, als die fruchtbare Erde darunter tief ausgegraben ist. Die zur Bildung des Auftrags herbeizuschaffende Bodenmasse bleibt also der bei der Erdberechnung ermittelten ganz gleich, und nur die Arbeit des Ausstechens, der Seitenablagerung und des Wiederaufbringens auf die Böschungen tritt hinzu. Die Kosten dafür kommen aber bei Veranschlagung der Böschungsarbeiten zur Berechnung.

Ganz ebenso verhält es sich bei Gewinnung und Verwendung des Bekleidungsmaterials zu den Einschnittsböschungen, nur mit dem Unterschiede, daß die Einschnitte um so viel breiter gemacht werden müssen, als die Bekleidungen stark werden, und daß sie dagegen um so viel weniger tief werden, als vorher an fruchtbarem Boden von der Oberfläche abgenommen ist.

Das Verhältniß in Vertheilung der Bodenmassen ändert sich aber in den Fällen, wenn die zu vergrabenden oder zu beschüttenden Flächen keinen oder nicht ausreichenden, zur Bekleidung der Böschungen geeigneten Boden enthalten und derselbe daher von anderen außerhalb der Auf- und Abtragsflächen liegenden Orten entnommen werden muß. Unter diesen Umständen ist von der berechneten Masse der Anschüttungen der Betrag des fehlenden Bekleidungsmaterials in Abzug zu bringen, bei den Einschnitten aber der Masse der Ausgrabung hinzuzusetzen. Erst nach dieser Korrektur, wo sie erforderlich ist, folgt die Massenvertheilung. Vorgenommen wird erstere in der Praxis nur selten und nur, wenn es sich um einige hundert Schachtruthen handelt.

Aus den Beträgen der Massenberechnung, welche für jeden einzelnen Auftrag oder Abtrag eine besondere Gruppe bilden, ergibt sich die Vertheilung ganz einfach, wenn dabei mit Rücksicht auf die Erleichterung der Arbeit, Zeit und Kostenersparung folgende Regeln beobachtet werden, nämlich daß

1. jedes, zur Bildung sicherer und dauerhafter Aufträge nicht geeignete Material der Einschnitte von vorn herein in den Aussatz disponirt wird und bei der Massenvertheilung für die Aufträge nicht weiter in Betracht kommt;

2. die Massen aus Einschnitten von einiger Bedeutung hinsichtlich ihrer Bewegungen möglichst so vertheilt werden, daß nicht gegen die Steigung transportirt werden muß, wodurch zugleich die Bildung von Wasserwinkeln bei der Lösung vermieden wird;

3. die Vertheilung der Massen so geordnet wird, daß die Länge der Angriffslinien bei der Lösung möglichst ausgedehnt werden kann;

4. keine größeren Erdtransporte über solche Bauwerke, als Flußbrücken, Viadukte etc. projektirt werden, deren Vollendung gewöhnlich viel Zeit erfordert; es würde von letzterer die Fertigstellung der Aufträge abhängig werden, denen doch die größtmögliche Zeit zum Setzen gewährt werden sollte;

5. wo theilweise das geförderte Material ausgesetzt oder das erforderliche aus Seitenentnahmen gewonnen werden muß, ersteres thunlichst von der breiten Ober-

fläche des Einschnittes entnommen, letzteres zu dem unteren breiten Fuß der Aufträge verwendet wird.

Aus einer Vergleichung der Auf- und der Abtragsmassen ergibt sich zunächst, inwiefern überhaupt zwischen denselben eine Ausgleichung stattfindet, und dann läßt sich ermitteln, innerhalb welcher Entfernungen dies für die einzelnen Gruppen der Auf- und der Abträge der Fall ist.

Findet sich dabei, daß der Auftrag mehr Masse erfordert als der Abtrag ergibt, so muß auf Seitenentnahme, im entgegengesetzten Falle auf Seitenaussatz Bedacht genommen werden. Ergeben sich die Transportentfernungen aber da, wo selbst eine Massenausgleichung stattfinden würde, von solcher Länge, daß die Förderkosten auf derselben sich höher belaufen, als die einer doppelten Bodenlösung und Erwerbung des Landes bei kurzen Transportentfernungen der seitwärts zu gewinnenden oder auszusetzenden Massen, so wird, innerhalb der zu ermittelnden Grenzen, dieses System der Disposition der Massenbewegung zum Grunde gelegt.

Die Operation der Vertheilung wird deshalb zuerst im Rohen vorgenommen, indem durch Abzählen der Massen für die einzelnen Stationen in der Erdberechnung der zutreffende Punkt ermittelt wird, wo sich die Masse eines Auftrages in zwei gleiche Hälften scheidet. Ein Gleiches geschieht bei den zunächst liegenden beiden Abträgen, wobei die Punkte gefunden werden, bis zu welchen die Materialengewinnung gehen muß, um die zugehörigen Auftragsmassen zu decken. Ergeben die Abträge, soweit sie überhaupt zur Bildung des zwischenliegenden Auftrages verwendet werden können, nicht so viel Material, als zur Schüttung erforderlich ist, so wird, nach Maßgabe der Umstände, entweder die Mitte des Auftrags oder der untere Theil derselben, soweit dies zur Ergänzung nöthig ist, durch Material aus Seitenentnahmen gebildet; es sei denn, daß das fehlende Material oder ein Theil desselben weiter rückwärts aus einem anderen Einschnitt entnommen werden kann, welches dort keine nähere Verwendung findet.

In ähnlicher Weise wird verfahren, wenn für eine gewisse, noch als zusammengehörig zu betrachtende Arbeit die Abtragsmassen die der zugehörigen Aufträge überwiegen.

Nach Deckung des Bedarfes für den Auftrag durch die zunächst liegenden Massen des Abtrages, wird der übrig bleibende Theil in den Aussatz disponirt, sofern derselbe nicht etwa bei zulässigen Transportentfernungen noch zur Ergänzung entfernterer Anschüttung passende Verwendung findet.

Zur Feststellung der mittleren Entfernungen, in welchen die Bodenmassen transportirt werden müssen, ist die Ermittlung der Lage der Schwerpunkte, sowohl der betreffenden Einschnittsabtheilung als des daraus zu bildenden Auftrags erforderlich, indem deren Entfernung von einander der mittleren Transportweite gleich ist. Da bei Ermittlung dieser mittleren Entfernungen Differenzen bis zu 30 Fuß nicht in Betracht kommen, indem die Transportpreise immer nur in Absätzen von 5 Ruthen wechseln, so erhält man ausreichende Genauigkeit, wenn dabei, wie bei der Massenvertheilung, durch Abzählen der Inhalte für die einzelne Station, bis zum Betrage der Hälfte der zu bewegenden Masse der Schwerpunkt festgestellt wird. Liegen die so gefundenen Entfernungen innerhalb der Grenzen, für welche unter den obwaltenden Umständen Transporte noch mit Vortheil bewirkt werden können, so wird diese vorläufige generelle Ermittlung der speciellen Vertheilung zum Grunde gelegt. Ergeben sich aber Transportweiten, welche das zulässige Maß überschreiten, so werden nach beiden Seiten hin diese Stationen aus der Vertheilung weggelassen, bis dieses Maß erreicht ist. Für die dann offen

bleibenden Stationen des Auf- und des Abtrages werden **Seitenentnahme**, beziehungsweise Seitenaussatz disponirt.

Nebstehende Skizze giebt das Bild einer solchen provisorischen Disposition, wie sie auf einem Brouillonlängenprofil gemacht zu werden pflegt. Die Zahl der Schachtruthen für jede Station ist aus der Massenberechnung entnommen und zwischen den begrenzenden Stationsnummern eingetragen.

Es wird angenommen, daß die ganze Einschnittsmasse zwischen Station 0 und 6, sowie der Theil zwischen Station 30 und 36 in den Auftrag gebracht werden kann.

Die beiden Einschnitte enthalten, soweit sie für den Auftrag zur Verwendung kommen, zusammen 2840 Schachtruthen; der Auftrag zwischen denselben aber 3730 Schachtruthen, es fehlen daher 890 Schachtruthen, welche durch Seitenentnahme gewonnen werden müssen.

Die Einschnittsmasse zwischen Station 0 und 6 beträgt 1380 Schachtruthen; und wird dieselbe Masse im Auftrage abgezählt, so ergibt sich, daß damit Station $15 + 2^\circ$ erreicht und bis dahin die Schüttung aus dem Abtrage gebildet werden kann. Ebenso wird mit der Masse aus dem Einschnitte zwischen Station 30 und 36 verfahren, welche 1460 Schachtruthen enthält; wird diese Zahl rückwärts von Station 30 abgezählt, so erhält man den Punkt Station $20 + 3^\circ$, bis wohin der Auftrag aus dem Abtrage gedeckt wird. Die Schüttung zwischen Station $15 + 2^\circ$ bis Station $20 + 3^\circ$ bleibt daher offen, und es wird das Material dazu entweder durch Seitenentnahme oder aus weiter zurückliegenden Einschnitten gewonnen.

Die mittleren Transportentfernungen werden hier gefunden, wenn jede Dispositionsmasse in zwei gleiche Theile getheilt und dafür durch Addition der Einzelbeträge der Stationen die zu treffenden Punkte ermittelt werden. Die Hälfte der Masse des Einschnitts zwischen Station 0 und 6 beträgt 690 Schachtruthen; werden die Beträge der einzelnen Stationen $180 + 240 + 250$ addirt, so erhält man 670, es müssen daher noch 20 Schachtruthen aus der nächsten Station hinzugerechnet werden, was

auf die Länge reducirt $\frac{20}{260} \cdot 10 = 1$ Ruthe giebt; der Schwerpunkt

liegt daher bei Station $3 + 1^\circ$. Für den zugehörigen Auftrag geben die Beträge zwischen den Stationen 6 und 11 zusammengenommen 650 Schachtruthen; es müssen daher noch

40 Schachtruthen aus der Station 11 bis 12 genommen werden, oder auf die Länge

reducirt $\frac{400}{160} = 2$ Ruthen; der Schwerpunkt liegt daher in

Station $11 + 2^\circ$. Die Entfernung zweier Schwerpunkte beträgt daher $112 - 31 = 81$ Ruthen; und dies ist die gesuchte mittlere Transportweite.



Ebenso findet sich der Schwerpunkt für den Einschnitt zwischen Station 30 und 36 bei Station $33 + 2^{\circ}$, der für den zugehörigen Auftrag bei Station $24 + 6^{\circ}$; die Transportentfernung ist daher $332 - 246 = 86$ Ruthen.

In ganz gleicher Weise wird verfahren, wenn die Einschnittsmasse gröfser ist als die des Auftrags; dann wird der Ueberschuß aber in den Aussatz disponirt.

Erst wenn in solcher Art generell vorgearbeitet ist, die Massenvertheilungen und Transportweiten sich übersehen lassen, kann zur speciellen Feststellung übergegangen werden, wobei dann die lokalen Verhältnisse ihre Berücksichtigung finden müssen. Hierbei ist zu prüfen, ob längere Transporte nicht vortheilhaft durch Vermehrung der Seitenentnahme oder des Seitenaussatzes zur Kosten- oder zur Zeitersparung vermieden werden können, inwiefern Steigungen in den Transporten zu umgehen sind, welche Partien der Einschnittsmasse, als zur Anschüttung nicht geeignet, vorzugsweise in den Aussatz disponirt werden müssen u. s. w. Es werden aber, wenn die Dispositionen in der vortheilhaftesten Art getroffen werden sollen, mancherlei vergleichende Proberechnungen und Veranschlagungen erforderlich, und es wird immer zum Nutzen der Anlage und zum großen Vortheil des Baufonds gereichen, wenn diese Arbeiten recht sorgfältig ausgeführt und alle Einfluß habenden Umstände dabei reiflich erwogen werden.

Von besonderer Wichtigkeit ist bei Aufstellung der Dispositionen die Ermittlung der Stellen und ihrer besonderen Eigenschaften, von welchen fehlender Boden entnommen oder auf welchen überflüssiger abgelagert werden kann. Da es besonders diese Eigenschaften sind, welche auf die richtige Massenvertheilung einen sehr wesentlichen Einfluß ausüben, so werden die folgenden Betrachtungen dazu dienen, die Erkennung und Benutzung derselben zu lehren.

17. Seitenentnahmen

werden, wie so eben erwähnt, da erforderlich, wo entweder die Einschnitte kein genügendes oder taugliches Material zu den Anschüttungen liefern, oder wenn die Transportentfernungen so groß werden, daß die Verwendung von Material aus Seitenentnahme sich als vortheilhaft herausstellt. Vor allen Dingen ist aber nöthig zu ermitteln, ob auch genügendes und geeignetes Material in der Nähe der Anschüttungen, welche daraus gebildet werden sollen, vorhanden ist. Die Umstände, durch welche Seitenentnahmen im Allgemeinen bedingt werden, sind denselben nicht besonders günstig, da der Mangel an Material aus den Einschnitten schon darauf schließen läßt, daß Niederungen in der Terrainbildung vorherrschen, und solche sind in mehrfacher Beziehung wenig zur Anlage von Seitenentnahmen geeignet. Theils ist der Boden locker und feucht — in geringen Tiefen wird schon der Grundwasserstand erreicht — und durch die steilen Höhenförderungen wird ein Theil der Transportabkürzung wieder aufgegeben. Gewöhnlich haben auch die Grundstücke in den Niederungen, als Gärten, Wiesen und Weiden, einen gröfseren Werth, als in höheren Lagen, und die zu vergrabenden Flächen werden um so gröfser, als sie wegen des Grundwassers weniger tief ausgeschachtet werden können.

Gewöhnlich reichen die vor der Feststellung des Specialprojectes ausgeführten Aufnahmen und Bodenuntersuchungen nicht aus, die besonderen Verhältnisse der Seitenentnahmen daraus kennen zu lernen, weshalb es nur dringend empfohlen werden kann, die betreffenden Untersuchungen ganz speciell auszuführen, nachdem die generelle Massenvertheilung vorgenommen und aus derselben die Lage der Stellen näher bekannt ist, wo Materialengewinnungen sich als nöthig oder nützlich ergeben haben.