

III 28 15

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000302708

~~Lehr. Carl Ritterbach. Plate~~
~~Bildung. 14.~~

~~III 15~~



~~II A 119~~

~~III 87~~

Das

Massen-Nivelllement.

Mit Tabelle und Zeichnungen auf Blatt 591.

Von

Launhardt,

Professor am Königlichen Polytechnikum zu Hannover.



Extra-Abdruck aus der Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover, Band XX., Heft 2.

F. Nr. 22 395



Hannover.

Schmorl & von Seefeld.

1874.

x
2626



III 34031

§. 1. Einleitung.

Unter „Massen-Nivellement“ versteht man bekanntlich ein graphisches Verfahren, durch welches die zweckmäßigste Vertheilung der Erdmassen für die Herstellung des Planums der Straßen oder Eisenbahnen ermittelt wird. Diese Methode, welche in den Grundzügen zuerst von dem bayerischen Ingenieur Bruckner aufgestellt sein soll, wurde später durch Professor Culmann in Zürich¹⁾ und Professor Bauernfeind in München²⁾ weiter ausgebildet. In neuerer Zeit sind über diesen Gegenstand besonders zwei bemerkenswerthe Arbeiten erschienen; die eine von Franz Eickemeyer³⁾, Ingenieur und Docent am Königlichen Polytechnikum zu München, die andere vom Professor Winkler in Wien⁴⁾.

Die richtige Bestimmung der Massenvertheilung setzt unter allen Umständen die Kenntniß der Kosten voraus, welche der Transport der Kubikeinheit auf irgend eine Weite erfordert. Die Transportkosten, welche einschließlic der Kosten für Unterhaltung und Werthverminderung der Transportgeräthe und der Transportbahn, aber ausschließlich der Kosten für Gewinnung des Bodens in Betracht zu ziehen sind, lassen sich bekanntlich durch die Formel:

$$k = \alpha + \beta x$$

darstellen, worin α und β Coefficienten sind, welche von der Art des Transportmittels abhängig sind. Im Allgemeinen geht man mit wachsender Transportweite zunächst vom Schufarrentransport zum Transport mit Handkippkarren, dann zu Pferdewippkarren und endlich zum Transport auf Arbeits-Eisenbahnen mit Pferden oder Lokomotiven über.

Aus dem Plane des Massen-Nivellements ist unmittelbar nur die Transportweite x zu entnehmen, während man zur Bestimmung der zweckmäßigsten Massenvertheilung die Transportkosten k braucht. Winkler bestimmt nun die Transportkosten durch Multiplikation der aus dem Plane entnommenen Transportweite x mit demjenigen Coefficienten β , welcher der zu wählenden Transportweise entspricht, wogegen Eickemeyer die Transportkosten nach der Formel:

$$k = n + m \sqrt{x}$$

ermittelt, worin n und m Coefficienten sind, welche für alle Arten der Transportmittel zutreffend sein sollen, so daß die Kosten für jeden einzelnen Fall ohne vorhergehende Entscheidung über die zu wählende Transportweise durch Wurzelziehung aus der Transportweite bestimmt werden.

1) Culmann, Graphische Statik.

2) Bauernfeind, über die graphische Bestimmung der Erdbaugleichungen und Transportweiten. München, 1856.

3) Eickemeyer, das Massen-Nivellement und dessen praktischer Gebrauch. Leipzig, Verlag von V. G. Teubner, 1870.

4) Winkler, Vorträge über Eisenbahnbau. Fünftes Heft: Unterbau. Kapitel VII. Verlag von S. Dominicus. Prag, 1873 und 1874.

Beide Verfahrensarten machen es erforderlich, zunächst im Massenplane die Transportweiten zu messen und die gefundenen Werthe dann einer Rechnungsoperation, sei es der Multiplikation mit einem Coefficienten oder der Wurzelziehung, zu unterwerfen. Durch die im Folgenden gegebene Behandlungsweise des Massen-Nivellements sollen die genannten Rechnungsoperationen ganz unnöthig gemacht werden, indem, statt in dem Massenplane die Transportweiten zu messen, ohne Weiteres mittelst eines entsprechend getheilten Maßstabes die Transportkosten gemessen werden. Bei diesem Verfahren wird auch zugleich, und zwar ebenfalls durch unmittelbare Ableseung, der Einfluß berücksichtigt werden, welchen die Ansteigung oder das Gefälle der Transportbahn auf die Transportkosten äußert.

Doch die nachfolgende Ausarbeitung hat nicht allein den Zweck, diese Vereinfachung des Verfahrens mitzutheilen, sondern soll auch zeigen, in welcher Weise bei einem complicirten Massenplane mit zutreffender Schärfe alle Stellen aufzufinden sind, wo der Längentransport (die Boden-Ausgleichung) durch Quertransport (Seiten-Entnahme oder Seitenablageung) zu ersetzen ist. In dieser Beziehung fehlt es der Eickemeyer'schen Arbeit an Klarheit und selbst Winkler's vorzügliche Behandlung des Gegenstandes ist nicht vollständig genug, um für alle vorkommenden Fälle Aufschluß und Anleitung bieten zu können.

§. 2. Ermittlung der Transportkosten.

Wie bereits erwähnt, sind die Transportkosten ausschließlich der Kosten für Gewinnung des Bodens, aber einschließlic der Kosten für Unterhaltung und Werthverminderung der Transportgeräthe und der Transportbahn, sowie unter Hinzufügung der Kosten für das Ein- und Ausladen des Bodens und für Leitung und Beaufsichtigung der Arbeiten in Rechnung zu ziehen.

Diese Gesamtkosten des Transports, welche für die Transportweite x in Metern und für den kb^m Boden durch die Formel:

$$k = \alpha + \beta x$$

angegeben werden, lassen sich nun freilich für alle Fälle im Voraus nicht vollständig zutreffend bestimmen, da mancherlei Zufälligkeiten, örtliche Verhältnisse, das Wetter, das Verhältniß von Angebot und Nachfrage der Arbeitskräfte u. s. w. von Einfluß auf die Höhe der Transportkosten sind. Aber es kommt beim Massen-Nivellement auch nicht darauf an, daß die Transportkosten ihrem absoluten Werthe nach genau bekannt sind, sondern nur auf eine Kenntniß des Gesetzes, nach welchem die Kosten mit wachsender Transportweite zunehmen.

Tabellen über Transportkosten finden sich unter Anderem in:

Henz, Praktische Anleitung zum Erdbau. Dritte Auflage, bearbeitet von Streckert. Berlin 1873, S. 91.

Funk, Mittheilungen über den Bau der Venlo-Hamburger Eisenbahn. Osnabrück 1873, S. 93.

Kalender für Eisenbahn-Techniker 1874, S. 93.

Oberbeck, Preistabellen für Erdtransporte. Deutsche Bauzeitung 1871, S. 19. (Von den beiden, dem Maximum und Minimum der Kosten entsprechenden Tabellen, welche Oberbeck gibt, ist im Folgenden der Durchschnitt gegeben.)

Diese vier Tabellen sind hierunter zusammengestellt, und in der letzten Vertikalspalte ist ein aus denselben ermittelter Durchschnittswert angegeben.

| Transport- Weite. Meter. | Transportpreis für einen Kubikmeter gewachsenen Boden in Groschen. | | | | |
|--------------------------------|---|--------------|--------------|------------------------------------|--------------------|
| | Nach Oberbeck | Nach Henz | Nach Funk | Nach dem Eisenbahn- Kalender | Im Durchschnitt |
| 20 | 2,27 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,32 |
| 30 | 2,40 | 1,10 | 1,20 | 1,20 | 1,48 |
| 40 | 2,53 | 1,20 | 1,30 | 1,40 | 1,60 |
| 60 | 2,78 | 1,40 | 1,50 | 1,60 | 1,81 |
| 80 | 3,02 | 1,70 | 1,70 | 1,80 | 2,02 |
| 100 | 3,25 | 1,90 | 1,90 | 2,00 | 2,23 |
| 120 | 3,42 | 2,10 | 2,10 | 2,20 | 2,44 |
| 140 | 3,59 | 2,40 | 2,30 | 2,40 | 2,64 |
| 160 | 3,77 | 2,60 | 2,50 | 2,60 | 2,84 |
| 180 | 3,95 | 2,80 | 2,70 | 2,80 | 3,04 |
| 200 | 4,12 | 3,00 | 2,85 | 3,06 | 3,24 |
| 220 | 4,26 | 3,12 | 3,00 | 3,16 | 3,39 |
| 240 | 4,41 | 3,24 | 3,15 | 3,32 | 3,53 |
| 260 | 4,55 | 3,36 | 3,30 | 3,48 | 3,68 |
| 280 | 4,60 | 3,48 | 3,45 | 3,64 | 3,82 |
| 300 | 4,84 | 3,60 | 3,60 | 3,80 | 3,96 |
| 320 | 4,97 | 3,70 | 3,75 | 3,92 | 4,09 |
| 340 | 5,09 | 3,80 | 3,90 | 4,04 | 4,22 |
| 360 | 5,22 | 3,90 | 4,05 | 4,16 | 4,34 |
| 380 | 5,34 | 4,00 | 4,20 | 4,28 | 4,46 |
| 400 | 5,46 | 4,10 | 4,35 | 4,40 | 4,58 |
| 420 | 5,62 | 4,18 | 4,50 | 4,52 | 4,70 |
| 440 | 5,78 | 4,26 | 4,65 | 4,64 | 4,82 |
| 460 | 5,94 | 4,34 | 4,80 | 4,76 | 4,94 |
| 480 | 6,10 | 4,42 | 4,90 | 4,88 | 5,06 |
| 500 | 6,25 | 4,50 | 5,00 | 5,00 | 5,18 |
| 550 | 6,48 | 4,70 | 5,20 | 5,20 | 5,38 |
| 600 | 6,71 | 4,90 | 5,40 | 5,40 | 5,58 |
| 650 | 6,94 | 5,10 | 5,52 | 5,60 | 5,78 |
| 700 | 7,17 | 5,30 | 5,65 | 5,80 | 5,84 |
| 750 | 7,40 | 5,45 | 5,78 | 6,00 | 5,95 |
| 800 | 7,63 | 5,60 | 5,90 | 6,20 | 6,06 |
| 850 | 7,86 | 5,73 | 6,02 | 6,40 | 6,17 |

| Trans- port- Weite. Meter | Transportpreis für einen Kubikmeter gewachsenen Boden in Groschen. | | | | |
|------------------------------------|---|--------------|--------------|------------------------------------|--------------------|
| | Nach Oberbeck | Nach Henz | Nach Funk | Nach dem Eisenbahn- Kalender | Im Durchschnitt |
| 900 | 8,09 | 5,85 | 6,15 | 6,60 | 6,28 |
| 950 | 8,32 | 5,98 | 6,27 | 6,80 | 6,39 |
| 1000 | — | 6,19 | 6,40 | 7,00 | 6,50 |
| 1050 | — | 6,18 | 6,50 | 7,15 | 6,61 |
| 1100 | — | 6,26 | 6,60 | 7,30 | 6,72 |
| 1150 | — | 6,33 | 6,70 | 7,45 | 6,83 |
| 1200 | — | 6,40 | 6,80 | 7,60 | 6,94 |
| 1250 | — | 6,48 | 6,90 | 7,75 | 7,05 |
| 1300 | — | 6,55 | 7,00 | 7,90 | 7,16 |
| 1350 | — | 6,63 | 7,10 | 8,05 | 7,27 |
| 1400 | — | 6,70 | 7,20 | 8,20 | 7,38 |
| 1450 | — | 6,78 | 7,30 | 8,35 | 7,49 |
| 1500 | — | 6,85 | 7,40 | 8,50 | 7,60 |
| 1550 | — | 6,93 | 7,50 | 8,65 | 7,71 |
| 1600 | — | 7,00 | 7,60 | 8,80 | 7,82 |
| 1650 | — | 7,08 | 7,70 | 8,95 | 7,93 |
| 1700 | — | 7,15 | 7,80 | 9,10 | 8,03 |
| 1750 | — | 7,23 | 7,90 | 9,25 | 8,13 |
| 1800 | — | 7,30 | 8,00 | 9,40 | 8,23 |
| 1850 | — | 7,38 | 8,08 | 9,55 | 8,33 |
| 1900 | — | 7,45 | 8,15 | 9,70 | 8,43 |
| 1950 | — | 7,53 | 8,23 | 9,85 | 8,53 |
| 2000 | — | 7,60 | 8,30 | 10,00 | 8,63 |
| 2100 | — | 7,71 | 8,42 | 10,20 | 8,78 |
| 2200 | — | 7,82 | 8,54 | 10,40 | 8,93 |
| 2300 | — | 7,93 | 8,66 | 10,60 | 9,08 |
| 2400 | — | 8,04 | 8,78 | 10,80 | 9,23 |
| 2500 | — | 8,15 | 8,90 | 11,00 | 9,37 |
| 2600 | — | 8,26 | 9,02 | 11,20 | 9,51 |
| 2700 | — | 8,37 | 9,14 | 11,40 | 9,65 |
| 2800 | — | 8,48 | 9,26 | 11,60 | 9,79 |
| 2900 | — | 8,59 | 9,38 | 11,80 | 9,93 |
| 3000 | — | 8,70 | 9,50 | 12,00 | 10,07 |
| 4000 | — | 9,80 | 10,70 | 13,00 | 11,17 |
| 5000 | — | 10,80 | 11,30 | 14,00 | 12,03 |

Im Einklange mit der letzten Vertikalspalte der vorstehenden Tabelle ergibt sich in Silbergrofschen für den Schubfarrentransport:

$$k = 1,24 + 0,01 x$$

für den Transport mit Handkippkarren:

$$k = 1,84 + 0,007 x$$

für den Transport mit Pferdekippkarren:

$$k = 2,58 + 0,005 x$$

für den Transport auf Arbeitsbahnen:

$$k = 4,3 + 0,0022 x$$

Diese Formeln, sowie die Werthe der Tabelle, gelten für den Transport auf horizontaler Bahn. Für den Transport auf ansteigender Bahn pflegt man gewöhnlich der Transportweite das 20- bis 30-fache der zu ersteigenden Höhe zuzufügen und die Kosten auf fallender Bahn denen auf horizontaler Bahn gleichzusetzen. Daß diese Berechnungsweise nicht richtig ist, wird ohne Weiteres klar sein.

Winkler entwickelt in seinem früher erwähnten Werke (Vorträge über Eisenbahnbau. Heft 5. Unterbau. Kapitel VI) die folgenden Formeln für den Transport auf geneigter Bahn, worin s das Ansteigungsverhältniß oder (dann mit negativem Vorzeichen) das Gefällverhältniß der Transportbahn, x die horizontale Transportweite und x_0 die für den Transport auf geneigter Bahn in Rechnung zu stellende reducirte (gleichwerthig horizontale) Transportweite bezeichnet.

Für Schubkarren:

$$x_0 = (1 + 10s + 470s^2)x$$

Für Handkippkarren:

$$x_0 = (1 + 20s + 350s^2)x$$

Für Pferdekippkarren:

$$x_0 = (1 + 25s + 520s^2)x$$

Für Pferdekarren auf Interims-Eisenbahnen¹⁾:

$$x_0 = (1 + 93s + 6900s^2)x$$

Unter Berücksichtigung dieser Formeln ergeben sich allgemein die Transportkosten:

Für Schubkarren:

$$k = 1,24 + (0,01 + 0,1s + 4,7s^2)x$$

Für Handkippkarren:

$$k = 1,84 + (0,007 + 0,14s + 2,45s^2)x$$

Für Pferdekippkarren:

$$k = 2,58 + 0,005 + 0,125s + 2,6s^2)x$$

Für Transport auf Arbeits-Eisenbahnen:

$$k = 4,3 + (0,0022 + 0,2046s + 15,18s^2)x$$

Nach diesen Formeln ist die Transportkosten-Regel berechnet, welche sich auf Blatt 591 befindet. In jener Tabelle ist der Transportpreis stets für dasjenige Transportmittel eingetragen, welches für die betreffende Transportweite und die Gefällverhältnisse der Transportbahn sich als das vortheilhafteste herausstellt. In den Ausnahmefällen, in welchen man voraussichtlich von diesem an sich vortheilhaftesten Betriebsmittel wird keinen Gebrauch machen können, etwa weil die zu transportirende Bodenmasse nicht erheblich genug ist, wird man statt der in der Transportkosten-Regel enthaltenen Werthe diejenigen Kosten in Ansatz bringen müssen, welche sich nach den oben stehenden Formeln für das wirklich zur Verwendung kommende Transportmittel ergeben.

Als Längen-Maßstab für die Transportkosten-Regel ist das Verhältniß 1:5000 gewählt. Ist das Massenprofil nach

¹⁾ Die für den Transport auf geneigten Interimsbahnen gegebene Formel gilt nur zwischen den Grenzen $s = +0,01$ und $s = -0,01$.

diesem Maßstabe aufgetragen, so erhält man also durch Anlegen der Regel, unter Berücksichtigung des Längenprofils, ohne Weiteres die Transportkosten für jede beliebige eingezeichnete Transportweite.

Für den Transport von Fels-Material sind die Ziffern der Transport-Regel um 20 Procent zu erhöhen.

Die Bodentransporte bei der Seitenentnahme oder der Seitenablagerung erfolgen fast ausnahmslos durch Schubkarren. Die Transportweite bestimmt sich dabei meistens durch die Rücksicht, für den bergan zu beschaffenden Transport die zweckmäßigste Neigung zu erhalten. Die reducirte Länge

$$x_0 = (1 + As + Bs^2)x$$

oder, da $s = \frac{h}{x}$

$$x_0 = x + Ah + \frac{Bh^2}{x}$$

wird ein Minimum für:

$$s_0 = \frac{h}{x} = \sqrt{\frac{1}{B}}$$

und zwar zu:

$$x_1 = (A + 2\sqrt{B})h$$

Da für Schubkarren $A = 10$ und $B = 470$ ist, so ergibt sich also:

$$s_0 = \frac{1}{21,5}$$

und

$$x_1 = 53h$$

Für h ist der Schwerpunktsabstand des Ausschachtungsprofils und des Dammprofils oder beziehungsweise des Einschnittprofils und des Profils der Ablagerung in Rechnung zu stellen.

Ist H die Dammhöhe oder die Einschnittstiefe, so kann man für Ueberschlagsrechnungen etwa setzen:

$$x_1 = 30H.$$

Für sehr niedrige Dämme, in welche ohne eine Entwicklung der Transportbahn gefahrt werden kann, gilt diese Betrachtung freilich nicht. Ueberhaupt ist die Transportweite $x_1 = 30H$ nur ein überschläglicher Mittelwerth, statt dessen man in wichtigeren Fällen einen genaueren Werth ermitteln muß.

§. 3. Darstellung des Massen-Profils.

Die freilich wohl hinlänglich bekannte Darstellungsweise des Massenprofils ist der Vollständigkeit wegen hier zunächst kurz anzuführen. Dieselbe stützt sich auf eine genaue Berechnung der von Querprofil zu Querprofil, das heißt in einer Station, abzutragenden oder aufzutragenden Bodenmassen, welche in Kb^m als gegeben vorausgesetzt werden. Zieht man die innerhalb der Station zur Bildung des Auftrags zu verwendende Bodenmasse von der Abtragsmenge ab, so erhält man entweder eine Bodenmasse, welche übrig, also für andere Stationen verfügbar ist und deren Menge mit dem Vorzeichen

+ bezeichnet wird, oder es fehlt an Boden, welcher also aus anderen Stationen zu beziehen ist und mit dem Vorzeichen — versehen wird. Bildet man nun nach einander von Station zu Station fortschreitend die algebraische Summe der nicht innerhalb der einzelnen Stationen zum Ausgleich kommenden Bodenmassen, so erhält man für jede einzelne Station eine Ziffer, welche je nach dem Vorzeichen angibt, welche Bodenmasse vom Anfangspunkte der Strecke an übrig ist oder fehlt. Diese Zahlen heißen, ähnlich wie die Höhenkoten des Längen=Nivellements, die Massen=koten des Massen=Nivellements. Trägt man die Massenkoten als Ordinaten an eine Horizontale, auf welcher die Längen der Stationen als Abszissen bezeichnet sind und verbindet die Endpunkte der Ordinaten durch eine zusammenhängende Linie, so erhält man einen, in der Regel wechselnd auf- und niedersteigenden Linienzug, welcher analog dem Längenprofil das Massenprofil genannt wird. Zweckmäßig wird das Massenprofil, der guten Uebersicht wegen, unter dem Längenprofil aufgetragen, wobei die mit positivem Vorzeichen versehenen verfügbaren Bodenmassen als von der Horizontalen nach unten gerichtete Ordinaten aufgetragen werden. Um zu verhindern, daß das Massenprofil nach oben über die Horizontale hinaus-schneidet, verlegt man den Nullpunkt der Ordinaten um ein genügendes Maß nach unten, das heißt, man zählt allen Massenkoten eine konstante genügend große positive Zahl hinzu, so daß alle positive Werthe annehmen. Als Maßstab für die Massenkoten empfiehlt sich, 200 kb^m bis $500 \text{ kb}^m = 1 \text{ mm}$ zu setzen.

Da auf Grund des Massenprofils die Bodenvertheilung vorgenommen werden soll, so sind solche Massen, welche nicht mit zur Vertheilung gelangen sollen, vor Berechnung der Massenkoten in Absatz zu bringen.

1. Bodenmassen, welche sich nicht zur Verwendung eignen, wie z. B. beweglicher Lehmboden.
2. Bodenmassen, welche nicht zum Erdbau verwendet werden sollen, z. B. Bruchsteine, welche für Mauerwerk gebraucht oder zur Bettung zerschlagen werden sollen, ferner Mauer-sand, Bettungs-kies u. s. w.
3. Bodenmassen, welche zur Beschleunigung der Bau-Ausführung nicht der Länge nach zu transportiren, sondern auf kürzestem Wege seitlich abzulagern oder von der Seite zu entnehmen sind.

Nachdem diese Korrektur des Massenprofils vorgenommen ist, muß noch die muthmaßliche Auflockerung des Bodens in Rücksicht gezogen werden, indem die Abtragsmassen mit dem muthmaßlichen Procentsatze der Auflockerung multiplicirt werden.

Aus dem nun erhaltenen Massenprofile ergibt sich ohne Weiteres Folgendes:

1. Eine fallende Strecke des Massenprofils bezeichnet überflüssigen Boden, also einen Einschnitt, sie werde „Bezugslinie“ genannt.

2. Eine steigende Strecke bezeichnet fehlenden Boden, also eine Dammschüttung; sie heiße: Verbrauchslinie.

3. Eine horizontale Strecke des Massenprofils zeigt an, daß weder Boden fehlt noch übrig ist.

4. Die Beugungspunkte (Uebergangspunkte vom Fallen zum Steigen oder umgekehrt) des Massenprofils bezeichnen den Uebergang zwischen Damm und Einschnitt des Längenprofils.

5. Der vertikale Abstand zweier Punkte des Massenprofils gibt an, wie viel Boden auf der zwischenliegenden Strecke fehlt oder übrig ist.

6. Die Tangente des Neigungswinkels der Massenprofilinie bildet ein Maß für die auf die Längeneinheit der Strecke fehlende oder überflüssige Bodenmasse.

7. Zwischen irgend welchen zwei Punkten des Massenprofils, welche von einer horizontalen Linie geschnitten werden, ist eine vollständige Bodenausgleichung möglich.

§. 4. Die Transportsektion.

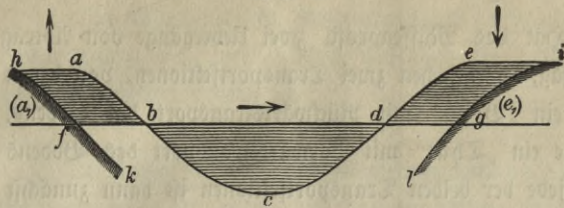
Eine Horizontale, welche als Schnittlinie durch das Massenprofil gelegt wird, und nach welcher die Ausgleichung zwischen Auf- und Abtrag vorgenommen werden soll, heiße eine „Massengleiche“. Die Strecke, welche zwischen zwei benachbarten Schnittpunkten der Massengleiche mit der Massenprofilinie liegt, heiße eine „Transportsektion“.

Liegt die Massenprofilinie oberhalb der Massengleiche, so muß zur Ausgleichung von Ab- und Auftrag der Boden rückwärts transportirt werden. Eine solche Sektion wird nach dem eingeführten Gebrauche als „Bergsektion“ oder kurz als „Berg“ bezeichnet. Liegt umgekehrt die Massenprofilinie unterhalb der Massengleiche, so muß zur Ausgleichung der Boden vorwärts transportirt werden und die Transportsektion wird als „Thal-sektion“ oder „Thal“ bezeichnet.

Nimmt man zunächst an, daß das ganze Massenprofil nur aus einer aufsteigenden und einer fallenden Linie besteht, und denkt man sich durch dieses einfache Massenprofil eine Horizontale gelegt, welche maßgebend für die Bodenausgleichung sein soll, so hat man nur eine einzige Transportsektion.

Nach der in Fig. 1 gezeichneten Lage der Massengleiche $f b d g$ wird der Abtrag der Strecke $b c$ vorwärts zur Bildung des Auftrags der Strecke $c d$ transportirt, der Abtrag der Strecke $a b$ seitlich abgelagert und der Auftrag der Strecke $d e$ durch Seitenentnahme beschafft.

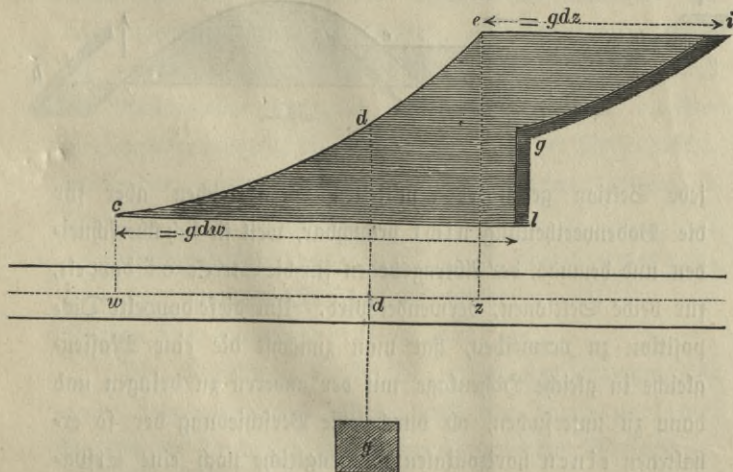
Fig. 1.



Die Transportweite, welche bei der Seitenablagerung von jedem Punkte des Massenprofils aus zurückzulegen ist, werde horizontal seitwärts von der Bezugslinie a b c aufgetragen und dadurch die Ablagerungslinie h f k eingetragen. In gleicher Weise werde für jeden Punkt der Bezugslinie c d e die Transportweite bestimmt, welche bei der Heraus- schaffung des Bodens aus einer Seitenentnahme zurückzulegen ist, horizontal seitwärts aufgetragen und in solcher Weise die Entnahmelinie i g l eingezeichnet. Wird der Boden aus einem parallel neben dem Damme liegenden Seitengraben entnommen, so ist die Transportweite für jeden Punkt der Bezugslinie die gleiche und die Entnahmelinie i g l wird äquidistant zur Verbrauchslinie e d c liegen.

Wird aber der Boden aus einer seitlich der Bahn lie- genden besonderen Püttgrube g (siehe den Grundriß unter Fig. 2) entnommen, so sind für die Punkte w und z des Dammes beziehungsweise die Wege g d w und g d z zurück zulegen, und die Entnahmelinie i g l nimmt zur Verbrauchs- linie e d c die in Fig. 2 gezeichnete Lage an.

Fig. 2.



Die Transportweiten für die Quertransporte werden als „reducirte“ eingetragen, so daß beim Anlegen der Transport- kostenregel zur Ermittlung der Transportkosten der Quer- transporte stets die Werthe der ersten Reihe, welche sich auf horizontale Bahn beziehen, benutzt werden.

Es bleibt nun noch zu berücksichtigen, daß für die Seiten- ablagerung eine Grundfläche erworben werden muß, deren Ankaufspreis, auf den kb^m des abzulagernden Bodens redu- cirt, zu ermitteln ist. In der Regel wird man die beschüttete

Fläche wieder veräußern, so daß dann nur die muthmaßliche Differenz zwischen dem Ankaufs- und Verkaufspreise in Rech- nung zu ziehen ist. Diese Kosten werden sich je nach den örtlichen Verhältnissen sehr verschieden gestalten, können aber im Durchschnitt zu 1 bis 3 Gr. für den kb^m angenommen werden, worin die Kosten für die regelrechte Planirung des abgelagerten Bodens als einbegriffen betrachtet werden. Den ermittelten Preis (a_1) schreibt man, wie in Fig. 1 geschehen, neben die Ablagerungslinie.

Für die Seitenentnahme sind in ähnlicher Weise die Ko- sten zu ermitteln, welche der Grunderwerb für den kb^m Bo- den erfordert. Bei der Seitenentnahme sind dann außerdem noch die Kosten für die Gewinnung des Bodens hinzuzufügen, welche man durchschnittlich zu 2 Gr. annehmen kann, da man ein bequem zu lösendes Material zu erhalten suchen wird. Es kostet beispielsweise die Gewinnung eines kb^m :

| | |
|---------------------|---------|
| Lofer Sand | 1,7 Gr. |
| Ackererde | 2,0 „ |
| Leichter Lehmboden | 2,1 „ |
| Sandiger Kies | 2,3 „ |
| Grandiger Lehmboden | 2,6 „ |
| Leichter Lehmboden | 2,6 „ |

Die Kosten für den Grunderwerb, nach Abzug des für den Wiederverkauf der ausgeschachteten Fläche eingehenden Betrages, unter Hinzufügung der Kosten für Gewinnung des Bodens werden, auf den kb^m berechnet, mit e_1 bezeichnet und neben die Entnahmelinie geschrieben.

Nachdem das Massenprofil in solcher Weise vervollstän- digt ist, kann die zweckmäßigste Bodenvertheilung leicht be- stimmt werden. Man ziehe die willkürlich angenommene Massengleiche f b d g (Fig. 1) und untersuche, ob durch Höherrückung dieser Linie um das Maß eines Kubikmeters sich eine Ersparung E ergibt. Es werden zunächst die Kosten k_1 für die Seitenablagerung eines kb^m erspart, welche sich zusammensetzen aus den Transportkosten (fb) auf die Länge f b, die in einfacher Weise mittelst Anlegens der Transport- kostenregel ermittelt werden, und den Kosten für Grunderwerb a_1 , welche neben der Ablagerungslinie eingeschrieben sind, also:

$$k_1 = (fb) + a_1$$

Man spart ferner die Kosten für die Seitenentnahme eines kb^m Bodens. Diese ergeben sich durch Ermittlung der Transportkosten (dg) auf die Entfernung d g mittelst der Transportkostenregel unter Hinzufügung der neben der Ent- nahmelinie eingeschriebenen Kosten e_1 für Grunderwerb und Gewinnung zu:

$$k_{11} = (dg) + e_1$$

Dagegen hat man einen kb^m Boden mehr auf die Ent- fernung b d zu transportiren, wofür die Kosten (bd) durch Anlegen der Transportkostenregel sich ergeben zu:

$$k_{111} = (bd)$$

Durch das Hinaufrücken der Massengleiche um das Maß eines kb^m werden also erspart:

$$E = (fb) + a_1 + (dg) + e_1 - (bd).$$

Ist die gefundene Ersparung positiv, so muß man mit dem Aufwärtsrücken fortfahren und zwar so lange, bis ein ferneres Aufwärtsrücken der Massengleiche den Werth $E = 0$ ergibt, d. h. also zu einer weiteren Ersparung nicht mehr führen würde. Hätte aber bei der ersten Aufwärtsrückung sich die gesuchte Ersparung E negativ erwiesen, so müßte man die Massengleiche abwärts rücken, um eine positive Ersparung zu erreichen und müßte dieses wieder so lange fortsetzen, bis sich $E = 0$ ergibt, also weitere Ersparung nicht mehr möglich ist. Für die günstigste Lage der Massengleiche ergibt sich also als Bedingung $E = 0$, das ist

$$(fb) + a_1 + (dg) + e_1 = (bd).$$

Es ist dies ein Resultat, welches auch ohne Weiteres durch einfache Ueberlegung sich ergibt; in Worten ausgedrückt, heißt nämlich die Gleichung: Man soll die Bodenausgleichung nur bis zu einer solchen Entfernung vornehmen, für welche die Transportkosten (bd) ebenso groß werden wie die Kosten, für welche die unmittelbare Seiten-Ablagerung des Abtrags $(fb) + a_1$ und die unmittelbare seitliche Entnahme des Auftrages $(dg) + e_1$ zu beschaffen sein würde.

Die in solcher Weise zu bestimmende zweckmäßigste Lage der Massengleiche wird aber nicht in allen Fällen zu erreichen sein. Wird nämlich bei der allmählichen Verschiebung der Massengleiche der Anfangspunkt oder Endpunkt der Massenprofilinie getroffen, ehe die zweckmäßigste Massengleiche erreicht ist, so erhält man eine Grenzlage, welche nicht überschritten werden kann, wie in Fig. 3 und 4 angegeben.

Fig. 3.

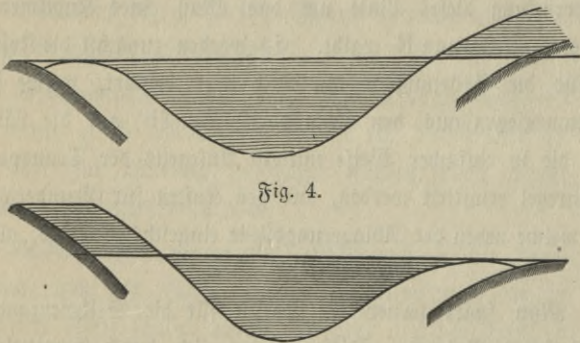


Fig. 4.

Durch diese „Grenzgleiche“ oder kurz durch diese „Grenze“, kommen alle Auf- und Abträge der Transportsektion, so weit überhaupt möglich, zum Ausgleich und der Rest muß entweder seitwärts entnommen (wie in Fig. 3) oder seitwärts abgelagert (wie in Fig. 4) werden.

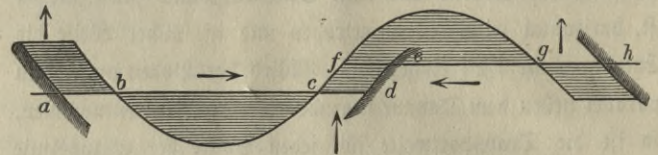
Es bedarf wohl kaum der Erwähnung, daß die Betrachtung genau dieselbe bleibt, wenn die Transportsektion, umgekehrt wie in den Figuren 1, 3 und 4 gezeichnet, mit einer Verbrauchslinie beginnt und mit einer Bezugslinie schließt.

§. 5. Zwei benachbarte Transportsektionen.

Hat das Massenprofil zwei Uebergänge von Abtrag zu Auftrag, so entstehen zwei Transportsektionen, von denen die eine ein „Berg“ mit Rückwärtstransport des Bodens, die andere ein „Thal“ mit Vorwärtstransport des Bodens ist. Für jede der beiden Transportsektionen ist dann zunächst gesondert die zweckmäßigste Lage oder die Grenzlage der Massengleiche zu bestimmen. Diese Massengleichen $a b c d$ und $e f g h$ sind in den Figuren 5 und 6 eingetragen.

Für die Lage der Grenzgleichen ergeben sich zwei verschiedene Fälle. In dem einen Falle, welcher durch Fig. 5 dargestellt wird, sind die Grenzen ohne Weiteres brauchbar

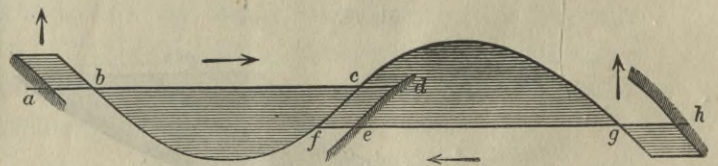
Fig. 5.



für die Bodenvertheilung; am Anfange und Ende des Massenprofils sowie auch in der Mitte zwischen beiden Längentransporten findet Quertransport statt; die gebrochene Linie $a b c f g h$ gibt die zweckmäßigste Bodenvertheilung an und erhält demzufolge den Namen „Massentrace“.

In dem durch Fig. 6 dargestellten Falle sind die für

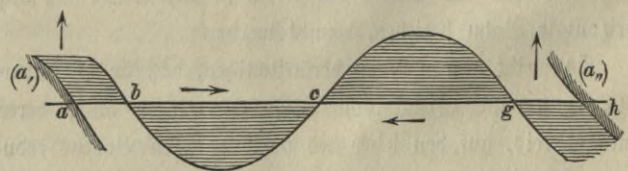
Fig. 6.



jede Sektion gesondert ermittelten Grenzgleichen aber für die Bodenvertheilung nicht brauchbar, weil sie sich überschneiden und demnach der Abtragsboden für die Strecke $c f$ doppelt, für beide Sektionen, verwendet wird. Um diese doppelte Disposition zu vermeiden, hat man zunächst die eine Massengleiche in gleiche Höhenlage mit der anderen zu bringen und dann zu untersuchen, ob durch eine Verschiebung der so erhaltenen einen horizontalen Massengleiche noch eine Ersparung erreicht werden kann.

Durch Abwärtsrückung der Massengleiche $a b c g h$ in Fig. 7 um das Maß eines kb^m würde man sparen:

Fig. 7.



1. Die Kosten für den Längentransport eines kb^m auf die Entfernung bc , welche durch Anlegung der Transportkostenregel ermittelt werden zu:

$$k_1 = (bc).$$

2. Die Kosten für die Seitenablagerung eines kb^m auf die Entfernung gh , für welche die Transportkosten durch Anlegung der Transportkostenregel zu (gh) ermittelt werden, denen die Kosten für Grunderwerb (a_{11}) hinzuzufügen sind, also:

$$k_{11} = (gh) + a_{11}.$$

Dagegen wachsen die Kosten:

3. Um die Transportkosten eines kb^m auf die Entfernung cg , welche durch Anlegung der Transportkostenregel ermittelt werden zu:

$$k_{111} = (cg).$$

4. Um die Kosten für Seitenablagerung eines kb^m auf die Entfernung ab , welche sich ergeben zu:

$$k_{1111} = (ab) + a_1.$$

Die Ersparung durch Abwärtsrückung der Massengleiche $abcgh$ um das Maß eines kb^m ist also:

$$E = k_1 + k_{11} - k_{111} - k_{1111}$$

oder

$$E = (bc) + (gh) + a_{11} - [(cg) + (ab) + a_1].$$

Die günstigste Lage der Massengleiche wird für $E = 0$ erreicht, also durch die Bedingung gefunden:

$$(bc) + (gh) + a_{11} = (cg) + (ab) + a_1.$$

Bezeichnet man nun alle Transporte, welche sich auf Teile der Massenprofilinie beziehen, die unterhalb der Massengleiche liegen, als „Thäler“; alle Transporte, welche sich auf Teile der Massenprofilinie beziehen, die oberhalb der Massengleiche liegen, als „Berge“, so läßt sich die Bedingungsgleichung für die zweckmäßigste Lage der Massengleiche, welche dann wieder den Namen „Massentrace“ erhält, in folgender Weise ausdrücken:

Die Massentrace muß so bestimmt werden, daß die Kosten für die Thalbreiten gleich den Kosten für die Bergbreiten werden.

Die Massentrace der Fig. 7, welche eine zusammenhängende horizontale Linie bildet, heißt eine kontinuierliche, dagegen die Trace der Fig. 5 eine gebrochene Massentrace.

Die Massenprofile der Figuren 5, 6 und 7 zeigen eine Verbrauchslinie zwischen zwei Bezugslinien, sie entsprechen also einer Dammschüttung, welche zwischen zwei Einschnitten liegt.

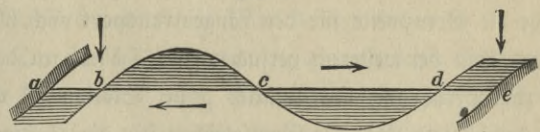
Die in Fig. 7 eingezeichnete Massengleiche $abcgh$ zeigt, wie in zweckmäßigster Weise der Bedarf für die Dammschüttung aus den beiden benachbarten Einschnitten zu decken ist; die Massengleiche erhält daher den Namen „Anfuhrlinie“.

In Fig. 5 ist der ausnahmsweise vorkommende Fall dargestellt, daß eine Dammschüttung zweckmäßig nicht ganz

aus den benachbarten Einschnitten gedeckt wird, sondern in ihrem mittleren Theile durch Seitenentnahme beschafft werden muß, weil für diesen die Transporte zu weit werden würden oder der verfügbare Einschnittsboden nicht ausreicht. In diesem Falle treten an Stelle der Anfuhrlinie die beiden Grenzgleichen bc und fg .

Schließen die beiden benachbarten Transportsektionen eine Bezugslinie ein, wie in Fig. 8, liegt also im Längenprofil ein Einschnitt zwischen zwei Dammschüttungen, so gibt die festgelegte Massengleiche $abcde$ an, in welcher Weise der Einschnittsboden in zweckmäßigster Weise zur Bildung der benachbarten Dammschüttungen zu verwenden ist. Die Massengleiche erhält in diesem Falle den Namen „Vertheilungslinie“.

Fig. 8.



§. 6. Allgemeine Bestimmung der Massentrace.

Nach den vorhergehenden Begriffsfeststellungen und Erörterungen kann nun die allgemeine Aufgabe gelöst werden, für eine längere Erdbau-Strecke, welche einen vielfachen Wechsel von Auftrag und Abtrag bietet, die zweckmäßigste Bodenverwendung zu finden.

Das Massenprofil zeigt eine Folge von Thälern und Bergen, also von Transportsektionen, in denen wechselnd vorwärts und rückwärts transportirt wird.

Zunächst sind für alle Sektionen des Massenprofils die Grenzgleichen zu bestimmen, welche in dem auf Blatt 592 gegebenen Massenprofile durch die punktierten Linien gg dargestellt sind. Meistens lassen sich die Grenzgleichen ohne Weiteres einzeichnen, indem man in jeder Sektion die äußerste Horizontale zieht, welche noch beide die Sektion einschließenden Massenprofilinien trifft. Nur in den Fällen, wo diese äußerste Horizontale an Länge diejenige Transportweite übertrifft, welche zweckmäßiger durch eine unmittelbare Seitenablagerung des Abtrags und unmittelbare Seitenentnahme des Auftrags ersetzt wird, bedarf es einer besonderen Unterjuchung nach Anleitung des §. 4.

Durch die Einzeichnung der Grenzgleichen wird die Anzahl der Transportsektionen bestimmt, denn die Anzahl der Transportsektionen ist nicht ohne Weiteres gleich der Anzahl der Biegungspunkte des Massenprofils, weil die Richtung, in welcher der Längentransport erfolgt, durch kürzere Wellenlinien des Massenprofils nicht geändert wird, sondern durch die Grenzgleichen die kürzeren Wellenlinien oft nicht getroffen werden, wie z. B. in Sektion IX und Sektion XII Blatt 592.

Bei der Feststellung der Grenzgleichen hat man von der extremsten Lage stets auszugehen, welche dieselben etwa annehmen können; beispielsweise hätte man von Station 8 bis Station 23 + 50^m eine probeweise Massengleiche ziehen müssen, durch welche die Sektionen IV, V, VI, VII und VIII in eine einzige würden zusammengezogen sein, wenn durch die Massengleiche die Grenzweite für den Längentransport nicht überschritten wäre. Da dies letztere aber der Fall war, so mußte man die Massengleiche verkürzen, das heißt höher rücken, wobei man allmählich bis zur Berührung des Punktes g bei Station 12 + 50^m gelangte, wodurch die Massengleiche in zwei Theile getrennt wurde, von denen der erste die Grenzgleiche für Sektion IV bildete, der zweite aber als versuchsweise Grenze der Sektionen VI, VII und VIII weiter behandelt werden mußte. Da nun auch diese letzte Massengleiche die Grenzweite für den Längentransport noch übertraf, so kam man bei weiterem versuchsweisen Höherlegen derselben bis zur Berührung des Punktes g bei Station 17 und erhielt durch diese Lage die Grenzgleichen für die Sektionen VI und VIII. In ähnlicher Weise mußte für die Sektionen I, II und III, ferner für die Sektionen X, XI und XII zunächst eine gemeinsame Grenzgleiche gesucht werden. Uebrigens wird, nachdem die Kosten der Seitenablagerung und der Seitenentnahme bestimmt sind, sich mit Hilfe der Transportkostenregel, unter Berücksichtigung der Steigungs- oder Gefällverhältnisse, stets sehr rasch und einfach die Lage der Grenzgleichen bestimmen lassen.

Durch die Grenzgleichen werden nun ohne Weiteres einzelne Stellen aufgefunden, an welchen statt des Längentransports ein Quertransport des Bodens eintreten muß. In dem Massenplan auf Blatt 592 hat dies am Anfangspunkte der Strecke, sodann zwischen Sektion VIII und IX, und zwischen IX und X zu geschehen. Durch diese Stellen wird die Gesamtstrecke in einzelne Theile zerlegt, für deren jeden die Auffuchung der zweckmäßigsten Bodenverwendung gesondert zu geschehen hat.

Durch die Einzeichnung der Grenzgleichen wird also die Abgrenzung dieser Theilstrecken und die Anzahl der Transportsektionen bestimmt. Für die Bodenbewegung sind dieselben meistens nicht maßgebend, es sei denn daß sie sich mit keiner der benachbarten Grenzen überschneiden, wie in Sektion IX.

§. 7. Einzeichnung der Anfuhr- und der Vertheilungslinien.

Zieht man für alle Dämme die Anfuhrlinien, so findet man, daß durch dieselben über den Boden einiger Einschnittsstrecken doppelt verfügt wird, dies sind also Einschnittsstrecken, aus denen zweckmäßig kein Boden seitwärts abgelagert werden darf, weil es für die billigste Herstellung der benachbarten

Dammschüttungen sogar erwünscht wäre, wenn diese Einschnitte noch mehr Boden in die Dammschüttungen liefern könnten.

Von einigen Einschnitten wird aber durch die Anfuhrlinien ein Theil des Bodens unverwendet bleiben; dies sind also Abtragsstellen, an denen eventuell eine Seitenablagerung des Bodens vorzunehmen sein würde, also wo eine Unterbrechung der Bodenausgleichung in Frage kommen kann.

Zieht man nun die Vertheilungslinien für alle Einschnitte, so findet man, daß für einige Dämme ein Theil des Bodens doppelt geliefert wird; dies sind Dammsrecken, für welche zweckmäßig keine Seitenentnahme angewendet wird. Dagegen lassen die Vertheilungslinien für andere Dämme einen Theil des erforderlichen Bodens ungedeckt; dies sind Dammsrecken, für welche eventuell eine Seitenentnahme des Bodens anzuordnen, also die Bodenausgleichung zu unterbrechen ist.

Waren nun durch die Grenzen einige Stellen festgelegt, wo nothwendig die Bodenausgleichung zu unterbrechen ist und war dadurch die Gesamtstrecke in Theilstrecken zerlegt, für welche die Bodenausgleichung gesondert festzustellen ist, so wird durch die Einzeichnung der Anfuhr- und Vertheilungslinien eine weitere Zerschneidung der gefundenen Theilstrecken in Unterabtheilungen bewirkt, für welche die Bodenausgleichung unbedingt bewirkt werden muß. Man erhält für den Massenplan auf Blatt 592 die folgende allgemeine Bodenbewegung.

Seitenablagerung vor Sektion I,

- a. Bodenausgleichung für Sektion I, II und III.
Eventuelle Seitenentnahme.
- b. Bodenausgleichung für Sektion IV, V und VI.
Eventuelle Seitenablagerung.
- c. Bodenausgleichung für Sektion VII und VIII.
Seitenablagerung.
- d. Bodenausgleichung für Sektion IX.
Seitenentnahme.
- e. Bodenausgleichung für Sektion X, XI und XII.
Eventuelle Seitenablagerung.
- f. Bodenausgleichung für Sektion XIII und XIV.
Eventuelle Seitenentnahme.

§. 8. Bestimmung der Ausgleichungslinien.

Eine Ausgleichungslinie ist eine Horizontale, welche die ganze Länge der Ausgleichungstrecke durchschneidet. Legt man dieselbe versuchsweise in beliebiger Höhenlage fest und rückt dieselbe dann um das Maß eines kb^m abwärts, so werden alle Rückwärtstransporte (Berge) um die Transportkosten eines kb^m größer, alle Vorwärtstransporte (Thäler) um die Transportkosten eines kb^m kleiner. Bezeichnet man die Transportkosten für einen kb^m für die Berge mit b , für die Thäler mit t , so erhält man die Ersparung durch Abwärts-

rückung der Ausgleichungslinie um das Maß eines kb^m zu:

$$E = \Sigma(t) - \Sigma(b)$$

und für die beste Lage der Ausgleichungslinie die Bedingung:

$$\Sigma(t) = \Sigma(b).$$

Beispielsweise ergibt sich für die Ausgleichungslinie der Sektionen I, II und III:

$$\Sigma(t) = 4,67 + 3,70 = 8,37$$

$$\Sigma(b) = (0,3 + 1,8) \text{ (Seitenablagerung)} + 2,47 + (2,0 + 1,8) \text{ (Seitenentnahme)} = 8,37.$$

Für die Ausgleichungslinie der Sektionen IV, V und VI:

$$\Sigma(t) = (2,0 + 1,8) \text{ (Seitenentnahme)}$$

$$+ 2,74 + 0 \text{ (Seitenablagerung)} = 6,54$$

$$\Sigma(b) = 4,0 + 4,44 = 8,44.$$

Für diese Ausgleichungslinie ist die absolut günstigste Lage nicht zu erreichen, weil sie in Sektion VI an die Grenze rückt, ehe dieses Minimum erreicht ist.

Für die Sektionen VII und VIII ist die Ausgleichungslinie durch die Anfuhrlinie gegeben.

Für die Sektion IX bildet die Grenze die Ausgleichungslinie.

Für die Sektionen X, XI und XII legt sich die Ausgleichungslinie durch die Gleichungen fest:

$$\Sigma(t) = (2,3 + 2,05) \text{ (Seitenentnahme)}$$

$$+ 2,06 + (1,0 + 2,0) \text{ (Seitenablagerung)} = 9,41$$

$$\Sigma(b) = 4,57 + 4,84 = 9,41.$$

Für die Sektionen XIII und XIV bildet die Anfuhrlinie die Ausgleichungslinie.

Für die Sektionen IX bis XIV sind die in solcher Weise bestimmten Ausgleichungslinien maßgebend für die Bodenbewegung, weil durch dieselben an keiner Stelle über den Boden doppelt verfügt ist; die durch Einzeichnung der Anfuhr- und Vertheilungslinien als eventuelle Unterbrechungspunkte der Ausgleichung gekennzeichneten Stellen zwischen Sektion XII und XIII und am Ende von Sektion XIV sind definitiv als solche bestimmt worden.

Die drei ersten Ausgleichungslinien für Sektion I bis VIII sind aber für die Bodenbewegung noch nicht brauchbar, weil über bestimmte Bodenmassen durch dieselben doppelt verfügt wird. Man muß hier die Ausgleichungslinien kombinieren und zwar zunächst die beiden, welche den weitesten Abstand von einander haben. Dies ergibt dann die für die Sektionen IV bis VIII kombinierte Ausgleichung, welche jetzt in Verbindung mit der Ausgleichungslinie der Sektionen I bis III maßgebend für die Bodenbewegung ist, weil nirgends über einen Theil des Bodens doppelt verfügt ist. Von den durch die Einzeichnung der Anfuhr- und Vertheilungslinien gekennzeichneten Punkten, an welchen eventuell eine Unterbrechung der Bodenausgleichung stattfinden muß, hat sich also die Seitenablagerung zwischen Sektion VI und VII

als nicht zweckmäßig erwiesen, dagegen ist die Seitenentnahme zwischen Sektion III und IV als definitiv bestätigt worden.

Bei der Kombinierung der Ausgleichungslinien ist als wichtige Regel festzuhalten, zunächst die beiden am weitesten von einander abstehenden benachbarten Ausgleichungslinien zu kombinieren. Hätte man im vorliegenden Falle diese Regel nicht beachtet, so würde man die Seitenablagerung zwischen Sektion III und IV nicht aufgefunden, sondern eine vollständige Ausgleichung zwischen den Sektionen I bis VIII erhalten haben, welche theurer als die gefundene Bodenbewegung ist. Denn eine Kombination der ersten beiden Ausgleichungslinien für die Sektionen I bis VI würde mit der Ausgleichungslinie der Sektionen VII und VIII wieder zu doppelter Verfügung über eine gewisse Einschnittsmasse geführt und die Auffuchung einer kombinierten Ausgleichung für die Sektionen I bis VIII bedingt haben.

Der für die Bodenbewegung maßgebende Linienzug heißt Massentrace. Die Massentrace ist, wie dieselbe nach Anleitung der vorstehenden §§. 6, 7 und 8 aufgefunden wurde, auf Blatt 592 mit einer kräftigen Linie dargestellt, an welcher durch Pfeile die Richtung des Bodentransports angegeben, die vorwärts erfolgenden Bodentransporte außerdem durch eine hellere, die rückwärts erfolgenden Transporte durch eine dunklere Schraffirung hervorgehoben sind.

§. 9. Massentrace zweiter Ordnung.

In denjenigen Sektionen, welche nicht lediglich aus einer einzigen Bezugslinie und einer einzigen Verbrauchslinie bestehen, sondern wie die Sektionen IX und XII noch untergeordnete Uebergangspunkte von Abtrag in Auftrag enthalten, bedarf es noch der Feststellung der zweckmäßigsten Bodenausgleichung innerhalb der Sektion.

Zieht man beispielsweise eine Gerade $g_1 g_{11} g_{111} g_{1111}$ in Sektion IX, so bedeutet das:

der Abtrag gg_1 wird nach g_{1111} transportirt

" " $g_1 u$ " " $u g_{11}$ "

" " $v g_{111}$ " " $v g_{11}$ "

" " $g_{111} w$ " " $w g_{1111}$ "

Legt man die Gerade um das Maß eines kb^m abwärts, so erspart man die Transportkosten für einen kb^m auf die Entfernung $g_1 g_{11}$ und auf die Entfernung $g_{111} g_{1111}$, man muß aber die Transportkosten für einen kb^m auf die Entfernung $g_1 g_{1111}$ und auf die Entfernung $g_{111} g_{11}$ mehr verausgaben. Bezeichnet man durch Umklammerung der Transportweiten die zugehörigen Transportkosten, so ergibt sich in Folge der Abwärtsrückung der horizontalen Ausgleichungslinie um das Maß eines kb^m eine Ersparung:

$E = (g_1 g_{11}) + (g_{111} g_{1111}) - (g_1 g_{1111}) - (g_{111} g_{11})$,
also als Bedingung für die vortheilhafteste Lage der Ausgleichungslinie, welche eine Massentrace zweiter Ordnung bildet, die Gleichung:

$$(g_1 g_{11}) + (g_{111} g_{1111}) = (g_1 g_{1111}) + g_{111} g_{11}$$

d. h. in Worten:

Für die Massentrace zweiter Ordnung muß die Summe der Transportkosten für die Thäler gleich der für die Berge sein, dabei werden aber die Transportkosten für die ganze Länge der Trace entweder den Thälern oder den Bergen hinzugefügt, der Art, daß die Anzahl der Summanden für beide Seiten der Gleichung gleich groß wird.

Dies ergibt beispielsweise für Sektion IX die Gleichung:

$$3,94 (g_1 g_{11}) + 4,16 (g_{111} g_{1111}) = 6,00 (g_1 g_{1111}) + 2,0 (g_{111} g_{11})$$

In Sektion XII rückt die Massentrace so weit abwärts, daß der in Mitten der Sektion eintretende geringe Vorwärts-transport ganz vernachlässigt und die Massentrace durch den mittleren Beugungspunkt gelegt werden kann. Dies bedeutet dann, daß der Abtrag $u g_{11}$ nach $g_1 u$ und der Abtrag $v g_{111}$ nach $g_{11} v$ zu transportieren ist.

§. 10. Schluß.

Nach den vorstehenden Erörterungen sind zur Feststellung der Massentrace in einem als gegeben betrachteten Massenplane die folgenden Operationen nach einander vorzunehmen:

1) Einzeichnung der Grenzglichen. Dadurch wird die Anzahl der Transportsektionen festgestellt und meistens eine Zerlegung der Gesamtstrecke in einzelne Theilstrecken bewirkt, für deren jede die Bodenausgleichung gesondert zu bestimmen ist, während zwischen den Theilstrecken Quertransport eintritt.

2) Einzeichnung der Anfuhrlinien und Vertheilungslinien. Dadurch werden in jeder der gesondert zu betrachtenden Theilstrecken meistens einzelne Stellen aufgefunden, wo muthmaßlich die Bodenausgleichung durch Quertransport zu unterbrechen ist. Jede Theilstrecke wird dadurch unter Umständen in eine Anzahl von Unterabtheilungen zerlegt.

3) Einzeichnung der Ausgleichungslinien, welche gesondert für jede der erhaltenen Unterabtheilungen zu suchen sind.

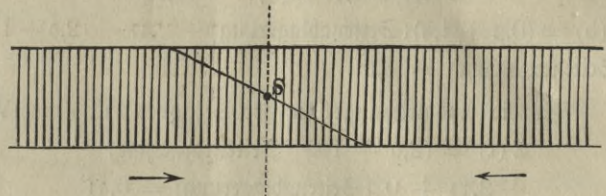
4) Kombinirung derjenigen Ausgleichungslinien, durch welche über irgend eine Bodenmasse doppelt verfügt wird, wobei zunächst diejenigen benachbarten Ausgleichungslinien zu kombinieren sind, welche am weitesten von einander abstehen.

5) Bestimmung der Massentracen zweiter Ordnung.

Die durch diese Operationen erhaltene Massentrace gibt in ihren Schnittpunkten mit der Massenprofilinie diejenigen Stellen an, in welchen die Richtung des Transports wechseln muß. Die Betrachtung setzt voraus, daß dieser Wechsel nach einem Trennungsschnitte erfolgt, welcher vertikal durch den Erdkörper geführt wird, was praktisch freilich höchstens bei

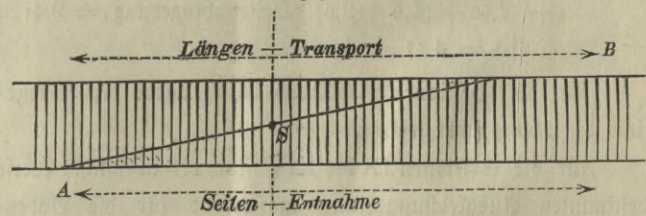
der Bildung der Einschnitte durchzuführen ist. Bei der Dammschüttung wird der Erdkörper von einer Seite mit Kopfböschung AB soweit vorzutreiben sein, bis der Schwerpunkt S des Querprofils die durch das Massen-Nivellement ermittelte Lage erreicht hat, worauf von der andern Seite her die Vollendung des Dammes erfolgt, wie dies Figur 9 angibt.

Fig. 9.



Bei Seitenentnahme bildet die Scheidungsfläche, für welche dieselbe vortheilhafter als der Längentransport wird, in Wirklichkeit keine lothrechte, sondern eine ziemlich flach geneigte Schnittfläche AB , da mit wachsender Höhe der Schüttung die Seitenentnahme kostspieliger wird, also durch einen Längentransport auf größere Weite zu ersetzen ist. Auch hier ist der durch das Massen-Nivellement gefundene Grenzpunkt zwischen Seiten- und Längentransport in den Schwerpunkt der geneigten Begrenzungsfläche der von der Seite entnommenen Anschüttung zusammen zu legen, wie in Figur 10 angegeben.

Fig. 10.

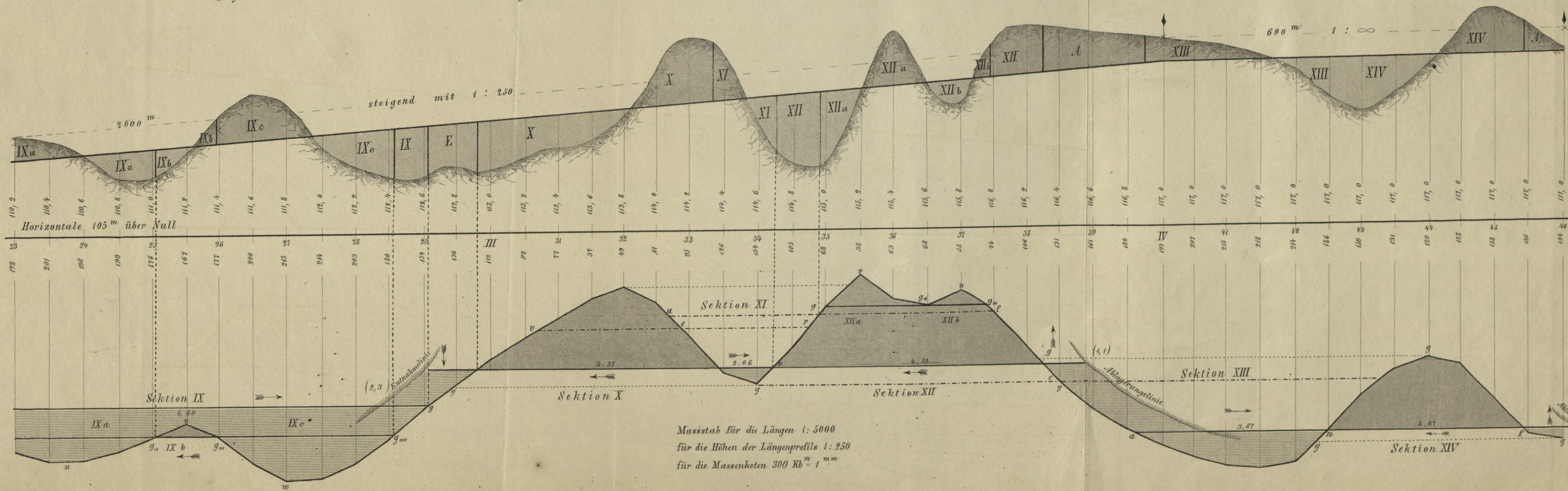
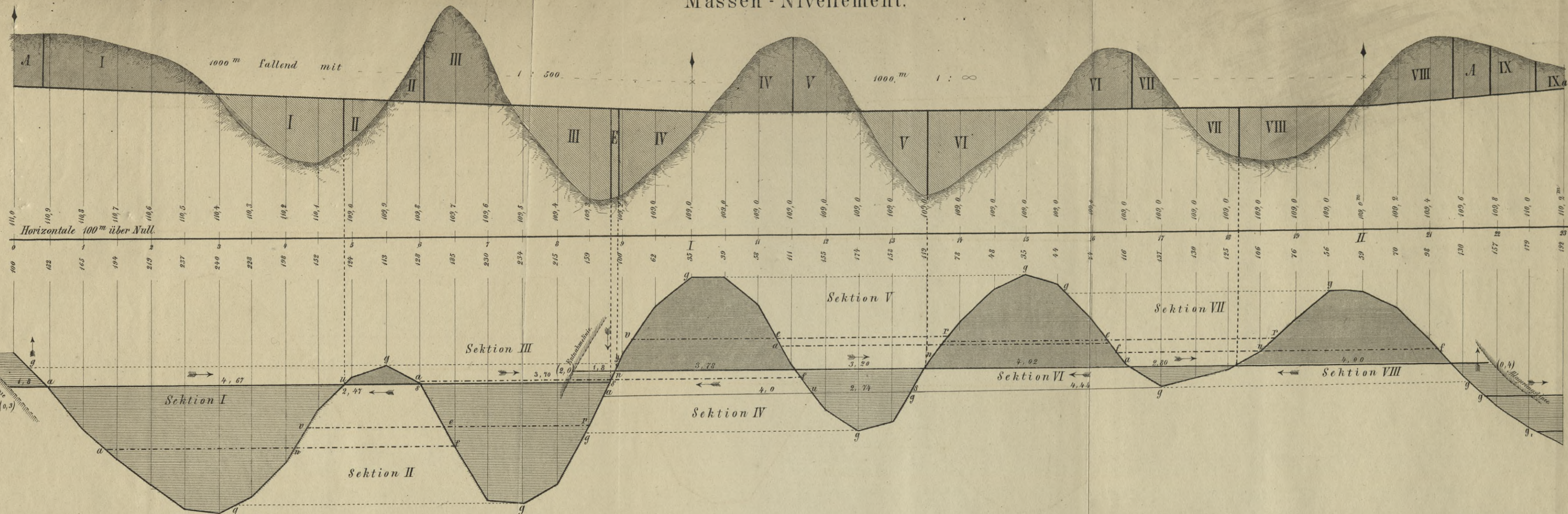


Die nämliche Betrachtung gilt auch für die Seitenablagerung.

Die Höhe der Kosten, welche beim Erdbau für die Bewegung des Bodens aufzuwenden sind, läßt es von Wichtigkeit erscheinen, die Anordnung der Erdbewegungen in solcher Weise zu treffen, daß jene Kosten so gering wie möglich werden. Dieses Ziel sucht man bis jetzt meistens nach einem gewissen Dafürhalten, vielleicht unter Vergleichung einiger versuchsweise getroffenen Dispositionen zu erreichen. Die Methode des Massen-Nivellements, welche wohl allein geeignet ist, die zweckmäßigste Anordnung der Bodenbewegungen festzustellen, wird bis jetzt nur selten angewendet. Es erschien dies Verfahren offenbar bislang zu umständlich und auch nicht in genügender Vollständigkeit durchgebildet. Hoffentlich wird die Vereinfachung der Methode durch Einführung der Transportkostenregel und die Anleitung für die praktische Ausführung des Verfahrens, welche diese Arbeit gibt, dazu beitragen, das Massen-Nivellement zu allgemeinerer Anwendung zu bringen.

| | Steigen | | | | | | | | | | | | Gallen | | | | | | | | | | | |
|------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|--|--|--|--|
| | 1: 8 | 0,002 | 0,004 | 0,006 | 0,008 | 0,010 | 0,012 | 0,016 | 0,020 | 0,002 | 0,004 | 0,006 | 0,008 | 0,010 | 0,012 | 0,016 | 0,020 | | | | | | | |
| 100 | Schubkarren. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 300 | Handkipkarren. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 500 | Pferdekipkarren. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 700 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1100 | Arbeitseisenbahnen. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1700 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | Steigen | | | | | | | | | | | | Gallen | | | | | | | | | | | |
| 300 | Steigen | | | | | | | | | | | | Gallen | | | | | | | | | | | |
| 500 | Steigen | | | | | | | | | | | | Gallen | | | | | | | | | | | |
| 700 | Steigen | | | | | | | | | | | | Gallen | | | | | | | | | | | |
| 900 | Steigen | | | | | | | | | | | | Gallen | | | | | | | | | | | |
| 1100 | Steigen | | | | | | | | | | | | Gallen | | | | | | | | | | | |
| 1300 | Steigen | | | | | | | | | | | | Gallen | | | | | | | | | | | |
| 1500 | Steigen | | | | | | | | | | | | Gallen | | | | | | | | | | | |
| 1700 | Steigen | | | | | | | | | | | | Gallen | | | | | | | | | | | |
| 1900 | Steigen | | | | | | | | | | | | Gallen | | | | | | | | | | | |

Massen - Nivellement.



Massstab für die Längen 1 : 5000
 für die Höhen der Längenprofile 1 : 250
 für die Massenkoten $300 \text{ Kb}^m = 1 \text{ mm}$

POLITECHNIKA KRAKOWSKA
BIBLIOTEKA GŁÓWNA



L. Inw.

34031

Kdn. 524. 13. IX. 54

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000302708