



Anfangsgründe der niederen Geodäsie

Loewe, Hans

Liebenwerda, 1892

§ 9. Massenberechnung und Terrainumformung (1. Massenberechnung. 2. Planirung. 3. Quadratnetzaufnahmen. 4. Auflockerung des Bodens. 5. Langgestreckte Erdbauten.)

[urn:nbn:de:hbz:466:1-79893](#)

theilt wird, und theile den bekannten Höhenunterschied der benachbarten Kurven nach demselben Verhältniss.

Soll durch den gegebenen Punkt eine neue Horizontalkurve construirt werden, so ziehe man in angemessenen Abständen zwischen den benachbarten Horizontalcurven mehrere zu diesen senkrechte Linien, theile dieselben nach demselben Verhältniss, und verbinde die Theilungspunkte.

5) **Aufgabe:** Eine Wasserleitung A B, Fig. 130, liegt bei A 1 m tief und besitzt ein Gefälle von 1%. Wie tief durchschneidet dieselbe den Berg bei C?

Die Aufgabe ist durch Rechnung leicht zu lösen. Ist aber auf der Linie A B eine grössere Anzahl von Punkten gegeben, deren Tiefe unter der Terrainoberfläche ermittelt werden soll, so zeichne man für die Linie A B das Profil nach Aufgabe 1), trage in dieselbe auch die Leitung A B nach den dieselbe bestimmenden Daten ein, so kann man dieser Zeichnung die Tiefe für jeden beliebigen Punkt der Linie A B direkt durch Abgreifen mit dem Zirkel entnehmen.

6) **Aufgabe:** In einen Schichtenplan die Durchschnittslinie der Böschungen eines Grabens mit der Terrainoberfläche einzuziehen, wenn die Mittellinie, (Trace), des Grabens, sein Profil, Gefälle, und seine Tiefe in A, Fig. 130, gegeben sind.

Man ermittelt nach Aufgabe 5) die Grabentiefen an verschiedenen Punkten der Grabenlinie, trägt diese Tiefen in das in grossem Massstabe gezeichnete Grabenprofil ein, in Fig. 131 also die Tiefen A a₁, A a₂, A a₃ etc., zieht die Horizontalen*) a₁ b₁, a₂ b₂, a₃ b₃ etc., ermittelt die Längen dieser horizontalen Linien und trägt sie im Massstabe der Karte von der gegebenen Grabenlinie aus zu beiden Seiten derselben ab, und zwar natürlich in denjenigen Punkten der letzteren, für welche die betreffenden Grabentiefen ermittelt sind.

Nach dem hier Gesagten wird es an Mitteln zur Lösung ähnlicher Aufgaben nicht fehlen.

II. Erdbau.

§ 9.

Massenberechnung und Terrainumformung.

1) **Massenberechnung:** Der Schichtenplan eines Grundstücks, Fig. 132, ist gegeben. Durch den niedrigsten Punkt A des Grundstücks wird eine horizontale Ebene gedacht. Es soll der cubische Inhalt der über dieser Ebene in dem Grundstück lagernden Erdmasse berechnet werden.

Man bestimmt zunächst die Höhe des niedrigsten Punktes A nach §8, Aufgabe 4), berechnet die Fläche G des Grundstücks, und die Flächen g₁, g₂, g₃ etc., welche die Horizontalkurven 1, 2, 3 etc. mit den Grenzen des Grundstücks einschliessen. Ist h₁ der Vertikalabstand der durch A gedachten Kurve von der nächst höheren Kurve 1, so ist der cubische Inhalt der Erdschicht zwischen beiden Kurven $J_0 = \frac{G_1 + g_1}{2} \cdot h_1$. Bezeichnet weiter h die Aequidistanz der übrigen Kurven, so sind die in den einzelnen

*) Ist das Terrain rechtwinklig zur Grabenrichtung stark geneigt, wie dies z. B. der Fall wäre, wenn in Fig. 128 BCB' die gegebene Grabentrace vorstelle, so sind statt der Horizontalen die entsprechenden Terrain-Querprofile in das Normalprofil des Grabens zu zeichnen. Dieselben werden nach Aufgabe 1 gewonnen.

Schichten, d. h. zwischen den Ebenen der einzelnen Horizontalkurven lagernden Erdmassen: $J_1 = \frac{g_1 + g_2}{2} h$, $J_2 = \frac{g_2 + g_3}{2} h$ etc. Ist endlich h_2 die Höhe des Punktes B über der letzten Kurve, so ist die Erdmasse der obersten Schicht, welche sich hier der Gestalt einer Pyramide nähert: $J_5 = \frac{g_5}{3} h_2$. Die Summe der einzelnen Schichten liefert den gesuchten Erdmasseninhalt.*)

2) **Planirung.** Soll die Oberfläche eines Grundstücks durch Umbau in eine horizontale Ebene planirt werden, so berechne man den cubischen Inhalt der Erdmasse nach 1), dividire denselben durch die Fläche des Grundstücks, so erhält man die Höhe H der durch den Umbau herzustellenden Terrainoberfläche. Construirt man in dieser Höhe nach Aufgabe 4) des vorigen § eine Horizontalkurve, so stellt diese die Grenze zwischen Auf- und Abtrag dar. Berechnet man die über dieser Horizontalkurve lagernde Erdmasse, so erhält man die Abtragsmasse, welche durch Erdtransport fort zu bewegen ist. Auf dem Felde steckt man die horizontale Ebene in der Höhe H mittelst des Nivellirinstruments ab, indem man eine genügende Anzahl von Pfählen so tief in die Erde treiben lässt, dass die Köpfe derselben sämtlich in der gleichen Höhe H liegen. Im Abtrage müssen dieselben natürlich unter die Erde versenkt werden. Die Pfähle müssen zweckmässig in graden Linien stehen. Es werden sodann im Abtrage von Pfahl zu Pfahl Gräben bis zur Tiefe der Pfahlköpfe ausgehoben und im Auftrage in entsprechender Höhe Dämme aufgeschüttet, (sogen. Lehrpfade), wodurch den Erdarbeitern die von ihnen auszuführende Arbeit genau vorgezeichnet ist.

Soll nicht eine **horizontale**, sondern irgend eine andere Oberfläche, z. B. ein gleichzeitig ansteigender Hang von bestimmtem Gefälle geschaffen werden, so stelle man die zu bildende Oberfläche durch Horizontalkurven dar, berechne die über dem Horizont, auf welchen sich die Höhen der Kurven beziehen, lagernden Erdmassen nach 1), und zwar einmal unter Zugrundelegung der **projektirten** Kurven, und sodann unter Zugrundelegung der **natürlichen** Terrainkurven. Das Resultat der ersten Berechnung sei K_1 , das der zweiten K_2 . Je nachdem der Unterschied $K_1 - K_2$ positiv oder negativ ausfällt, wird man bei der Planirung Erde übrig behalten, oder es wird Erde fehlen. Um dies zu vermeiden, wird man im ersteren Falle die **projektirte** Terrainhöhe um den Betrag $\frac{K_1 - K_2}{G}$ vergrössern, im an-

deren Falle vermindern. — Wäre z. B. das Grundsstück Fig. 133 in einen Hang von 1% Gefälle umzubauen, so wird man die Horizontalen a b, $a_1 b_1$, $a_2 b_2$ etc., bei einer Aequidistanz von 1 m**), in Entfernungen von 100 m in die Karte einzzeichnen haben. Die Höhe der untersten Horizontale a b werde zu 1 m über dem Horizont angenommen. Ergiebt nun die Massenberechnung einen Ueberschuss von Erde, so ist der ganze Hang zu tief projektirt. Hat man auf dem oben ange deuteten Wege gefunden, dass der projektirte Hang um 0,2 m zu heben ist, damit ein Ausgleich der Auf- und Abtragsmassen stattfinde, so ist also der Horizontalen a b die Höhe 1,2 m statt 1 m beizuschreiben. Die Horizontale von der Höhe 1 m liegt

*) Die zwischen dem Horizont der Aufnahme und der durch A gelegten Horizontalebene ist, wenn H die Höhe des Punktes A bezeichnet, = G H.

**) Diese Aequidistanz nehmen wir der Einfachheit wegen an. In Wirklichkeit muss natürlich Schichtenplänen, welche derartigen Zwecken dienen sollen, eine viel geringere Aequidistanz zu Grunde liegen, um so geringer, je weniger geneigt das Terrain ist. (0,1 — 0,5 m.)

also 0,2 m tiefer als a b. Da nun das Terrain 1% Steigung erhalten soll, so wird also die Horizontale von 1 m Höhe in einer Entfernung von 20 m, (nämlich $1:100 = 0,2:20$), parallel zu a b, d. i. in A B zu zeichnen sein. Entsprechend sind die Horizontalen $a_1 b_1$, $a_2 b_2$ etc. um je 20 m zu verschieben.

Will man die Grenze zwischen Auf- und Abtrag in die Karte eintragen, so hat man die Schnittpunkte der Horizontalen des natürlichen Terrains mit den gleichnamigen Horizontalen des projektirten Terrains zu verbinden.

Um den Hang auf dem Felde abzustecken, überträgt man die Linien A B, $A_1 B_1$ etc. ins Feld und treibt die Absteckpfähle so tief in die Erde, dass die Köpfe derselben die den einzelnen Linien A B, $A_1 B_1$ etc. entsprechenden Höhen über dem Horizont der Aufnahme erhalten. (Mit Hölfe des Nivellirinstruments.)

3) Quadratnetzaufnahme. Fig. 134. Hat man über die umzubauende Fläche ein Quadratnetz gelegt und die Höhen der Quadratecken ermittelt, so erhält man die in jedem Quadrate über dem Horizonte lagernde Erdmasse, wenn man die Höhen der vier Ecken addirt, durch 4 dividirt und mit der Grundfläche des Quadrats multipliziert. An der Umgrenzung des Grundstücks hat man nur Theile von Quadranten, deren Grundflächen man durch Schätzung als Bruchtheile des ganzen Quadrats ermitteln wird. Bei Berechnung der in den vollen Quadranten lagernden Erdmassen wird die Höhe jeder Ecke so oft in Ansatz kommen, wie die Anzahl der Quadrate, denen sie gemeinschaftlich gehört, angiebt, also die Höhen der Quadratecken m, (in der Mitte des Netzes), je viermal, die Höhen der Ecken r, (am Rande), je zweimal, die Höhen der Ecken a, (ausspringende Ecken), je einmal, und die Höhen der Ecken e, (einspringende Ecken), je dreimal. Man wird also die Summe der Erdmassen der vollen Quadrate erhalten, wenn man die Summe der Höhen der Ecken a durch 4, die der Ecken e durch 3, die der Ecken r durch 2, die der Ecken m durch 1 dividirt, (d. h. letztere wie sie sind, in Rechnung stellt), die Quotienten addirt, und die Summe mit der Fläche des vollen Quadrats multipliziert.

Soll die Terrainoberfläche in eine horizontale Ebene umgebaut werden, so erhält man die Höhe dieser Ebene, wenn man die berechnete Erdmasse mit der Fläche des Grundstücks dividirt. Zieht man diese Höhe von den Höhen der Quadratecken ab, so erhält man die Höhen der Abträge (+) und der Aufträge (-) an den einzelnen Netzpunkten. Fertigt man nun einen Plan, in welchen man die so ermittelten Auf- und Abtragshöhen für jeden Netzpunkt einträgt, so wird jeder Schachtmeister, nach gehöriger Instruktion, leicht danach arbeiten können.

Um die zu transportirenden Erdmassen, (Abtragsmassen), zu berechnen, hat man die Abtragshöhen an den einzelnen Ecken zu addiren, wobei jedoch die Höhen an den Ecken a, r und e wieder nur mit $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ und $\frac{3}{4}$ ihres Werthes in Rechnung zu stellen sind, und die Summe mit der Quadratfläche zu multipliciren. Die in den nicht vollen Quadranten vorhandenen Abtragsmassen sind wieder für sich zu berechnen.

Zur Controlle wird man in derselben Weise die Aufträge berechnen, welche den ermittelten Abträgen gleich sein müssen.

Soll durch den Umbau nicht eine Horizontale, sondern irgend eine andere Terrainform geschaffen werden, so ist es nicht schwer, diese durch Höhenzahlen auszudrücken. In Fig. 135 stellen z. B. die fetten Zahlen die Höhen der Netzpunkte, wie diese durch Nivellement ermittelt sind, dar. Soll das Terrain in einen

Hang mit 2% Gefälle in der Richtung ab, und auch mit 2% Gefälle in der Richtung ac umgeformt werden, so wird man die Höhen des projektirten Hanges etwa so anzusetzen haben, wie die kleinen Zahlen, 9,5, 9,3 etc., angeben, wobei die Quadratseite zu 10 m Länge angenommen ist, denn der Hang soll auf 100 m 2 m Gefälle, also auf 10 m 0,2 m Gefälle haben, die projektirten Höhen müssen also von Station zu Station um je 0,2 m kleiner werden. Zieht man diese projektirten Höhen von den Terrainhöhen ab, so erhält man die Abtragstiefen bzw. Auftragshöhen für die einzelnen Netzpunkte. Ermittelt man weiter den cubischen Inhalt der Auf- und Abtragsmassen auf dem oben angedeuteten Wege, vergleicht beide mit einander, so ergiebt sich der Bodenüberschuss, bzw. das Bodenmanko, welches man durch die Fläche des Grundstücks zu dividiren hat, um diejenige Höhe zu erhalten, um welche die projektirte Terrainoberfläche noch höher oder tiefer zu legen ist, wenn die Abträge in den Aufträgen aufgehen sollen. Um diesen Betrag sind sämtliche Höhen des Projekts zu vergrössern, bzw. zu vermindern, worauf Auf- und Abtragshöhen noch einmal zu ermitteln und sodann in den Arbeitsplan des Schachtmeisters einzutragen sind.*)

4) **Auflockerung des Bodens.** Hat man die Auf- und Abträge zum Ausgleich gebracht, so wird sich wegen der Auflockerung der abgetragenen Erdmassen bei der praktischen Ausführung des Baues ein Bodenüberschuss ergeben. Der selbe beträgt

- 1) im Sandboden 1% des abzutragenden Bodens
- 2) im Lehm Boden 3—5% " " "
- 3) im Thonboden 4—6% " " "

Um diesen Bodenüberschuss zu vermeiden, wird man von vorn herein die **projektirte** Terrainfläche etwas höher anlegen, als die oben angedeuteten Bodenberechnungen ergeben. Hat man z. B. im Sandboden einen Abtrag von 10000 cbm, so werden diese wegen der Auflockerung einen Bodenüberschuss von 100 cbm liefern. Dividiert man diese Kubikmeterzahl durch die Fläche des Grundstücks, so erhält man die Höhe, um welche die projektirte Terrainoberfläche noch höher anzulegen ist, als die bisherigen Bodenausgleichsrechnungen ergaben.

5) **Lang gestreckte Erdbauten.** Bei langgestreckten Erdbauten schlägt man zur Berechnung der Bodenmassen einen anderen Weg ein. Soll z. B. ein Graben mit bestimmtem Profil und einem gegebenen Gefälle angelegt werden, so nimmt man durch Nivellement das Längenprofil der Grabenlinie, (in Stationslängen von 50 m), auf, und desgleichen an jedem Stationspunkte ein Querprofil des Terrains, von etwas grösserer Ausdehnung, als die durchschnittliche Grabenbreite, (in der Regel mit Hülfe von Setzwage und Richtscheit). Längenprofile und Querprofile werden aufgetragen, in erstere die projektirte Grabensohle eingezeichnet, Fig. 136a, die Ordinaten derselben für die einzelnen Stationenpunkte ermittelt, und unter Zugrundelegung der letzteren das projektirte Normalprofil des Grabens in die einzelnen Terrainquerprofile eingetragen, nach Anleitung der Fig. 136b. Damit sind nun die Querschnitte des auszuhebenden Erdkörpers dargestellt, deren Flächen nun zunächst zu berechnen sind. Um nun die in einer Station auszuhebenden Erdmassen zu berechnen, bildet man aus den Flächen der Querschnitte im Anfangs- und Endpunkte

*) In Fig. 135 ergiebt die Rechnung ein Bodenmanko von 870 cbm. Die Fläche des Grundstücks ist = 3000 qm, mithin sind sämtliche Ordinaten des Projekts um $\frac{870}{3000} = 0,29$ m zu kürzen.

der Station das arithmetische Mittel und multipliziert dasselbe mit der Länge der Station, (in der Regel also mit 50 m).*)

Fig. 137 stellt ein Wegeprojekt durch seine Profile dar. Hier wird man in der eben angedeuteten Weise die Auf- und Abtragsmassen in den einzelnen Stationen berechnen, dieselben vergleichen und durch Heben oder Senken der ursprünglich projektierten Wegehöhe zu erwirken suchen, dass Auf- und Abträge sich innerhalb nicht allzulanger Strecken ausgleichen, damit allzuweite Bodentransporte vermieden werden (vergl. die Massenberechnung zu Fig. 137).

§ 10.

Kostenveranschlagung.**)

Je nach der Schwierigkeit der Bodenbearbeitung unterscheiden wir folgende Bodenklassen:

I. Mit Schaufeln und Spaten leicht zu bearbeitender Boden, (Sand, lockerer Ackerboden).

II. Böden, die sich mit Spaten noch stechen lassen, (leichter Lehm, feiner Kies, Torf).

III. Böden, welche, ehe sie geladen werden können, gelockert werden müssen, (Thon, mit Steinen durchsetzter Boden).

IV. Böden, die mit Spitzhacke gelockert werden müssen, (Gerölle).

V. Felsarten, die mit Brechstange und Keilen zu bearbeiten sind.

VI. Felsarten, die gesprengt werden müssen.

VII. Schwierig zu sprengende Felsarten, (Gneis, Granit, Porphyr).

Die Kosten zerfallen in: 1) Kosten für Lösen und Laden des Bodens, 2) Transportkosten. Letztere sind gleich dem Produkt aus der Anzahl der Kubikmeter \times Transportweite, \times einem Transportfaktor, welcher die Kosten des Transports pr. Kubikmeter 1 m weit angibt.

Für Schiebkarrentransport***) gilt nach Gieseler folgende Tabelle:

Boden-Klasse	Lösen, Laden und Leeren erfordert Stunden pr. cbm	Transportfaktor 1 cbm 1 m weit
I	0,85 — 1,4	0,0082
II	1,4 — 2,0	0,0085
III	2,0 — 2,8	0,0094
IV	2,8 — 3,6	0,0100
V	3,6 — 4,4	0,0102
VI	4,0 — 6,5	0,0105
VII	6,4 — 10,5	0,0108

Für Unterhaltung der Geräthe wird ein Pauschsatz von 10% der übrigen Kosten angesetzt.

*) Ist h die Länge der Station, G und g ihre Endprofile, V das Erdvolumen, so lautet also die Formel $V = \frac{G+g}{2}h$. Diese Näherungsformel hat sich weniger durch ihre Güte, als durch ihre Bequemlichkeit Eingang verschafft. Der der Stereometrie kundige Leser kennt die Formel für den Inhalt des Prismatoids $V = \frac{h}{6}(G + 4m + g)$, worin m die Fläche des in der halben Höhe h gemessenen Querschnitts bezeichnet.

**) Gieseler, Erdbau.

***) Wegen der Kosten bei Handkarrentransport vergl. die Formel am Schluss dieses Paragraphen.