

fälle aus den Punkten f' , λ' und h' Fig. 86 Normalen $f'd'$, $\lambda'e'$ und $h'\pi'$ auf die Linie $k'\eta'$; so wird der Punkt f' durch die Koordinaten $k'e'$ und $d'f'$ bestimmt und der Punkt λ' durch die Koordinaten $k'e'$ und $e'\lambda'$. Diese Koordinaten trage man nach der Methode der schiefen Projektion auf die Linie $k\eta$ Fig. 89, so erhält man die Punkte f und λ . — In eben der Weise werden die Punkte q und r ermittelt. Aus den Punkten e und f ziehe man nun die lothrechten Linien eh_3 und fh_4 , mache beide gleich lang mit kh_2 , ziehe die geraden Linien sr , rq , h_3h_4 und h_4i , verbinde ferner die Punkte s und e , q und o , o und i , i und λ durch entsprechende Bogen, dadurch erhält man die Figur des Steins C_2 in der schiefen Projektion gezeichnet.

Sollte zur Bestimmung der Kurve λi Fig. 89 noch ein Punkt h gefunden werden, so ziehe man in Fig. 86 die Linie $h'\pi'$ normal auf $k'\eta'$, der Punkt h' wird nun durch die Koordinaten $k'\pi'$ und $h'\pi'$ bestimmt. Sodann halbire man die Linien kh_2 und ηn_2 Fig. 89, verbinde die Mittelpunkte durch eine gerade Linie und benütze dieselbe als Abscissenachse, indem man die Koordinaten des Punktes h' an diese Linie nach der Methode der schiefen Projektion anträgt. Dadurch erhält man einen Zwischenpunkt h für die Kurve λi . In eben der Weise kann man Zwischenpunkte der übrigen Kurven finden.

Die Fig. 87 zeigt den oberen Stein A_2 , dessen Horizontalprojektion $a'b'c'd'e'f'g'h'i'$ Fig. 86 ist. Um diesen Stein in isometrischer Projektion zu zeichnen, konstruiere man das umhüllende rechtwinklige Parallelepiped $a_2a_3b_2d_2c_2b_3d_4$, dessen Höhe aa_2 gleich $H''P''$ Fig. 86, der Höhe der obersten Steinschicht ist und dessen Grundebene die Linie $a'd'$ und die aus i' auf $a'd'$ normal konstruirte Länge zu Abmessungen hat. Sodann mache man:

dc Fig. 87 gleich $d'e'$ Fig. 86
 de » » » $d'e'$ » »
 a_2b » » » $a'b'$ » »
 $a.5$ » » » $a'5$ » »

ziehe $c\sigma$ und ba Fig. 87 beide parallel zu a_2a_3 , mache sie mit $c'e'$ und $b'a'$ Fig. 86 beziehlich gleich lang, bestimme die Punkte f und λ durch ihre Koordinaten, ziehe die geraden Linien ef , $f\lambda$ und $a5$, so wie die Kurven σe , λa und $i5$, so ist $bc\sigma e f \lambda a a 5 i d_2$ die verlangte Figur. In eben der Weise bekommt man die Fig. 90, welche den untern Stein D_2 , dessen Horizontalprojektion die Fig. $\omega'q'u'\psi'$ Fig. 86 ist, vorstellt.

§. 16.

Die Fig. 91 zeigt den Fall, wo die Richtungen zweier Böschungsmauern, welche vermittelt eines schief liegenden Cylinders gegenseitig verbunden werden, unter einem spitzen Winkel sich schneiden, die Böschungsseiten liegen hier aber auf der innern Seite, wogegen im vorigen Beispiel die Böschungsseiten nach aussen sich befanden. Die Fig. $O'a_3'V'R'u'Q'$ stellt den Grundriss vor, $N''O''P''Q''$ den normalen Querschnitt der einen Mauer und $R''S''V''W''$ den der zweiten Mauer. Die oberen Stärken $O''P''$ und $V''W''$ sind gleich, die unteren Stärken $N''Q''$ und $R''S''$ sind dagegen ungleich angenommen worden.

Um hier den Grundriss der schiefen Cylinderfläche anzuordnen, halbire man den Winkel $Q'b'R'$ durch die Linie $b'q'$, so wie den Winkel $P'g'W'$ durch die Linie $g'n'$. Ziehe alsdann die gerade Linie $g'b'$, nehme in der Linie $g'n'$ den Punkt n' beliebig, jedoch dem Zweck entsprechend an und ziehe $n'q'$ parallel zu $g'b'$: so ist $g'n'q'b'$ ein Parallelogramm, dessen Seite $n'q'$ der Grundriss der Achse des schiefen Cylinders ist.

Aus dem Punkte n' ziehe man nun die Linien $n'o'$ und $n't'$ beziehlich normal auf $P'g'$ und $g'W'$, so wie aus dem Punkte q' die gerade Linie $q'a'$ normal auf $Q'b'$ und $q'u'$ normal auf $b'R'$; beschreibe dann aus q' den Kreisbogen $a'u'$ und aus n' die Kreisbogen $t'o'$ und $p'n_2'$, so wären damit die Horizontalprojektionen der äussersten Kanten des schiefen Cylinders und des damit vereinigten normalen Cylinders festgesetzt. Um nun aber noch die Projektionen der kreisrunden Kanten der zwei mittleren Lagerfugen zu bekommen, verbinde man die Punkte a' und t' , so wie die Punkte u' und o' durch gerade Linien, theile sodann die Länge $n'q'$ in sechs gleiche Theile, indem man $q'2$ gleich 2, 3, gleich 3, 4, gleich 4, 5, gleich 5, 6, gleich 6 n' macht; beschreibe endlich aus den Punkten 3 und 5 mit der Länge $q'a'$ als Radius die Kreisbogen $r'r_2'$ und $s'r_3'$, so sind diese die Grundrisse von den Kanten der mittleren horizontalen Lagerfugen. Um nun noch die Projektionen der Stossfugen in dem schiefen Cylinder anzuordnen, beschreibe man aus den Punkten 2, 4 und 6 in der Linie $n'q'$, mit der Länge $q'a'$ als Radius, zwischen den geraden Linien $a't'$ und $u'o'$ Kreisbogen. Diese stellen die Horizontalprojektionen der Mittellinien der runden Steinschicht vor. Es müssen nun die Stossfugen in der Art angeordnet werden, dass sie nicht nur auf der Richtung der runden Mauer, sondern auch auf jenen Mittellinien normal stehen, zu welchem Zwecke sie in der Nähe der Böschungsseite in der Art gebrochen werden müssen, dass ihre Richtung normal steht auf jenen Mittellinien.

Für den obern mittlern Stein F' geht daher die Richtung der Stossfugen $a'z'$ und $c'd'$ durch den Punkt n' , den Mittelpunkt der obern Richtungslinie, die Richtungen $z'x'$ und $d'\lambda'$ gehen aber durch den Punkt 6, den Mittelpunkt des mittleren Kreisbogens dieser Schicht. Die Punkte z' und d' werden in der Art angenommen, dass die Längen $z'y'$ und $d'q'$ gegen 10 bis 20 cm messen. — Die Stossfuge $l'm'$ steht normal auf dem mittleren Bogen der zweiten Schicht, denn ihre Richtung geht durch den Mittelpunkt 4 dieses Kreisbogens. Die Richtung der Stossfugen der untersten Steinschicht geht durch den Punkt 2 und steht deshalb normal auf dem Kreisbogen, welcher aus diesem Punkte beschrieben worden ist.

In der Fig. 92 ist der obere Stein E , dessen Grundriss die Fig. $\psi'q'o'x'y'z'a'$ Fig. 91 ist, in isometrischer Projektion dargestellt; in Fig. 93 der obere Stein F' ; in Fig. 94 der obere Stein H , dessen Böschungsseite eine Ebene ist; in Fig. 95 endlich der Stein G der mittleren Steinschicht, dessen Böschungsseite zum Theil ebene, zum Theil aber cylindrische Fläche ist.

Um die schiefe cylindrische Fläche an einem dieser Steine richtig zu behauen, muss der Arbeiter die Aufmerksamkeit haben, das Lineal oder das Richtscheit stets nach der Richtung der Mantellinie des Cylinders anzulegen. Um z. B. den Stein E Fig. 92 zu behauen, wird zunächst die Schablone des obern Lagers, so wie auch die vom untern Lager nach dem in natürlicher Grösse gezeichneten Musterrisse angefertigt. Sodann wird der den Schnittstein einschliessende normale Quader dargestellt, welchen wir in der Figur durch punktirte Linien angedeutet haben.

Nachdem dies geschehen ist, wird die Schablone des obern Lagers an die bearbeitete Kante ψa_3 angelegt und deren Umriss auf den Stein getragen. Eben dasselbe geschieht mit der Schablone des untern Lagers. — Sodann wird die cylindrische Fläche am Stein bearbeitet, welche dem lothrechten äusseren Mauerhaupt zugehört, dessen Grundriss der Bogen $p'a'$ Fig. 91 ist, so wie die gebrochene Stossfuge, deren Grundriss die gebrochene Linie $a'z'y'x'$ ist. Nachdem dies geschehen ist, wird der ebene Theil der Böschungsfläche dargestellt, dessen Grundriss die Fig. $q'o'r't'$ ist. Diese Ebene wird mit Hilfe der zwei Linien qt und ar bearbeitet, da durch zwei parallele Linien eine Ebene vollständig bestimmt ist. Hierdurch gewinnt der Arbeiter die gerade Linie rt , welche die Richtung der erzeugenden Linie der schiefen cylindrischen Fläche vorstellt.

Die Bearbeitung jener cylindrischen Fläche bietet keine Schwierigkeiten dar, eben so wenig die Bearbeitung der gebrochenen Stossfuge, denn jene cylindrische Fläche entspricht dem normalen Cylinder, dessen Richtungslinie $p'a'$ auf dem Stein vorgeschrieben ist, wonach vermittelt des Winkeleisens die Fläche bequem und sicher bearbeitet werden kann.

Die gebrochene Ebene der Stossfuge steht ebenfalls normal auf den Lagern des Steins, ihre Richtung ist durch die Linien $a'z'$ und $z'y'$ auf dem obern und dem untern Lager vorgezeichnet und es kann daher die gebrochene Stossfuge hiernach leicht bearbeitet werden. Ungleich schwieriger ist aber die Bearbeitung der schiefen cylindrischen Fläche, die nun zuletzt dargestellt wird. Zu dem Ende sucht der Arbeiter den obern vorgezeichneten Kreisbogen ty , so wie den untern Kreisbogen rx auszuarbeiten, um das Lineal während der Bearbeitung der schiefen cylindrischen Fläche an diese zwei Kreisbogen parallel der Linie rt wiederholt anlegen zu können.

Eine Cylinderfläche wird von einer Ebene nur dann in einer Geraden geschnitten, wenn die Ebene entweder durch die Achse des Cylinders geht oder parallel mit derselben ist.

Da nun aber in Fig. 86 und 91 die Stossfugenebenen die Cylinderfläche beliebig schief schneiden, so müssen die betreffenden Stossfugenkanten krumme Linien (im vorliegenden Fall Ellipsen) sein. Die wahre Form der Stossfugengattung $\mu'\psi'$ z. B. erhält man durch Umklappung. Ziehe $\mu'\mu$ und $q'q$ senkrecht auf $\mu'\psi'$, mache $\mu'\mu$ gleich $3''W''$ und $q'q$ gleich $2''q''$, verbinde die Punkte $\psi'q\mu$ durch eine stetige Kurve und ziehe durch μ eine Parallele zu $\psi'\mu'$, so ist $\mu'\psi'\mu$ die Form der Stossfugengattung.

6. Von den kegelförmigen Mauern.

§. 17.

Fig. 96 stellt die Projektionen zweier Böschungsmauern vor, deren Dossirungen verschieden, die Höhen der Steinschichten und die oberen Breiten der Mauern aber gleich sind. Die Richtungen beider Mauern schneiden sich unter einem spitzen Winkel und es sind zum Behuf der Beseitigung der spitzen Kante die beiden Böschungsseiten vermittelt einer Kegelfläche gegenseitig verbunden worden. Die Projektionen dieser Kegelfläche zu erhalten, konstruiere man wie folgt:

Man halbire die Winkel $A'R'M'$ und $C'h'K'$ durch die geraden Linien $R'h'$ und $h'l'$, nehme in diesen Linien die Punkte k' und l' dem Zweck entsprechend beliebig an und ziehe die Linie $k'l'$. Sodann verbinde man die Punkte R' und r' durch eine ge-

rade Linie, verlängere diese so weit, bis sie in s' die Verlängerung der Linie $l'l'$ schneidet: so stellt s' den Grundriss der Spitze des Kegels vor, l' den des Mittelpunktes desjenigen Kreisbogens, welcher die untern Kanten der Böschungsmauer verbindet, und l die des Mittelpunktes vom obern Kreisbogen, durch welchen die obern Kanten der Böschungsmauer verbunden werden.

Wenn man daher von l' auf die Richtungen $A'R'$ und $R'M'$ der Mauern die Normalen $l'n'$ und $l'\psi'$ fällt, die Punkte n' und ψ' mit s' durch gerade Linien verbindet, die Längen $l'l'$ und $n'm'$ beide in sechs gleiche Theile theilt, aus l' mit $l'n'$ als Radius den Kreisbogen $n'\psi'$, aus dem Punkte 3 mit der Länge $o'3$ als Radius den Kreisbogen $o'n'$, aus 5 mit $o'5$ den Kreisbogen $o'p'$ und endlich aus l' mit $l'm'$ den Kreisbogen $m'q'$ beschreibt, so stellen diese Kreisbogen die Grundrisse der äussersten Kanten der drei kegelförmigen Steinschichten vor.

Die Stossfugen werden in gleicher Weise wie im vorigen Falle angeordnet. Es werden nämlich die mittleren Kreisbogen der Kegelflächen an den Steinschichten konstruirt und die gebrochenen Stossfugen in der Böschungsfäche normal auf diesen Kreisbogen und zugleich auch normal auf der hintern normalen Cylinderfläche der Mauer angeordnet. Für den obern Schlussstein, dessen Grundriss die Fig. $y'x'w'v'V'd'c'b'a'z'$ ist, sind $y'v'$ und $z'c'$ die Projektionen von denjenigen Theilen der Stossfugen, welche auf dem mittlern Kreisbogen $o'x'$ normal stehen, wo hingegen die Fugen $v'V'$ und $c'd'$ normal stehen, auf dem hintern Bogen $V'd'$, da ihre Richtung durch den Mittelpunkt l' dieses Kreisbogens geht.

§. 18.

Die Fig. 97 zeigt denselben Fall, welchen wir in dem Vorangegangenen erklärt haben, mit dem Unterschiede jedoch, dass die Richtung der einen Mauer auf der Richtung der andern normal steht und die Böschungen auf der innern Seite der Mauern sich befinden. Beide Böschungsseiten werden durch eine Kegelfläche unter einander verbunden, deren Projektionen man findet, wenn man konstruirt wie im vorigen Paragraphen gelehrt worden ist. Man findet alsdann den Punkt l' als Mittelpunkt des untern Kreisbogens $n'o'$, m' als Mittelpunkt der zwei obern Kreisbogen und s' als Projektion der Spitze des Kegels.

In Fig. 96 nehmen die Radien der Kreisbogen der verschiedenen Schichten von unten nach oben zu ab und die Spitze des Kegels befindet sich im Raum über der Mauer; in Fig. 97 findet aber der entgegengesetzte Fall Statt, die Spitze des Kegels befindet sich im Raum unterhalb der Mauer und die Radien der verschiedenen Kreisbogen nehmen von oben nach unten zu ab.

In sofern die Art und Weise der Darstellung eines Steins der kegelförmigen Mauer, so wie auch die Bearbeitung desselben ähnlich ist der Darstellung und der Bearbeitung eines Steins von der schiefen cylindrischen Mauer, so haben wir es nicht für nöthig befunden, das Zeichnen und das Bearbeiten der Steine dieser Mauer weiter noch zu erklären.

Da eine Ebene eine Kegelfläche nur in dem Fall in einer Geraden (d. h. in einer Mantellinie) schneidet, wenn sie durch die Spitze des Kegels geht, so sind auch hier (Fig. 96 und 97) die Stossfugenkanten keine geraden Linien, sondern Kurven (d. h. Theile von einer Ellipse, Parabel oder Hyperbel), da die Stossfugenebenen die Kegelfläche beliebig schief schneiden. Die Form der betreffenden Brettungen findet man in gleicher Weise, wie in Fig. 86 und 91, durch Umklappung.

Bestimmung der Abmessungen der Futtermauern.

§. 19.

Unter Futter- oder Stützmauern versteht man solche Mauern, welche einer Erdmasse, dem Wasser u. s. w. als Stütze dienen, die also auf einer Seite frei, auf der andern Seite dem Schub einer Erd- oder Wassermasse ausgesetzt sind.

Wird trockene oder nasse Erde, Sand oder dergleichen aufgeschüttet, so bildet sich ein kegelförmiger Haufen, dessen Seiten einen der Beschaffenheit des Materials eigenthümlichen Böschungswinkel bilden. Ist nun z. B. $\sphericalangle bad = \alpha$ Fig. 98 Tfl. VI dieser Böschungswinkel, so wird, wenn die Masse in der Form $bcad$ aufgehäuft wird, die Masse abc das Bestreben haben, nach dem natürlichen Böschungswinkel α , also auf der Fläche ab hinab zu gleiten; soll nun dieses Gleiten verhindert werden durch eine bei ac sich anlehrende Böschungsmauer, so wird das Endprisma abc auf dieselbe einen Seitenschub ausüben.

§. 20.

Es sei nun $ac = h$ die Höhe einer Futtermauer, α der Ruhewinkel der Erde, womit die Mauer hinterfüllt ist, und m sei das Gewicht der Kubikeinheit dieser Erdart; man soll den Horizontaldruck S der Erde gegen die Futtermauer berechnen, vorausgesetzt,

dass ausser dem Druck der Erde keine fremde Kraft innerhalb derjenigen Grenze, in welcher die Erde noch auf die Futtermauer wirkt, vorhanden sei und dass die Erde mit der Futtermauer einerlei Höhe habe.

Dies vorausgesetzt, sei der Winkel $dab = \alpha$ und abc der normale Querschnitt desjenigen Erdkörpers, dessen Bestreben, nach der Richtung ba abzugleiten, so eben im Gleichgewicht mit der Reibung ist, welche hier sich bildet. Bezeichnet W das Gewicht dieses Erdkörpers, so ist das abgleitende Bestreben desselben nach der Richtung ba

$$= W \sin \alpha,$$

und die Reibung auf der schiefen Ebene ba , wenn μ den Reibungskoeffizient bezeichnet,

$$= \mu W \cos \alpha.$$

Es ist sonach $W \sin \alpha = \mu W \cos \alpha$

$$\text{oder } \mu = \text{Tang } \alpha.$$

Dieser Werth des Reibungskoeffizienten bleibt stets derselbe, wenn gleich die Bewegung der Erde hinter der Mauer nicht in der Linie ba , sondern in irgend einer andern Richtung Statt findet. So lange die Erde hinter der Mauer eine kompakte, in sich fest zusammenhängende Masse bildet, kann sie keinen Schub erzeugen. Nur dann erst, wenn die Erde zunächst hinter der Mauer von der festliegenden Erdmasse sich ablöst, wird der Erddruck gegen die Mauer zu wirken beginnen. Es bildet sich alsdann eine festliegende schiefe Ebene, auf welcher die abgelöste Erdmasse hinabzugleiten das Bestreben hat. Die Reibung, welche auf dieser schiefen Ebene entsteht, hebt zwar das abgleitende Bestreben der Massen zum Theil auf, sie hebt dieses Bestreben sogar gänzlich auf, wenn die Trennung in der Linie ba unter dem Ruhewinkel α erfolgte. In jeder andern Trennungslinie zwischen ab und ac wird aber die Reibung geringer sein, als das abgleitende Bestreben und es wird der Unterschied P beider Thätigkeiten die Intensität der Kraft ausdrücken, mit welcher die Erde hinabgleiten kann.

Bei der Bestimmung des Erddrucks gegen die Futtermauer ist es aber nothwendig, denjenigen Fall anzunehmen, bei welchem der Druck gegen die Mauer ein Maximum wird, weil man alsdann sicher ist, dass kein Druck gegen die Mauer entsteht, durch welchen dieselbe überwältigt werden kann, wenn man die Abmessungen der Mauer dem grössten Druck entsprechend angeordnet hat. Je nachdem aber die Trennungslinie der Erdmassen eine andere Richtung hat, wird auch der Schub S gegen die Mauer einen andern Werth annehmen, weshalb es von Wichtigkeit ist, diejenige Trennungslinie ea zu erforschen, für welche der Schub S sein Maximum wird.

Zu dem Ende sei der Winkel $cae = x$, der Winkel $cab = 90 - \alpha = \beta$ und das Gewicht des dreieitigen Prisma, dessen Querschnitt das Dreieck ace vorstellt, sei $= Q$. Die Länge l dieses Körpers kann der Kürze wegen gleich Eins gesetzt werden. Das Gewicht Q kann in dem Schwerpunkte s des Dreiecks ace vereinigt gedacht werden und muss dann hier in die zwei Komponenten y und z zerlegt werden, von welchen die Komponente y parallel der Linie ea wirkt, z aber normal darauf.

Die Komponente y hat das Bestreben, den Erdkörper zum Dreieck ace längs der Linie ea fortzubewegen, während der Normaldruck z auf dieser schiefen Ebene eine Reibung erzeugt, die dem Bestreben von y entgegen wirkt. Diese Reibung ist gleich μz und es kann sonach die Erde nur noch mit der Kraft

$$P = y - \mu z$$

nach der Richtung ea hinabgleiten.

$$\text{Es ist aber } Q = \frac{h^2 m}{2} \text{Tang } \alpha,$$

$$y = Q \cos x,$$

$$z = Q \sin x,$$

$$\text{daher } P = Q (\cos x - \mu \sin x)$$

$$= \frac{h^2 m}{2} \text{Tang } \alpha (\cos x - \mu \sin x).$$

Aus dieser Kraft P entspringt nun der Horizontalschub S gegen die Mauer. Zugleich geht aber hier noch eine Reibung hervor, welche nicht übersehen werden darf. Wenn nämlich der Erdkörper zu ace mit der Gewalt P auf der schiefen Ebene hinabgleitet, so muss an der hintern Wandfläche der Mauer eine Bewegung Statt finden, da sonst ein Senken des ganzen Erdkörpers vom Gewicht Q nicht möglich wäre. Wenn nun die hintere Wandfläche der Mauer eine lothrechte Richtung hat, so wird der aus P hervorgehende Horizontalschub S auf derselben eine Reibung von $\mu' S$ erzeugen, welche im Punkte s vereinigt in lothrechter Richtung nach oben wirkend gedacht werden kann.

Zur Bestimmung von S bedienen wir uns des Satzes der virtuellen Geschwindigkeit. Wir denken nämlich durch den Schwerpunkt s die Gegenkraft S nach horizontaler Richtung angebracht