Die Statik der Hochbau-Constructionen

Landsberg, Theodor

Stuttgart, 1899

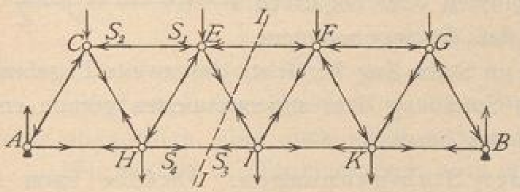
1) Verfahren für die Bestimmung der Stabspannungen

urn:nbn:de:hbz:466:1-77733

1) Verfahren für die Beſtimmung der Stabſpannungen.

Die Ermittelung der Spannungen in den einzelnen Stäben des Fachwerkes erfolgt nach dem allgemeinen Verfahren, welches in Art. 4 (S. 6) angegeben worden iſt. Man unterſucht den Gleichgewichtszuſtand irgend eines Theiles des Fachwerkes unter der Einwirkung aller an demſelben thätigen Kräfte. In jeder Stabaxe wirken zwei Kräfte, welche einander an Gröſse gleich ſind, aber entgegengeſetzten Sinn haben: die Stabſpannungen. Im Stabe CE (Fig. 190) wird von C eine Kraft S_1 auf E übertragen, und eine gleich groſse Kraft S_2 von E auf C; beide ſind Druck. In HI wird von H auf I ein Zug S_3, von I auf H ein gleich groſser Zug S_4 ausgeübt. In Fig. 190 ſind alle auf die Knotenpunkte wirkenden Stabſpannungen angegeben. 169. Erläuterungen.

Fig. 190.



Betrachtet man nur einen Theil des Trägers, etwa den links vom Schnitte II gelegenen, ſo wirken auf denſelben auſser den äuſseren Kräften die Stabſpannungen. Alle Stäbe, deren beide Knotenpunkte dem betreffenden Theile angehören, enthalten zwei Kräfte, die einander das Gleichgewicht halten, alſo für die allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen nicht in Betracht kommen. In anderer Lage ſind diejenigen Stäbe, welche vom Schnitte II getroffen werden, von denen alſo nur ein Knotenpunkt links vom Schnitte liegt. Nur diejenigen Spannungen dieſer Stäbe, welche auf die dem betreffenden Trägertheile angehörenden Knotenpunkte wirken, ſind als auf das Bruchſtück wirkende Kräfte einzuſetzen; ſo viele Stäbe alſo durch den Schnitt getroffen werden, ſo viele Stabſpannungen ſind in den Gleichgewichtsgleichungen vorhanden, welche für den Trägertheil aufzuſtellen ſind. Dieſe Spannungen ſind die unbekannten Kräfte, für deren Ermittelung die allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen zu Gebote ſtehen. Da für Kräfte in der Ebene drei Gleichgewichtsbedingungen vorhanden ſind, ſo iſt die Aufgabe auf dem angegebenen, rein ſtatiſchen Wege nur dann lösbar, wenn ſich bei jedem Schnitte nur drei unbekannte Stabſpannungen ergeben.

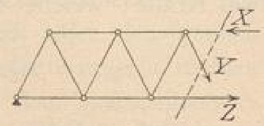
Ein ſolches Fachwerk, bei welchem ſämmtliche Stabſpannungen durch die Geſetze des Gleichgewichtes ſtarrer Körper beſtimmbar ſind, nennt man **ſtatiſch beſtimmt**; reichen dieſe Geſetze dazu nicht aus, ſo iſt das Fachwerk **ſtatiſch unbeſtimmt**. In letzterem Falle ſind die Stabſpannungen auch noch von den elaſtiſchen Formänderungen abhängig. Es iſt aus verſchiedenen Gründen empfehlenswerth, im Hochbau nur ſtatiſch beſtimmte Fachwerke zu verwenden.

Unter Berückſichtigung des Vorſtehenden iſt nun folgendermaſsen zu verfahren. 170. Verfahren im Allgemeinen.
Das Fachwerk wird an derjenigen Stelle durchſchnitten gedacht, an welcher man die inneren Kräfte, hier die Stabſpannungen, kennen lernen will; an den Schnittſtellen werden die inneren Kräfte angebracht und auf das Bruchſtück die allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen angewendet. Da hier die Stäbe, wie angenommen wurde, um die Knotenpunkte frei drehbar ſind, ſo muſs jede Stabſpannung mit der Richtung des betreffenden Stabes zuſammenfallen. Sonach ergiebt ſich die folgende Regel.

Man denke ſich den Träger ſo durchſchnitten, daſs die Stäbe, deren Spannung man ſucht, durch den Schnitt getroffen werden, bringe die mit den Stabrichtungen zuſammenfallenden Spannungen dieſer Stäbe als vorläufig unbekannte Kräfte an (Fig. 191) und ſtelle für das Bruchſtück die allgemeinen Gleichgewichtsbedingungen auf.

Die Stäbe werden gezogen oder gedrückt; im erſten Falle wirkt die Spannung vom Knotenpunkte ab (Y und Z in Fig. 191); im zweiten Falle wirkt ſie nach dem Knotenpunkt hin (X in Fig. 191). Da man beim Beginne der Berechnung vielfach noch nicht den Sinn der Beanſpruchung kennt, ſo werden wir zunächſt ſtets alle Spannungen als Zugſpannungen, d. h. vom Knotenpunkte ab gerichtet, einführen; die Rechnung ergiebt entweder einen poſitiven oder negativen Werth. Das erſtere Ergebniſs bedeutet, daſs die angenommene Pfeilrichtung die richtige war, d. h. daſs im Stabe Zug herrſcht; das zweite Ergebniſs bedeutet, daſs der Sinn der wirklichen Spannung dem angenommenen gerade entgegengeſetzt iſt, d. h. daſs im Stabe Druck herrſcht.

Fig. 191.



171. Verfahren durch Rechnung.

α) Analytiſche Beſtimmung der Stabſpannungen. Dieſelbe kann in zweifacher Weiſe geſchehen: entweder durch Aufſtellung aller Gleichgewichtsbedingungen oder nach der ſog. Momenten-Methode.

172. Gleichgewichtsbedingungen.

a) Die Aufſtellung der Gleichgewichtsbedingungen für das Bruchſtück (Fig. 192), welches, wie in Art. 170 angegeben, behandelt iſt, ergiebt drei Gleichungen, welche nach Art 6 (S. 8) lauten:

$$\left.\begin{array}{c} X\cos\sigma + Y\sin\tau + Z = 0; \quad D_0 - P_1 - P_2 + X\sin\sigma - Y\cos\tau = 0 \\ D_0 \,.\, 2a - P_1 a - Zz = 0 \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad 211.$$

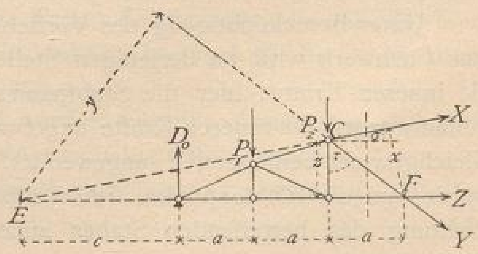
Als Drehpunkt für die dritte Gleichung iſt der Punkt C gewählt; alsdann haben X, Y und P_2 kein ſtatiſches Moment, weil ſie für dieſen Drehpunkt keinen Hebelsarm haben.

Der angegebene Weg führt ſtets, wenn nur 3 Unbekannte, alſo 3 geſchnittene Stäbe vorhanden ſind, zum Ziele; er hat den Nachtheil, daſs meiſtens 3 Gleichungen gelöst werden müſſen, ſelbſt wenn man nur eine Spannung kennen lernen will.

173. *Ritter*'ſches Verfahren.

b) Das Charakteriſtiſche der von *Ritter* angegebenen Momenten-Methode iſt, daſs man für jede Spannung nur eine Gleichung erhält; das Mittel dazu bietet die Gleichgewichtsbedingung, welche beſagt, daſs die algebraiſche Summe der ſtatiſchen Momente aller Kräfte, bezogen auf einen beliebigen Punkt der Ebene, gleich Null ſein muſs. Wird der Momentenpunkt ſo gewählt, daſs zwei von den drei Unbekannten das Moment Null haben, ſo bleibt in der Gleichung nur eine Unbekannte. Das ſtatiſche Moment jeder der beiden Kräfte iſt aber gleich Null für den Schnittpunkt beider Kraftrichtungen, weil für dieſen Punkt jede der beiden Kräfte den Hebelsarm Null hat. Das Verfahren iſt demnach das folgende.

Fig. 192.



Man lege durch den Träger einen Schnitt, ſo daſs nur 3 Stäbe mit unbekannten Spannungen geſchnitten werden, bringe dieſe Spannungen und alle am

Bruchftück wirkenden äufseren Kräfte an, fetze die algebraifche Summe der ftatifchen Momente diefer Kräfte gleich Null und wähle dabei als Momentenpunkt für die Ermittelung der Spannung eines Stabes ftets den Schnittpunkt der beiden mitdurchfchnittenen Stäbe.

Um in Fig. 192 die Spannung X zu finden, wählt man F als Momentenpunkt; die Gleichung der ftatifchen Momente heifst dann

$$Xx + D_0 \cdot 3a - P_1 \cdot 2a - P_2 a = 0,$$

woraus fich die einzige Unbekannte X leicht finden läfft. Für C als Momentenpunkt ergiebt fich

$$D_0 \cdot 2a - P_1 a - Zz = 0,$$

woraus Z zu berechnen ift, und für E als Momentenpunkt

$$Yy - D_0 c + P_1 (c + a) + P_2 (c + 2a) = 0,$$

woraus Y zu ermitteln ift.

Die Länge der Hebelsarme kann meiftens genügend genau aus der Zeichnung abgegriffen, aber auch leicht rechnerifch ermittelt werden.

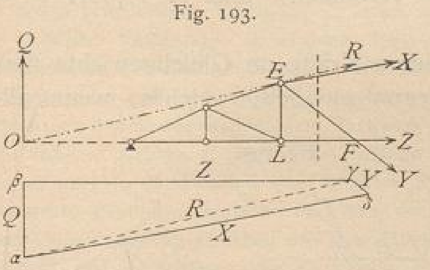
Wir werden den für einen Stab nach diefer Methode fich ergebenden Momentenpunkt den diefem Stabe conjugirten Punkt nennen.

β) Graphifche Beftimmung der Stabfpannungen. Auch das graphifche Verfahren kann nach verfchiedenen Arten durchgeführt werden, entweder nach der Schnittmethode oder nach der Vieleckmethode oder nach einer aus Zeichnung und Rechnung zufammengefetzten Weife (*Zimmermann*'s Verfahren). 174. Graphifches Verfahren.

α) Die Schnittmethode wurde von *Culmann* angegeben. 175. *Culmann*'fches Verfahren.

Werden die fämmtlichen am Bruchftück wirkenden äufseren Kräfte zu einer Mittelkraft Q (Fig. 193) zufammengefafft, fo wirken auf daffelbe 4 Kräfte, nämlich Q und die drei unbekannten Spannungen der durch den Schnitt getroffenen Stäbe. Für diefe 4 Kräfte ergiebt fich ein gefchloffenes Kraftpolygon. Von einer diefer Kräfte, nämlich von Q, find Gröfse, Richtung und Lage bekannt; von den drei anderen wohl die Richtung und Lage, nicht aber die Gröfse. Erfetzt man 2 der unbekannten Kräfte, etwa X und Y, durch ihre Mittelkraft R, fo bleiben nur noch

Fig. 193.



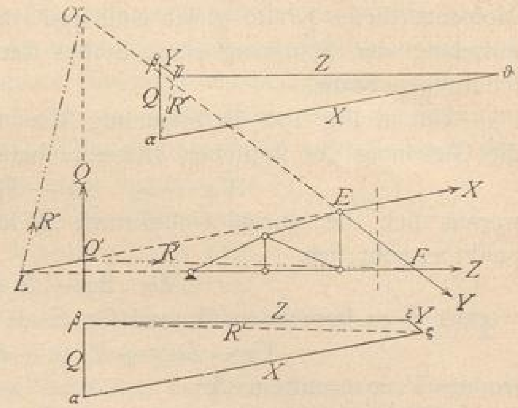
die 3 Kräfte Q, Z und R, welche fich nach Art. 8 (S. 10) in einem Punkte fchneiden müffen. R mufs alfo durch den Schnittpunkt O von Q und Z gehen. Da R aufserdem durch den Schnittpunkt E von X und Y geht, fo find 2 Punkte der Richtungslinie von R, fomit ift auch diefe Richtung felbft bekannt. R hat demnach die Richtung OE. Im Punkte O halten fich nun die 3 Kräfte Q, R und Z das Gleichgewicht; das für diefelben conftruirte Kraftpolygon ift eine gefchloffene Figur, hier ein Dreieck. Ift $Q = \alpha\beta$, fo ziehe man durch β eine Parallele zur Richtung von Z, durch α eine folche zur Richtung von R; der Schnittpunkt γ beider Linien ergiebt die beiden Kräfte $R = \gamma\alpha$ und $Z = \beta\gamma$.

In derfelben Weife kann nun R in feine beiden Seitenkräfte X und Y zerlegt werden, indem man durch die beiden Endpunkte von R Parallelen zu den Richtungen von bezw. X und Y zieht. Es ergiebt fich $\gamma\delta = Y$ und $\delta\alpha = X$.

Es ift für das Endergebnifs gleichgiltig, welche beiden von den unbekannten Spannungen man zu einer Mittelkraft vereinigt. Man kann auch Y und Z (Fig. 194) durch ihre Mittelkraft R' erfetzen, welche dann durch F und den Schnittpunkt O' der Kraft X mit Q geht. Als Kraftpolygon erhält man $\alpha\beta\varepsilon\zeta$.

Eben ſo kann man auch X und Z zu einer Mittelkraft vereinen und erhält die ebenfalls in Fig. 194 gezeichnete Conſtruction.

Fig. 194.



Die angegebene Conſtruction giebt zugleich Aufſchluſs darüber, ob die Stäbe gezogen oder gedrückt werden. Da die am Bruchſtück wirkenden Kräfte im Gleichgewicht ſind, ſo haben ſie nach Art. 15 (S. 12) denſelben Umfahrungsſinn, und demnach iſt der Sinn aller im Kraftpolygon vorkommenden Kräfte bekannt, wenn der Sinn einer derſelben bekannt iſt. Hier iſt ſtets der Sinn von Q bekannt; denn dies iſt die Querkraft für den bezüglichen Querſchnitt. Q hat den Sinn von α nach β; alſo iſt in Fig. 193 Z von β nach γ, d. h. vom Knotenpunkt L ab gerichtet, Y von γ nach δ und X von δ nach α gerichtet. X wirkt alſo nach dem Knotenpunkte E hin, iſt demnach Druck, während Z und Y Zug bedeuten. Richtung, Gröſse und Lage der Kraft Q für eine gegebene Belaſtung ſind mit Hilfe des Kraft- und Seilpolygons leicht beſtimmbar. (Siehe Art. 153, S. 146.)

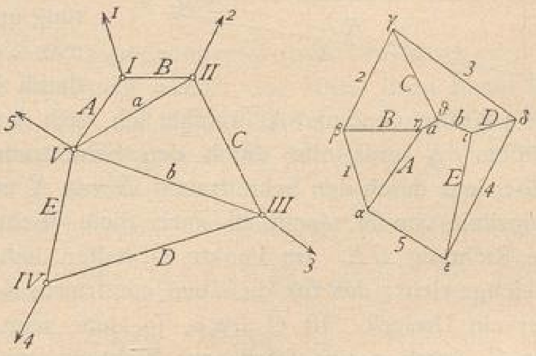
176. *Cremona*'ſches Verfahren.

b) Die Vieleckmethode iſt von *Cremona* angegeben worden.

Wir führen die folgenden Bezeichnungen ein. Randſtäbe ſeien Stäbe, welche zwei auf einander folgende äuſsere Knotenpunkte mit einander verbinden, alſo *I II*, *II III* . . . in Fig. 195; Zwiſchenſtäbe ſeien Stäbe, welche zwei nicht auf einander folgende äuſsere Knotenpunkte verbinden, alſo *II V*, *III V* in Fig. 195.

Da alle auf das Fachwerk wirkenden äuſseren Kräfte im Gleichgewichte ſind, ſo iſt für dieſelben ein geſchloſſenes Kraftpolygon möglich, welches, wenn alle äuſseren Kräfte nach Gröſse und Richtung gegeben ſind, leicht conſtruirt werden kann. Auſserdem ſind an jedem Knotenpunkte die an demſelben wirkenden Kräfte für ſich im Gleichgewicht; ſonach iſt für jeden dieſer Knotenpunkte ein weiteres, ſich ſchlieſsendes Kraftpolygon zweiter Ordnung möglich. An jedem Knotenpunkte wirken: eine äuſsere Kraft, die im beſonderen Falle Null ſein kann, und die Spannungen der Stäbe, welche ſich in ihm ſchneiden, alſo im Knotenpunkte *II* die Kräfte *2*, *B*, *C*, *a*.

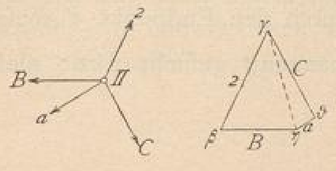
Fig. 195.



In den meiſten der kleinen Kraftpolygone kommt nun je eine äuſsere Kraft vor, welche bereits im groſsen Hauptpolygon der äuſseren Kräfte enthalten iſt; es wird alſo offenbar möglich ſein, jedes kleine Kraftpolygon ſo an das groſse zu legen, daſs die beiden gemeinſame äuſsere Kraft durch dieſelbe Gerade dargeſtellt wird. Da ferner jeder Stab zu zwei Knotenpunkten gehört, ſo kommt jede Stabſpannung in zwei Kraftpolygonen zweiter Ordnung vor. Es wird nun durch zweckmäfsige Anordnung möglich, die kleinen Kraftpolygone fo in das grofse einzufchachteln, dafs nicht nur jede äufsere Kraft, fondern auch jede Stabfpannung nur einmal im Kräftezuge vorkommt, d. h. auch die kleinen Kraftpolygone hängen dann fo zufammen, dafs die zweien gemeinfame Stabfpannung durch diefelbe Gerade dargeftellt wird.

Für die Conftruction der kleinen Kraftpolygone ift Folgendes zu beachten. Wenn, wie hier, die Richtung fämmtlicher Kräfte bekannt ift und das Kraftpolygon wegen des Gleichgewichtes der Kräfte fich fchliefst, fo ift die Conftruction deffelben ftets möglich, falls am Knotenpunkte nur zwei unbekannte Kräfte vorhanden find. Denn feien etwa in Fig. 196 *B* und *2* bekannt, *a* und *C* unbekannt, fo erfordert das Gleichgewicht, dafs die Mittelkraft von *a* und *C* der bekannten Mittelkraft von *2* und *B* der Gröfse nach genau gleich ift. Die bekannte Mittelkraft von *2* und *B* ift aber die Verbindungslinie $\eta\gamma$ im Kraftpolygon, und diefelbe ift im entgegengefetzten Sinne genommen ohne Schwierigkeit in die beiden Seitenkräfte *C* und *a* zu zerlegen, indem durch den einen Endpunkt, etwa γ, eine Parallele zu *C*, durch den anderen Endpunkt, etwa η, eine Parallele zu *a* gezogen wird. Der Schnittpunkt ϑ ergiebt $\gamma\vartheta = C$ und $\vartheta\eta = a$. Alsdann ift $\beta\gamma\vartheta\eta$ das kleine Kraftpolygon für Punkt *II*. Man mufs demnach die kleinen Kraftpolygone fo conftruiren, dafs fich ftets nur 2 Unbekannte ergeben. Zu diefem Zwecke beginnt man mit demjenigen Knotenpunkte, in welchem fich nur 2 Stäbe fchneiden, hier (Fig. 195) alfo etwa mit *I*. Die äufsere Kraft ift bekannt; unbekannt find demnach nur *A* und *B* und nach Obigem leicht zu ermitteln. Man geht nun zu einem Knotenpunkt über, von welchem man wiederum alle Kräfte mit Ausnahme von zweien kennt, hier zu *II*. Bekannt find hier *2* und *B*, unbekannt *C* und *a*, demnach leicht ermittelt. So fchreitet man weiter. Ein Knotenpunkt, in welchem fich nur 2 Stäbe fchneiden, ift bei den in der Praxis üblichen Gitterträgern ftets vorhanden.

Fig. 196.



Damit nun jede äufsere Kraft und jede Stabfpannung nur einmal in dem entftehenden Kraftzuge — dem Kräfteplan — vorkommen, ift folgende Regel zu befolgen. Man vereine fämmtliche äufseren Kräfte zu einem gefchloffenen Kraftpolygon, indem man fie in der Folge der Knotenpunkte oder, wie man fagt, in cyclifcher Reihenfolge an einander legt, und ziehe nun durch die Eckpunkte diefes Kraftpolygons Parallelen zu den Randftäben derart, dafs die Parallele zu einem Randftabe, etwa zu *A*, durch denjenigen Eckpunkt des grofsen Kraftpolygons geht, welcher zwifchen den beiden äufseren Kräften liegt, zwifchen denen der betreffende Randftab im Fachwerk fich befindet. Der Randftab *A* liegt im Fachwerk zwifchen den äufseren Kräften *1* und *5*; die Parallele zu *A* wird alfo durch den Punkt α zwifchen *1* und *5* gezogen; eben fo die Parallele zum Randftab *B* durch β zwifchen *1* und *2* etc. Unter Benutzung der hier gezogenen Parallelen conftruire man nun, wie oben angegeben, die kleinen Kraftpolygone; alsdann erhält man einen Linienzug zwifchen den Randftäben, in welchem jede einzelne Linie eine Zwifchenftabfpannung darftellt und in welchem jede Zwifchenftabfpannung nur einmal vorkommt. Die auf den Parallelen zu den Randftäben abgefchnittenen Längen geben die Spannungen der Randftäbe an.

Der Sinn der Stabfpannungen wird hier genau in derfelben Weife aus dem Kraftpolygon für einen Knotenpunkt ermittelt, wie im vorhergehenden Artikel angegeben ift.

c) Verfahren von *Zimmermann* für Fachwerke, welche durch parallele äufsere Kräfte beanfprucht werden. 177. *Zimmermann*'s Verfahren.

Die wagrechte Projection des Abftandes je zweier Knotenpunkte derfelben Gurtung fei conftant; fie fei gleich *a* (abgefehen von derjenigen der zunächft an den Auflagern gelegenen Knotenpunkte der unteren Gurtung). In einem Stabe der oberen Gurtung (Fig. 197), etwa im Stabe *II III*, ift die Spannung bei einer Belaftung, welche für den Punkt *3* das Moment M_3 erzeugt,

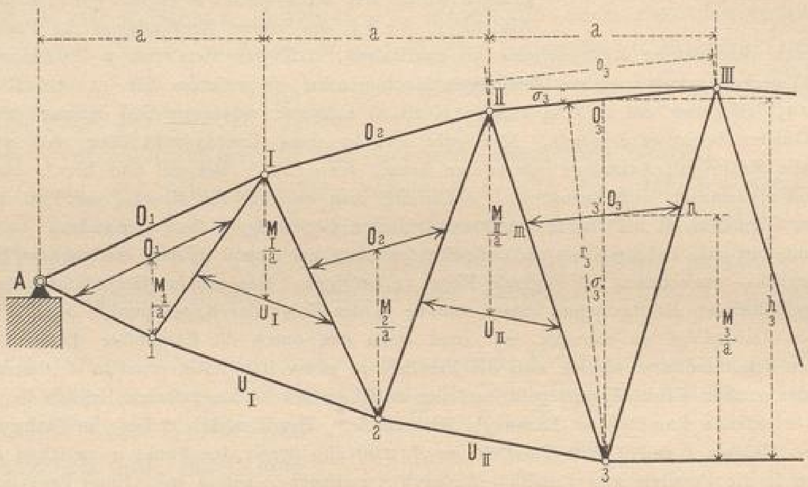
$$O_3 = -\frac{M_3}{r_3}.$$

Das Vorzeichen foll zunächft unberückfichtigt gelaffen und nur die abfolute Gröfse von O_3 in das Auge gefafft werden. Alsdann ift

$$O_3 = \frac{M_3}{r_3} = \frac{M_3}{a} \cdot \frac{a}{r_3} = \frac{M_3}{a} \cdot \frac{\frac{a}{\cos \sigma_3}}{\frac{r_3}{\cos \sigma_3}}.$$

Nun iſt aber $\frac{a}{\cos \sigma_3} = o_3$ gleich der Länge des Stabes *II III* der oberen Gurtung, deſſen Spannung geſucht wird; ferner iſt $\frac{r_3}{\cos \sigma_3} = h_3$ gleich der Länge der lothrechten Linie, welche durch den Momentenpunkt *3* gelegt iſt vom Momentenpunkt *3* bis zum Schnittpunkt mit dem Stabe *II III*. Trägt man nun $\frac{M_3}{a}$ (d. h. eine Kraft) nach beliebigem Maſsſtabe auf der durch den Momentenpunkt *3* gezogenen Lothrechten ab, ſo ſei $3\,3' = \frac{M_3}{a}$; nun ziehe man durch den Endpunkt *3'* dieſer Linie eine Parallele zu dem Stabe *II III*, deſſen Spannung geſucht wird; dieſe

Fig. 197.



Parallele ſchneide die nächſten Diagonalen in *m* und *n*; dann iſt $\overline{mn}$ die geſuchte Spannung in O_3, und zwar in demſelben Kräftemaſsſtab, in welchem $\frac{M_3}{a}$ aufgetragen iſt. Denn wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke *3 II III* und *3 mn* verhält ſich

$$\frac{\overline{mn}}{o_3} = \frac{3\,3'}{h_3}, \quad \text{d. h.} \quad \overline{mn} = o_3 \frac{3\,3'}{h_3} = \frac{\frac{a}{\cos \sigma_3}}{\frac{r_3}{\cos \sigma_3}} \cdot \frac{M_3}{a}.$$

Dies iſt aber genau der Werth, welcher oben für die Spannung O_3 gefunden iſt.

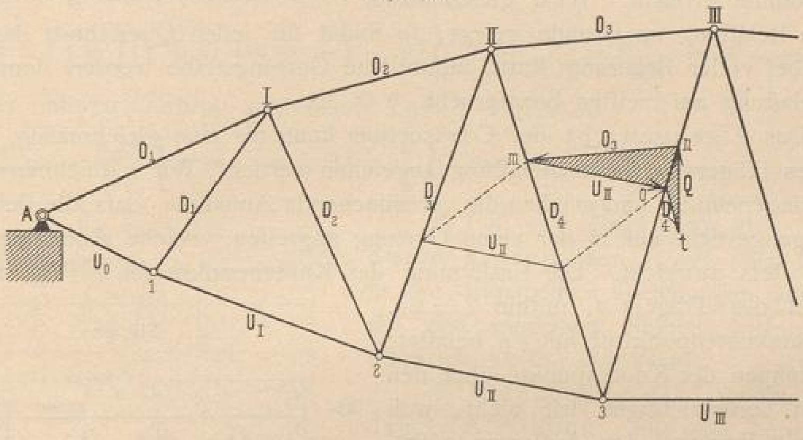
Was vom Stabe *II III* der oberen Gurtung nachgewieſen iſt, gilt für alle Stäbe der oberen und unteren Gurtung. Demnach ergiebt ſich als Regel für die Auffindung der Gurtſtab-Spannungen: Man trage von den Momentenpunkten der Gurtungsſtäbe die Werthe $\frac{M}{a}$ nach beliebigem Kraftmaſsſtabe aus lothrecht ab und ziehe durch die erhaltenen Endpunkte Linien parallel zu den betreffenden Gurtungsſtäben; alsdann geben die zwiſchen den Diagonalen erhaltenen Längen dieſer

Parallelen die Spannungen der Gurtungsſtäbe in demſelben Maſsſtabe an, nach welchem $\frac{M}{a}$ aufgetragen iſt.

In Fig. 197 ſind für die Stäbe der oberen und unteren Gurtung die Stabſpannungen nach vorſtehendem Verfahren ermittelt.

Man kann nach dieſem Verfahren auch die Spannungen der Gitterſtäbe leicht finden. Denkt man in Fig. 198 einen Schnitt durch die Stäbe O_3, U_{II} und D_4 gelegt, ſo wirken auf das links von dieſem Schnitt liegende Trägerſtück vier Kräfte, welche mit einander im Gleichgewicht ſein müſſen: die Mittelkraft aller äuſseren auf das Trägerſtück wirkenden Kräfte, d. h. die Querkraft Q, ferner die Spannungen O_3, U_{II}, D_4 der drei vom Schnitt getroffenen Stäbe. Für dieſe vier Kräfte ergiebt ſich demnach ein ſich ſchlieſsendes Kraftpolygon. Bekannt ſind O_3 und U_{II} nach Gröſse und Richtung, Q und D_4 nach ihrer Richtung. Man lege U_{II} in m an O_3 und ziehe durch den Endpunkt o dieſer Linie die Parallele zu D_4, durch n eine Parallele zu Q,

Fig. 198.



d. h. die Lothrechte; beide Parallelen ſchneiden ſich in t; alsdann iſt $\overline{ot} = D_4$ und $\overline{tn} = Q$. In Fig. 198 iſt das Kraftpolygon ſchraffirt[33]). Die Art der Beanſpruchung ergiebt ſich, wie ſtets, aus dem Umfahrungsſinn im Kraftpolygon.

Wenn einzelne Felder in der wagrechten Projection andere Knotenpunktsabſtände haben, als a, ſo ändert dies im Grundgedanken nichts; im Einzelnen wird die Conſtruction etwas anders. Die Werthe $\frac{M}{a}$ kann man durch Rechnung oder durch Conſtruction beſtimmen.

2) Parallelträger mit Netzwerk oder zwei Scharen von Diagonalen.

α) Berechnung der Spannungen in den Gurtungen. Um dieſe Spannungen für eine beliebige Belaſtung zu ermitteln, bezeichnen wir die Mittelkraft aller auf das Bruchſtück links vom Schnitte II (Fig. 199) wirkenden äuſseren Kräfte mit Q. Für irgend einen Stab CE der oberen Gurtung iſt F der Momenten- oder conjugirte Punkt, und das Moment der äuſseren Kräfte in Bezug auf dieſen Punkt iſt $M = Q\eta$. Daraus folgt als Bedingungsgleichung: 178. Berechnung der Gurtungsſpannungen.

$$0 = M + Xh, \quad \text{woraus} \quad X = -\frac{M}{h} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 212.$$

[33]) Daſs in Fig. 198 der Endpunkt o von U_{II} auf die Diagonale $III\,3$ fällt, iſt zufällig.