

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 27/28 (1896)  
**Heft:** 3

**Artikel:** Ueber Gitterträger  
**Autor:** Engesser, Fr.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-82365>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 15.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

INHALT: Ueber Gitterträger. — Die Gruppen 17 und 18 an der schweiz. Landesausstellung in Genf. — Exkursion der Ingenieurschule des eidg. Polytechnikums nach Oberhausen vom 22. bis 27. Juni 1896. — Miscellanea: Jungfraubahn. Elektrische Bahn Budapest-Fiume. Umbau des Bahnhofes Zürich. — Konkurrenzen: Zwei evangelische Kirchen für den Vorort Gross-Lichterfelde bei Berlin. Bürgerspitalgebäude in Laibach.

Pariser Weltausstellung. — Litteratur: Zeitschrift für Architektur und Ingenieurwesen. Reliefpläne der Gotthardbahn. — Nekrologie: † Dr. Arnold Meyer. — Vereinsnachrichten: Schweiz. Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemal. Polytechniker: Programme pour la XXIV<sup>ème</sup> Réunion 7, 8, 9 et 10 Août à Genève. Stellenvermittlung. Exposition nationale à Genève, Rendez-vous hebdomadaire.

## Ueber Gitterträger.

### I.

Unter Gitterträgern werden im Folgenden Träger vielfachen (mindestens vierfachen) Strebensystems, mit festen Verbindungen der Stäbe an den Knoten- und Kreuzungspunkten verstanden. Die Gurten sind in der Regel geradlinig (Parallelträger), die beiden Strebenscharen von der gleichen Neigung gegen die Gurten (Abb. 2). In Folge der festen Stabverbindungen, insbesondere der Kontinuität der Gurten, werden die äusseren Belastungen, auch bei unregelmässiger Anordnung von Einzellasten, mehr oder minder gleichmässig auf die einzelnen Strebensysteme verteilt, unter gleichzeitigem Auftreten entsprechender Biegungsspannungen (Nebenspannungen) in den betr. Stäben. Es entsteht hierbei ein wesentlich anderes Kräftespiel, als sich nach der gewöhnlichen Fachwerktheorie, welche reibungslose Knotengelenke voraussetzt, ergibt. Als obere Grenze ist die vollständig gleichmässige Verteilung der Lasten auf sämtliche Strebensysteme anzusehen, wie dies auch bei dem üblichen Näherungsverfahren in praxi angenommen wird. Man erhält hierfür, mit geringer Vernachlässigung:

Gurtkraft  $S = \frac{M}{h}$ , wo  $M$  = Moment der äussern Kräfte um den Gegenpunkt des Gurtstabs (d. h. den der Stabmitte gegenüberliegenden Punkt der andern Gurtung),  $h$  = Trägerhöhe;

Strebenkraft  $D = \frac{Q}{\sin \delta}$ , wo  $Q$  = Querkraft für einen Schnitt durch Strebenmitte parallel der andern Strebenschar,  $\delta$  = Neigungswinkel der Strebe.

Eine vollständig genaue Berechnung unter Berücksichtigung sämtlicher Nebeneinflüsse ist wohl kaum durchführbar. Man kommt jedoch der Wahrheit sehr nahe, wenn man nur den Einfluss der Kontinuität der Randstäbe (Gurten und Endständer) in Rechnung stellt, gelenkartige Verbindungen zwischen Streben und Gurtstäben voraussetzt und von der gegenseitigen Verbindung der Streben an den Kreuzungspunkten, soweit es sich um Deformationen in der Trägerebene handelt, absieht. Bezüglich der Querdeformationen (seitliches Ausbiegen der Streben) kommt die gegenseitige Verbindung der Streben selbstverständlich in Anrechnung.

Unter den angegebenen Voraussetzungen handelt es sich um ein System von  $(m - 1 + k)$ -facher statischer Unbestimmtheit, wo  $m$  die Zahl der Strebensysteme,  $k$  die Zahl der Knotenpunkte bezeichnet. Als statisch unbestimmte Grössen seien gewählt: Die Biegemomente der Randstäbe an den Knotenpunkten  $X_1, X_2, \dots, X_k$  ( $k$  Stück) und die Differenzen zwischen den wirklichen Vertikal-komponenten der linken Endstreben und denen, die sich bei der üblichen Zerlegung des Gesamtsystems in  $m$  einfache statisch bestimmte Systeme ergeben,  $X_1, X_2, \dots$ . Da zwischen letzteren Grössen die Beziehung  $\sum X + C_0 - C_k = 0$  herrscht, so ist die Zahl der Unbekannten nur  $= m - 1$ .  $C_0$  und  $C_k$  bezeichnen hierbei die von den Gurtungen auf die Endknoten ausgeübten Vertikaldrucke.

Die Stabkräfte und Stabmomente lassen sich nun in folgender Weise als Funktionen der Unbekannten darstellen (Abb. 1).

Moment im Punkte  $x, \chi$  eines Gurtstabs

$$M = \frac{X_r \cdot s + X_{r+1} \cdot x}{e}$$

Die Momente werden als positiv angesehen, wenn sie den betreffenden Randstab konkav nach aussen krümmen.

$$\text{Knotendruck } C_r = \frac{X_{r-1}^2 X_r + X_{r+1}}{e};$$

$$\text{Endknoten, vertikaler Druck } C_0 = \frac{-X_0 + X_1}{e};$$

$$\text{horizontaler Druck } H_0 = \frac{-X_0 + X_k}{h}.$$

$C$  und  $H$  sind positiv, wenn sie von aussen nach innen gerichtet sind.

$$\text{Strebenkraft } D = \vartheta + \Delta D = \vartheta + \frac{X_m - \sum C}{\sin \delta},$$

wo  $\vartheta$  = Strebenkraft, die bei der üblichen Zerlegung in  $m$  statisch bestimmte Teilsysteme erhalten wird,

$X_m$  = derjenigen der Unbekannten  $X_1, X_2, \dots$ , die zum betreffenden Strebensysteme gehört.

Die Summation erstreckt sich über alle Knotendrucke  $C$  des betreffenden Strebensystems, die links von der fraglichen Strebe liegen. Dabei sind die  $C$  der unteren Knoten mit umgekehrtem Vorzeichen in Rechnung zu stellen.

Gurtkraft  $S = \mathfrak{S} - H + \sum \Delta D \cos \delta$ ,

wo  $\mathfrak{S}$  = Gurtkraft, die bei der üblichen Zerlegung in  $m$  statisch bestimmte Teilsysteme erhalten wird,

$H$  = linker horizontaler Knotendruck, der zur betreffenden Gurtung gehört.

Die Summation erstreckt sich auf alle Streben, die links vom Gurtstab angreifen.

Die innere Arbeit des Gesamtsystems ist nun innerhalb der Elasticitätsgrenze

$$A = \sum \frac{D^2 d}{2EF} + \sum \frac{S^2 s}{2EF} + \sum \frac{M^2 s}{2EJ}.$$

Die Gleichungen zur Bestimmung der  $(m - 1 + k)$  Unbekannten erhält man schliesslich in bekannter Weise, indem man die Gleichung  $\frac{dA}{dX} = 0$  für alle  $(m - 1 + k)$  Unbekannte  $X$  aufstellt.

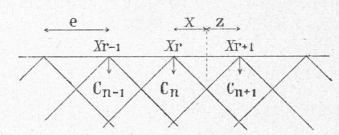
### II.

Die Ausführung des vorstehend angegebenen, genaueren Verfahrens ist äusserst umständlich und wird nur für besondere wissenschaftliche Untersuchungen in Frage kommen. Für die Zwecke der Praxis ist eine einfachere, wenn auch weniger genaue Methode wünschenswert, die für die Bestimmung der Dimensionen ausreicht und wenigstens ein annäherndes Bild über die Kraftverteilung liefert.

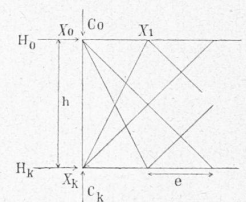
Für die folgende Untersuchung wird vorausgesetzt, dass keine lastverteilenden Vertikalen ausgeführt sind, und dass die Fahrbahn ohne Vermittlung besonderer Fahrbahnträger unmittelbar auf der Gurtung aufliegt. Die gesamte ruhende Last verteilt sich hierbei gleichmässig auf die einzelnen Strebensysteme, so dass es nur erforderlich wird, die bei der Verkehrsbelastung, die i. A. ungleichmässig verteilt ist, eintretenden Verhältnisse zu untersuchen.

Es wird zunächst angenommen, dass jeweils jeder zweite Knotenpunkt durch die Verkehrslast belastet sein möge (Abb. 2). Der Radstand  $r$  der Fahrzeuge ist somit = doppelte Knotenweite,  $r = 2e$ , vorausgesetzt. Bezeichnet man mit  $p$  die durchschnittliche Verkehrsbelastung für die Längeneinheit, so ist die Knotenlast  $P = 2pe$ . Durch die Kontinuität der Gurtungen wird ein Teil von  $P$  ( $= X$ ) auf

Abb. 1.

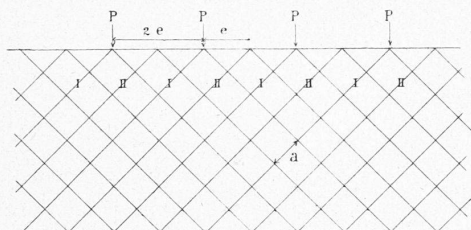


(Anmerkung: Anstatt  $X_{r-1}, X_r, X_{r+1}$ , ist zu lesen:  $X_{n-1}, X_n, X_{n+1}$ .)



die Nachbarknoten übertragen. Dieser Teil ist je nach der Abszisse des Knotenpunkts verschieden gross. Wir führen zur Vereinfachung der Rechnung  $X$  konstant, gleich einem mittleren Werte,  $X = \alpha P$ , ein; den Steifigkeitswiderstand der beiden Gurtungen denken wir uns in der belasteten Gurtung vereinigt und führen dementsprechend letztere mit dem doppelten Trägheitsmoment ( $2J$ ) in Rechnung.

Abb. 2.



Die Strebensysteme I (mit direkter Belastung) sind nun tatsächlich mit  $Y = P - X = P(1 - \alpha) = 2pe(1 - \alpha)$  pro Knotenpunkt der belasteten Gurtung, oder mit  $q_1 = \frac{P - X}{2c} = \frac{pe(1 - \alpha)}{c} = \frac{2p(1 - \alpha)}{m}$  pro lfd. Meter, die Strebensysteme II mit  $X = P\alpha = 2pe\alpha$  pro Knotenpunkt oder mit  $q_2 = \frac{X}{2c} = \frac{pe\alpha}{c} = \frac{2p\alpha}{m}$  pro lfd. Meter belastet.  $c$  bezeichnet hierin die Horizontalprojektion einer Strebe,  $c = d \cos \delta = b \cotg \delta = me : 2$ .

Die Senkung, die ein mit  $q$  pro lfd. Meter belastetes System infolge der Strebendeformation erleidet, beträgt in Trägermitte

$$\delta_{\frac{1}{2}} = \frac{d^3}{Ef h^2 c} \int_0^{\frac{1}{2}l} Q dx = \frac{d^3}{Ef h^2 c} \cdot M_{\frac{1}{2}} = \frac{d^3}{Ef h^2 c} \cdot \frac{q l^2}{8}$$

bei totaler Belastung.

Mittlere Senkung  $\delta = \text{ca. } \frac{2}{3} \delta_{\frac{1}{2}} = \frac{d^3}{Ef h^2 c} \cdot \frac{q l^2}{12}$ ,  
wo  $f$  = mittlerer Strebenquerschnitt.

Hienach mittlere Senkung der Systeme I  $\delta_1 = \frac{d^3 l^2}{Ef h^2 c 12} \cdot \frac{2p(1 - \alpha)}{m}$

" " " " " II  $\delta_2 = \frac{d^3 l^2}{Ef h^2 c 12} \cdot \frac{2p\alpha}{m}$ ,

mittlere Senkungsdifferenz  $\eta = \delta_1 - \delta_2 = \frac{d^3 l^2 \cdot p}{6 Ef h^2 c m} (1 - 2\alpha)$ .

Bei dieser Senkungsdifferenz wurde nur der Einfluss der Strebendeformation berücksichtigt; derjenige der Gurtdeformation durfte ausser Rechnung bleiben, da letztere nur in geringerem Masse von der Art der Lastverteilung auf die einzelnen Systeme abhängt.

Die Senkungsdifferenz  $\eta$  muss nun auch gleich der Durchbiegung eines eingespannten Gurtstücks von der Länge  $r = 2e$  sein, das in der Mitte durch  $X = 2pe\alpha$  belastet ist,

$$\eta = \frac{2pe\alpha(2e)^3}{192 E(2J)} = \frac{pe^4\alpha}{24 EJ},$$

wo  $J$  = mittleres Trägheitsmoment eines Gurtstabs.

Aus der Gleichsetzung beider Ausdrücke von  $\eta$  folgt

$$\frac{pe^4\alpha}{24 EJ} = \frac{d^3 l^2 p}{6 Ef h^2 c m} (1 - \alpha),$$

woraus  $\alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{e^4 m f h^2 c}{8 J l^2 d^3}} = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{r^4 m f h^2 c}{128 J l^2 d^3}}$

Dieser Ausdruck lässt sich auf die Form

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{r^4 h^2 c \sigma_1}{32 l^3 d^2 \sigma_2 i^2}}$$

bringen, wo  $i$  = mittlerer Trägheitsradius der Gurtstäbe,

$\sigma_1$  = mittlere Beanspruchung der Gurtstäbe,

$\sigma_2$  = " " " Streben,

da  $J = Fi^2$ ,  $F:mf$  annähernd  $= \frac{(p+g)l^2}{8h\sigma_1} : \frac{(p+g)ld}{2h\sigma_2} = \frac{l\sigma_2}{4d\sigma_1}$

$$J:mf = \frac{li^2\sigma_2}{4d\sigma_1}.$$

In der Regel ist  $\sigma_1 = \sigma_2$ ,  $b = c$ , oder doch nicht wesentlich davon verschieden. Dann kann man setzen  $d^2 = 2bc$ , und

$$\alpha = \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{1 + \frac{r^4 h}{64 l^3 i^2}}.$$

Grösster Knotendruck  $Y = P(1 - \alpha)$  (direkt belastete Systeme)

Kleinster "  $X = P\alpha$  (indirekt " " " )

Mittlerer "  $K = 0,5 P$ .

$$\gamma_1 = \frac{Y - K}{K} = \frac{P(1 - \alpha) - 0,5 P}{0,5 P} = 1 - 2\alpha = \frac{r^4 h}{64 l^3 i^2} : \left(1 + \frac{r^4 h}{64 l^3 i^2}\right)$$

$$\gamma_2 = \frac{Y - X}{K} = \frac{P(1 - \alpha) - P\alpha}{0,5 P} = (1 - 2\alpha) 2 = \frac{r^4 h}{32 l^3 i^2} : \left(1 + \frac{r^4 h}{64 l^3 i^2}\right)$$

Wird nur jeweils der dritte Knotenpunkt direkt belastet (Radentfernung  $r = 3e$ ), so erhält man ähnlich:

$$\alpha = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{1 + \frac{r^4 m f h^2 c}{243 J l^2 d^3}} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{1 + \frac{4 r^4 h^2 c \sigma_1}{243 l^3 d^2 \sigma_2}},$$

und für  $\sigma_1 = \sigma_2$ ,  $d^2 = 2bc$ ,

$$\alpha = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{1 + \frac{r^4 h}{121,5 l^3 i^2}}.$$

Grösster Knotendruck  $Y = P(1 - 2\alpha)$  (direkt belastete Systeme)

Kleinster "  $X = P\alpha$  (indirekt " " " )

Mittlerer "  $K = \frac{1}{3} P$ .

$$\gamma_1 = \frac{Y - K}{K} = \frac{3P(1 - 2\alpha) - P}{P} = 2 - 6\alpha =$$

$$= \frac{2 r^4 h}{121,5 l^3 i^2} : \left(1 + \frac{r^4 h}{121,5 l^3 i^2}\right);$$

$$\gamma_2 = \frac{Y - X}{K} = P(1 - 3\alpha) : \frac{1}{3} P = 3 - 9\alpha =$$

$$= \frac{r^4 h}{40,5 l^3 i^2} : \left(1 + \frac{r^4 h}{121,5 l^3 i^2}\right).$$

Für die Fälle, wo  $r \geq 4e$ , bedient man sich zur Bestimmung von  $Y$  und  $X$  am besten der Theorie des „schwimmenden Balkens“, indem man die Reaktionskräfte der Strebensysteme (Knotendrucke) stetig auf die Gurtbalken wirksam annimmt. Nach den im Organ für die Fortschritte des Eisenbahnwesens 1888, Seite 99, entwickelten Näherungsformeln ist der grösste, unter einem Rade  $P$  auftretende Reaktionsdruck für die Längeneinheit

$$p_1 = \frac{P}{r} \cdot \frac{3 + q}{1 + q},$$

und der kleinste Reaktionsdruck in der Mitte zwischen zwei Rädern

$$p_0 = \frac{P}{r} \cdot \frac{q - 1}{q + 1}.$$

Dementsprechend ist der grösste Knotendruck

$$Y = p_1 e = \frac{Pe}{r} \cdot \frac{3 + q}{1 + q} \text{ (direkt belastete Systeme),}$$

und der kleinste Knotendruck

$$X = p_0 e = \frac{Pe}{r} \cdot \frac{q - 1}{q + 1}$$

(Systeme in der Mitte zwischen zwei direkt belasteten Systemen).

Hierin bezeichnet  $q$  den Ausdruck

$$q = \frac{6 E(2J)}{C(0,25 r)} = \frac{3072 EJ}{C r^4},$$

$C$  den Proportionalitätsfaktor zwischen Reaktionsdruck und zugehöriger Senkung, in unserm Falle

$$C = \frac{12 E m f h^2 c}{d^3 l^2}.$$

Nach Einsetzen der Werte von  $C$  und  $q$  erhält man

$$q = \frac{256 J d^3 l^2}{r^4 m f h^2 c} \text{ bzw. } = \frac{64 d^2 l^3 i^2 \sigma_2}{r^4 h^2 c \sigma_1} \text{ bzw. } = \frac{128 l^3 i^2}{r^4 h};$$

$$Y = \frac{Pe}{r} \left(3 + \frac{128 l^3 i^2}{r^4 h}\right) : \left(1 + \frac{128 l^3 i^2}{r^4 h}\right) =$$

$$= \frac{Pe}{r} \left(1 + \frac{3 r^4 h}{128 l^3 i^2}\right) : \left(1 + \frac{r^4 h}{128 l^3 i^2}\right);$$

$$X = \frac{Pe}{r} \left(\frac{128 l^3 i^2}{r^4 h} - 1\right) : \left(\frac{128 l^3 i^2}{r^4 h} + 1\right) =$$

$$= \frac{Pe}{r} \left(1 - \frac{r^4 h}{128 l^3 i^2}\right) : \left(1 + \frac{r^4 h}{128 l^3 i^2}\right);$$

$$\gamma_1 = \frac{Y - K}{K} = Y : \frac{Pe}{r} - 1 = \frac{2 r^4 h}{128 l^3 i^2} : \left(1 + \frac{r^4 h}{128 l^3 i^2}\right);$$

$$\gamma_2 = \frac{Y - X}{K} = \frac{4 r^4 h}{128 l^3 i^2} : \left(1 + \frac{r^4 h}{128 l^3 i^2}\right).$$



Die Ungleichmässigkeitsgrade  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$  nehmen hier nach mit der Lastentfernung  $r$  zu, mit der Spannweite  $l$  und der Gurtsteifigkeit  $i$  ab.

Beispielsweise erhält man für  $r = 2,5 \text{ m}$ ;  $b:l = 0,1$ ;  $i:l = 1:360$  und

$l = 15 \text{ m}$	$20 \text{ m}$	$30 \text{ m}$	$50 \text{ m}$
$\gamma_1 = 0,143$	$0,049$	$0,01$	$0,0012$
$\gamma_2 = 0,286$	$0,098$	$0,02$	$0,0024$

Vorstehende Ergebnisse gelten der Voraussetzung nach nur für Totalbelastung, beziehen sich also auf die Endstreben. Für die übrigen Streben, welche bei teilweiser Belastung (Belastungslänge  $= \zeta$ ) ihre grösste Beanspruchung erleiden, nehmen die Ungleichmässigkeitsgrade  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$  grössere Werte an. Näherungsweise wachsen dieselben im umgekehrten Verhältnis wie die Belastungslänge  $\zeta^*$ , und können hiernach gleich  $\gamma_1 \frac{l}{\zeta}$  bzw.  $\gamma_2 \frac{l}{\zeta}$  gesetzt werden, wo  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$  die früheren Formelwerte darstellen. Für die mittleren Streben, wo  $\zeta = 0,5 l$ , erhält man somit die doppelten Werte wie in obiger Tabelle.

Die Zahlenwerte der Tabelle lassen erkennen, dass für Spannweiten über  $30 \text{ m}$  die übliche Voraussetzung einer gleichmässigen Lastverteilung auf sämtliche Strebensysteme zulässig erscheint, dass dagegen bei kleinen Spannweiten, die direkt belasteten Systeme einen ziemlich grösseren Anteil der Belastung übernehmen. So übernehmen bei  $l = 15 \text{ m}$  und ungünstigster Laststellung die Endstreben rund  $14,5\%$ , die Mittelstreben rund  $29\%$  mehr Belastung als der gleichmässigen Verteilung entspräche.

Selbstverständlich ändern sich die Zahlenwerte von  $\gamma$ , wenn für  $r$  und  $i$  andere Werte einzuführen sind. Die Lastentfernung  $r$  ist eine ideelle Grösse, die im gegebenen Fall derart anzunehmen ist, dass die denkbar ungünstigste Lastverteilung auf die einzelnen Strebensysteme entsteht.

Um diese Beträge sind die reinen Zug- bzw. Druckquerschnitte der Streben und die Querschnitte der Anschlusnieten stärker zu bemessen.

Die lastverteilende Wirkung der Gurtungen ist nicht möglich, ohne dass Biegemomente (Nebenmomente) in denselben auftreten. Als Mittelwerte bei Totalbelastung erhält man an den Lastpunkten ( $M_1$ ) und in der Mitte zwischen denselben ( $M_0$ ),

für  $r = 2e$ :

$$M_1 = \frac{Xr}{8} = \frac{Par}{8} = \frac{p ar^2}{8},$$

$$M_0 = -\frac{Xr}{8} = -\frac{Par}{8} = -\frac{p ar^2}{8};$$

für  $r = 3e$ :

$$M_1 = \frac{2Xr}{9} = \frac{2Par}{9} = \frac{2p ar^2}{9},$$

$$M_0 = M_1 - \frac{Xr}{3} = -\frac{Xr}{9} = -\frac{Par}{9} = -\frac{p ar^2}{9};$$

für  $r \geq 4e$  (nach der Näherungstheorie des „schwimmenden Balkens“):

$$M_1 = \frac{Pr}{96} \frac{3+8q}{2+q} = \frac{p r^2}{96} \cdot \frac{3+8q}{2+q}.$$

$q$  ist nach Früherem

$$= \frac{3072 EJ}{Cr^4} = \frac{256 J d^3 l^2}{r^4 m f h^2 c} \text{ bzw. } = \frac{64 d^2 l^3 l^2 \sigma_2}{r^4 h^2 c \sigma_2} \text{ bzw. } = \frac{128 l^3 l^2}{r^4 h}$$

Unter Benutzung des letzten Ausdrucks wird

$$M_1 = \frac{Pr}{96} \left( 3 + \frac{1024 l^3 l^2}{r^4 h} \right) : \left( 2 + \frac{128 l^3 l^2}{r^4 h} \right).$$

Für  $M_0$  erhält man

$$M_0 = M_1 - \frac{Pr}{8} = \frac{5Pr}{48(1+q)} = -\frac{Pr}{96} \frac{41+36q+4q^2}{(2+q)(1+q)}.$$

Für Spannweiten über  $30 \text{ m}$  kann man näherungsweise setzen

$$M_1 = \frac{Pr}{12} = \frac{p r^2}{12}; \quad M_0 = -\frac{Pr}{24} = -\frac{p r^2}{24}.$$

Die ungünstigsten Biegungsspannungen sind diejenigen, die mit der jeweiligen Grundspannung gleichen Sinnes sind.

\*) Strenggenommen wachsen die Ungleichmässigkeitsgrade  $\gamma_1$  und  $\gamma_2$  etwas rascher als die umgekehrten Werte der zu  $\zeta$  gehörigen Maximalmomente.

Für  $M_1$  fallen sie in die äusserste, für  $M_0$  in die innerste Faser. Bezeichnet man die zugehörigen Widerstandsmomente mit  $W_1 = F w_1$  und  $W_0 = F w_0$ , so sind die ungünstigsten Nebenspannungen

$$\nu_1 = \frac{M_1}{W_1} = \frac{M_1}{F w_1} \text{ und } \nu_0 = \frac{M_0}{F w_0}.$$

In der Regel ist  $M_1 > M_0$  und  $w_1 > w_0$ , so dass je nach den besonderen Verhältnissen  $\nu_1$  oder  $\nu_0$  den ungünstigeren Wert liefert. Bei dem gewöhnlichen T-Querschnitt wird meistens  $\nu_0 > \nu_1$  sein.

Behält man die früheren Zahlenwerte bei und nimmt ausserdem  $w_0 = l:1000$  an, so erhält man für grössere Spannweiten

$$M_0 = -\frac{p r^2}{24}; \quad \nu_0 = \frac{M_0}{F w_0} = \frac{p r^2}{24 F w_0}.$$

Nun ist für Trägermitte  $F = \frac{p l^2}{8 h \sigma}$ , wo  $\sigma$  = Grundspannung, somit

$$\frac{\nu_0}{\sigma} = \frac{r^2 h}{3 l^2 w_0} = \frac{100 r^2}{3 l^2} = \frac{208}{l^2}.$$

Für  $l = 30 \text{ m}$  wird  $\nu_0 : \sigma = 0,23$ ,

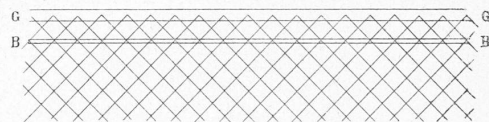
$l = 50 \text{ m}$  „  $\nu_0 : \sigma = 0,08$ .

Für  $l = 15 \text{ m}$  wird  $q = 13$ ,  $M_0 = -\frac{p r^2}{17,2}$ ,  $\nu_0 = \frac{p r^2}{17,2 F w_0}$ ,

$$\frac{\nu_0}{\sigma} = \frac{r^2 h}{2,1 l^2 w_0} = \frac{298}{l^2} = \frac{298}{225} = 1,3$$

Aus Vorstehendem ist ersichtlich, dass die Nebenspannungen der Gurtungen in Folge der Lastverteilung mit abnehmender Spannweite zunehmen und für kleine Spannweiten sehr beträchtliche Werte annehmen.

Abb. 3.



Möglichst steife Gurten (grosses  $J$ ) sind günstig für eine gleichmässige Lastverteilung auf die einzelnen Strebensysteme. In dieser Beziehung erscheint die Durchführung eines der Gurtung  $GG$  parallel laufenden Stabs  $BB$  (Abb. 3) zweckmässig.  $GG$  und  $BB$  bilden die Teilgurtungen der als Gitterträger angeordneten Gesamtgurtung  $GG$ , deren Trägheitsmoment wesentlich grösser ist als das der einfachen Gurtung  $GG$ . Derartige Teilgurtungen  $BB$  finden sich bei einzelnen älteren Gitterbrücken, wo sie allerdings nicht mit Rücksicht auf eine möglichst gleichmässige Lastverteilung, sondern nur zur Vergrösserung des Gesamtquerschnitts ausgeführt worden sind.

Werden besondere Fahrbahnträger angeordnet, so ist für  $r$  i. d. R. die Querträgerentfernung  $b$  einzuführen. Bei kleinen Werten von  $b$  kann unter Umständen auch  $r = 2b$  in Betracht kommen. Ausser der Verkehrslast ist nun auch das Fahrbahngewicht auf die einzelnen Strebensysteme zu verteilen. Die Lastverteilung wird wesentlich erleichtert, wenn zur Aufnahme der Fahrbahn-Querträger besondere Hilfsvertikalen angebracht werden, die mit den sie kreuzenden Streben fest verbunden sind. Die Gurtungen werden hiedurch bei geeigneter Ausführung fast vollständig von der Aufgabe der Lastverteilung befreit und haben demgemäss geringere Nebenspannungen auszuhalten. Es bleiben in der Hauptsache nur die gewöhnlichen, von den festen Knotenverbindungen herrührenden Nebenspannungen bestehen. Dieselben lassen sich näherungsweise nach folgender Formel berechnen:

$$\nu = \sigma \frac{2y}{h} \cdot \beta,$$

wo  $\sigma$  = Grundspannung,

$h$  = theoretische Trägerhöhe,

$y$  = Entfernung der betrachteten Faser von der Gurtungsachse.

$\beta$  = 1,2 bis 1,4.

Anmerkung. Infolge der gegenseitigen Verbindung der Streben an den Kreuzungspunkten wird die Lastverteilung und die Gurtbeanspruchung etwas günstiger, als vorstehend





nach unten transportieren zu können, und verbindet man die Hilfsvertikalen in ausreichender Weise mit den Streben, so genügt es i. d. R. weitaus, die Streben auf doppelte Maschenlänge  $a$  knicksicher herzustellen.

Bei unten liegender Fahrbahn kommt das Glied  $\frac{AKd^2}{20E \sin \theta}$  negativ, d. h. günstig in Rechnung; ausserdem sind hier fast immer Hilfsvertikalen ausgeführt, so dass i. d. R. eine Knicklänge, die nur wenig grösser ist als  $a$ , in Frage kommt.

Für die Ausführung ist eine  $n$ -fache Sicherheit einzuhalten, d. h. die Trägheitsmomente  $J_1, J_2$  sind  $n$ -mal grösser auszuführen als die vorstehenden Formeln ergeben, oder die Belastungen sind  $n$ -mal grösser als die Normallasten in die Formeln einzusetzen. Ausserdem ist es empfehlenswert, die Verkehrslast  $p$  mit Rücksicht auf deren dynamische Wirkungen mit erhöhtem Gewichte (etwa 1,5-fach) in Rechnung zu stellen, und für den Koeffizient  $\gamma_2$  möglichst ungünstige Annahmen zu machen. Durch den Sicherheitskoeffizient  $n$  soll den verschiedenen nicht besonders berücksichtigten Faktoren (excentrische Befestigung der Stäbe, Mängel der Ausführung und des Materials etc.) Rechnung getragen werden. Der wirkliche Sicherheitsgrad  $n_0$  (Bruchlast dividiert durch Normallast) ist somit geringer als  $n$ . Für den sichern Bestand des Bauwerks wird es i. d. R. genügen,  $n = 3$  bis 4 zu wählen.

Karlsruhe, im März 1896.

Fr. Engesser.

## Die Gruppen 17 und 18 an der schweizer. Landesausstellung in Genf.

### II. (Schluss.)

Beim Betreten der Gruppe 18 des „beruflichen Bildungswesens“ wird man zunächst freudig überrascht über die ausgedehnte Thätigkeit, welche auf diesem Gebiete nicht nur in den industriellen Centren, sondern auch in den der Industrie und dem Gewerbe entlegenen Landesgegenden entfaltet wird. Ein „Specialkatalog für Gruppe 18, A I“ von 250 Seiten giebt über die 203 gewerblichen und industriellen Berufs-Bildungsanstalten, welche der Bund für 1894 mit 515 000 Fr. subventionierte und an die von Kantonen, Gemeinden und Privaten weitere 1120 000 Fr. gewendet wurden, genauen Aufschluss hinsichtlich Organisation, Lehrgang und Lehrziele, Hilfsmittel, Schülerzahl u. s. w. Einen Begriff über den Aufschwung dieses beruflichen Bildungswesens erhält man, wenn man die Zahlen für 1884 — 43 subventionierte Anstalten und 438 000 Fr. Gesamtausgaben — mit jenen von 1894 — 189 Anstalten bei 20 000 000 Gesamtausgaben — vergleicht und beachtet, dass trotz der Vermehrung der Anzahl der Aufwand für die einzelne Anstalt sogar eher zugenommen hat. Verfolgt man nun die fast ausschliesslich in Schülerarbeiten bestehenden, übersichtlich angeordneten Ausstellungen der einzelnen Anstalten, so wird man aber sofort den Unterschied gewahr zwischen den aus eigener Initiative und dem Bedürfnisse der lokal entwickelten Industriezweige hervorgegangenen Schulen, welchen die Bundeshilfe trefflich zu statten kommt, um ihren klar gesteckten Zielen nachzustreben, und jenen Schulen, die sich besonderer Ziele nur unklar oder wohl gar nicht bewusst sind. Man empfindet, dass da oft etwas Gemachtes ist und versteht die Bedenken, welche in der Presse und auch in den eidg. Räten sich hinsichtlich der hier einzuschlagenden Wege geltend gemacht haben. Diese Diskussion musste kommen, und sie in Fluss gebracht zu haben ist schon ein Erfolg, der die Veranstaltung der Ausstellung dieser Gruppe rechtfertigt. Es ist Sache der Vertreter der Anstalten, der mit deren regelmässiger Inspektion betrauten Organe und besonders der Vertreter der mannigfachen industriellen Richtungen, denen das berufliche Bildungswesen dienen soll, sich zunächst hierüber auszusprechen. Wir fühlen uns nicht berufen, hier mitzureden, möchten aber bei jenen unserer Leser, welche die Ausstellung besuchen werden (und wir hoffen es sollen ihrer recht viele sein) diese Fragen angeregt und ihrer Beachtung empfohlen haben.

Wir müssen auch in dieser Gruppe die grosse Zahl der kleineren und untergeordneten Anstalten übergehen und nur jene herausgreifen, welche durch die Mannigfaltigkeit ihrer Abteilungen oder durch direkte Beziehungen zu einzelnen Industriezweigen unser besonderes Interesse erwecken. Abgesehen von mehr oder weniger bestrittenen Richtungen und Tendenzen, die fast überall die Meinungen für und wider sich erregen, ist unbestritten bei allen diesen Anstalten ein sehr erfreulicher Fortschritt zu verzeichnen, ein Fortschritt, dem ganz gewiss auch sein Anteil zukommt an dem Fortschritt, der in vielen, wo nicht den meisten Zweigen der eigentlichen Industrieausstellung zu Tage tritt. Durchgehen wir der örtlichen Reihenfolge nach die Ausstellung der wesentlichsten dieser Anstalten, so kommen wir aus Gruppe 17 zunächst in die Ausstellung des „Technikums Winterthur“, das mit der „Berufsschule für Metallarbeiter in Winterthur“ fast zwei Säle der Gruppe ausfüllt und mit seinen Zeichnungen, Plänen, Entwürfen, sowie mit den an letztgenannter Anstalt angefertigten Werkzeugmaschinen, Arbeiten der Feinmechanik und der Kunstschlosserei Zeugnis ablegt von dem frischen Geiste, der diese beiden Anstalten belebt. Sehr geschmackvoll, ja fast zu vornehm, erscheint die Auswahl ihrer Schülerarbeiten, welche die *Kunstgewerbeschule Zürich* und die *Lehrwerkstätte für Holzarbeiter* an die Ausstellung sandten. Die *Seidenwebschule Zürich* giebt eine recht übersichtliche Darstellung ihres Lehrganges. Die *Gewerbeschule der Stadt Zürich* bringt Zeichnungen und Modellierungen, sowie ausgeführte Pläne und technische Zeichnungen, welche auf eine relativ hohe Stufe hinweisen, die ihre Schüler erreichen. Die *Schnitzerschule Brienz* hat sich vorwiegend der Ornamentik zugewendet und bringt schöne Leistungen in Rahmen, Stuhllehnen und verschiedenen dekorativen Arbeiten. Die *Lehrwerkstätten Bern* bringen Schülerarbeiten aus verschiedenen Handwerken, wie Schreiner, Schlosser und Spengler. Die *Kunstschule Bern* fördert das Zeichnen und Malen ohne Anschluss an eine specielle andere Berufsrichtung. Das kantonale *Technikum Burgdorf* stellt seinen Lehrgang in den verschiedenen Abteilungen aus. Die Zeichnungen lassen das lobenswerte Bestreben erkennen, den Unterricht innerhalb der für Schüler eines Technikums angezeigten Grenzen zu halten. Das *westschweizerische Technikum Biel* mit seinen Unterabteilungen für „Uhrmacherei“, „Elektrotechnik und Kleinmechanik“, „Kunstgewerblich-bautechnische Schule“ und „Eisenbahnschule“ hat sich, wie aus diesen Titeln hervorgeht zum Teil besondere Ziele gesteckt. In der Uhrmacherei sind Schülerarbeiten ausgestellt, ebenso in der Abteilung für Elektrotechnik und Mechanik, wo elektrische Apparate, Werkzeuge und kleine Drehbänke gezeigt werden. Die technischen Zeichnungen erstrecken sich bis auf ganze Turbinenanlagen, Projekte für Villen u. a. m. Aus der Eisenbahnschule ist der Lehrgang durch Hefte u. dgl. dargestellt; zwei schön modellierte Porträtbüsten von einem Schüler gefertigt zieren diese Ausstellung. Die *Kunstgewerbeschule Luzern* bringt Modellier- und Steinmetzarbeiten. Ihre Kunstschlosserei hält sich mit Vorliebe an Muster aus dem 17. und 18. Jahrhundert und hat wohl auch daher die Verzinkung, Vergoldung oder gar den Anstrich mit Farben für ihre Erzeugnisse angenommen. Die *Freiburger Schulen* führen ebenfalls Steinmetzarbeiten vor, dann aber auch Korbflechterei, Kartonnage und Lederarbeiten. Die *Allg. Gewerbeschule Baselstadt* füllt einen grossen Saal und füllt ihn gut aus. Systematisch werden die Fachkurse für Maler, Schreiner, Bauzeichner, Steinmetze, Zimmerleute, Maurer, Mechaniker, Spengler und Schlosser gezeigt, immer innerhalb der zukünftigen Grenzen. Die Dekorationsmalerei zeigt uns in farbenfreudiger Frische, Arbeiten nach der Natur und stilisiert, sowie praktische Anwendungen für Friese, Panneaux, Plakate, Schilder, Diplome, Bucheinbände u. s. w. Auch die Frauenarbeitsschule weist schöne Sachen im Fayencemalen, in Näh- und Stickarbeiten auf. Die *Schulen und Kurse des Industrie- und Gewerbemuseums St. Gallen* haben, wenn auch nicht so viel und mannigfaltig doch kaum minder reich ausgestellt als Baselstadt. Bestechend wirken auf den Beschauer die wunderschönen, nach der Natur gemalten