

# DER STAHLBAU

Schriftleitung:  
 Dr.-Ing. A. Hertwig, Geh. Regierungsrat, Professor an der Technischen Hochschule Berlin, Berlin-Charlottenburg 2, Technische Hochschule  
 Fernsprecher: C 1 Steinplatz 0011  
 Professor W. Rein, Breslau, Technische Hochschule. — Fernsprecher: Breslau 421 61

Beilage  
 zur Zeitschrift

## DIE BAUTECHNIK

Fachschrift für das ge-  
 samte Bauingenieurwesen

Preis des Jahrganges 10 RM und Postgeld

8. Jahrgang

BERLIN, 8. November 1935

Heft 23

Alle Rechte vorbehalten.

### Zur Berechnung von strebenlosen gegliederten Tragwerken.

Von Ing. Dr. J. Wanke, o. ö. Professor, Prag.  
 (Schluß aus Heft 22.)

#### II. Der zweistielige Stockwerkrahmen.

Die beim Rahmenbalken getroffenen Annahmen übertragen wir sinn-  
 gemäß auf den Stockwerkrahmen und setzen hinsichtlich der Trägheits-  
 momente der Stiele fest, daß in allen Stockwerken  $\alpha = \frac{J^l \cdot \cos \varphi^l}{J^r \cdot \cos \varphi^r}$  ist.

An die Stelle der Gurte und Pfosten treten die Stiele und Riegel. Die  
 Stockwerkhöhen  $\lambda$  seien gleich groß, die Stielneigungen sind in der  
 Regel ebenfalls auf die ganze Länge gleich. Mit dem oberen Index  $l$   
 wird der linke, mit  $r$  der rechte Stiel gekennzeichnet. Die übrigen Be-  
 zeichnungen werden unverändert übernommen, sinngemäß auch die Vor-  
 zeichenregel, so daß positive Momente auf der rechten Seite der Stiele  
 und auf der Unterseite der Riegel Zug erzeugen.

$Y, Z$  am System I (Bild 2d) angreifen. Die bezüglichen Selbstspannungs-  
 zustände sind in den Bildern 2c, 2e u. 2g dargestellt. Aus Bild 2f ist  
 der auf das statisch bestimmte System bezogene Selbstspannungs-  
 zustand  $\bar{Z}_r = 1$  ersichtlich. Damit lassen sich leicht die Bestimmungs-  
 gleichungen der Unbekannten aufstellen:

$$(36) \begin{cases} 4X_1 + X_2 = -\frac{\alpha}{1+\alpha} (\mathfrak{M}_0 + 4\mathfrak{M}_1 + \mathfrak{M}_2) \\ X_{r-1} + 4X_r + X_{r+1} = -\frac{\alpha}{1+\alpha} (\mathfrak{M}_{r-1} + 4\mathfrak{M}_r + \mathfrak{M}_{r+1}) \\ X_{n-1} + 2X_n = -\frac{\alpha}{1+\alpha} (\mathfrak{M}_{n-1} + 2\mathfrak{M}_n) \end{cases}$$

Wie leicht einzusehen, ist Gl. (3)  $X_r = -\frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot \mathfrak{M}_r$  nur dann die voll-  
 ständige Lösung, wenn entweder  $\mathfrak{M}_0 = 0$  ist oder sich im Verhältnis  $\alpha : 1$   
 auf die beiden Stiele verteilt.

Die Bestimmungsgleichungen der  $Y$  und  $Z$  stimmen mit den Gl. (15)  
 und (16) überein, nur entfällt das Störglied  $Z_0$ . Sie lauten:

$$(37) \begin{cases} a_{1,1} Y_1 + a_{1,2} Y_2 + \frac{1-\alpha}{2(1+\alpha)} [b_{1,1} Z_1 + b_{1,2} Z_2] \\ = \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot \frac{\lambda}{6} [c_{1,0} \mathfrak{M}_0 + c_{1,1} \mathfrak{M}_1] \\ a_{r,r-1} Y_{r-1} + a_{r,r} Y_r + a_{r,r+1} Y_{r+1} \\ + \frac{1-\alpha}{2(1+\alpha)} [b_{r,r-1} Z_{r-1} + b_{r,r} Z_r + b_{r,r+1} Z_{r+1}] \\ = \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot \frac{\lambda}{6} [c_{r,r-1} \mathfrak{M}_{r-1} + c_{r,r} \mathfrak{M}_r] \\ a_{n,n-1} Y_{n-1} + a_{n,n} Y_n + \frac{1-\alpha}{2(1+\alpha)} (b_{n,n-1} Z_{n-1} + b_{n,n} Z_n) \\ = \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot \frac{\lambda}{6} (c_{n,n-1} \mathfrak{M}_{n-1} + c_{n,n} \mathfrak{M}_n) \end{cases}$$

$$(38) \begin{cases} \frac{1-\alpha}{2(1+\alpha)} (d_{1,1} Y_1 + d_{1,2} Y_2) + e_{1,1} Z_1 + e_{1,2} Z_2 + e_{1,3} Z_3 = 0 \\ \frac{1-\alpha}{2(1+\alpha)} (d_{r,r-1} Y_{r-1} + d_{r,r} Y_r + d_{r,r+1} Y_{r+1}) \\ + e_{r,r-2} Z_{r-2} + e_{r,r-1} Z_{r-1} + e_{r,r} Z_r \\ + e_{r,r+1} Z_{r+1} + e_{r,r+2} Z_{r+2} = 0 \\ \frac{1-\alpha}{2(1+\alpha)} (d_{n,n-1} Y_{n-1} + d_{n,n} Y_n) \\ + e_{n,n-2} Z_{n-2} + e_{n,n-1} Z_{n-1} + e_{n,n} Z_n = 0 \end{cases}$$

Die Beiwerte dieser Gleichungen stimmen bis auf die folgenden mit  
 den unter (18) angeführten überein.

$$(39) \begin{cases} a_{n,n} = \frac{1+\alpha^3}{3(1+\alpha)^3} \cdot \delta_n^{n-1} h_{n-1}^3 \\ + \frac{\lambda}{3} \cdot \frac{\alpha}{1+\alpha} (h_{n-1}^2 + h_{n-1} h_n + h_n^2) + \lambda (\beta_n + \gamma_n) \\ b_{n,n} = d_{n,n} = -\delta_n^{n-1} h_{n-1}^2 \\ e_{n,n} = \frac{\lambda}{2} (1+\alpha) (z_{n-1}^n + z_n^n) + \delta_n^{n-1} h_{n-1} \end{cases}$$

Was die Beiwerte  $e$  angeht, so ist zu beachten, daß die  $z_i^r$  ( $\equiv z_r^i$ ) infolge  
 der andersartigen Randbedingungen mit denen des Rahmenbalkens nicht  
 ganz übereinstimmen. Führen wir wie bei den Gl. (8) in den Gl. (36) als

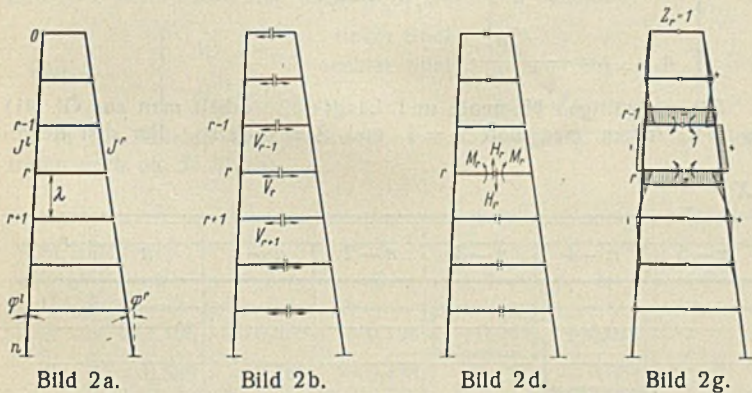


Bild 2a.

Bild 2b.

Bild 2d.

Bild 2g.

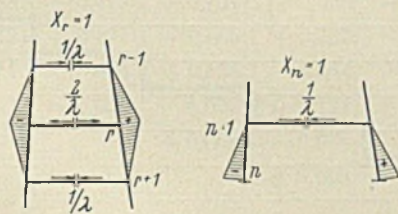


Bild 2c.

Axialkraft in den Stielen:

$$\begin{aligned} \text{links: } & -\left( \cos \varphi^l + \frac{\text{tg } \varphi^l - \alpha \text{ tg } \varphi^r}{1+\alpha} \cdot \sin \varphi^l \right) \\ \text{rechts: } & \cos \varphi^r - \frac{\text{tg } \varphi^l - \alpha \text{ tg } \varphi^r}{1+\alpha} \cdot \sin \varphi^r \end{aligned}$$

Bild 2e.

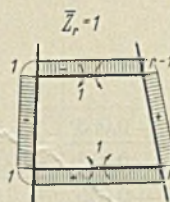


Bild 2f.

a) Belastung durch waagerechte Kräfte  
 in den Knotenpunkten.

In gleicher Weise wie beim Rahmenbalken wählen wir ein statisch  
 bestimmtes Grundsystem, das aus dem Stockwerkrahmen (Bild 2a) durch  
 Zerschneiden der Riegel erhalten wird (Bild 2b). Zum Unterschied vom  
 Rahmenbalken sind hier die Schnittkräfte (Anzahl  $3n$  bei  $n$  Riegeln) voll-  
 kommen unabhängig voneinander.

Aus den Schnittkräften  $V, H, M$  lassen sich je  $n$  Unbekannte  $X, Y, Z$   
 bilden, von denen die  $X$  am statisch bestimmten System (Bild 2b), die



Belastungsglieder der  $r-1$ - und  $r$ -ten Gleichung den Wert  $-3$  ein, so erhalten wir nach Bestimmung der Konstanten aus den Rand- und Übergangsbedingungen folgende Ausdrücke für die Unbekannten  $X_i^r$ :

$$(40) \begin{cases} X_i^r = \frac{3k^{r-i}(1-k^{2i})(1+k^{2(n-r+1)})}{1-k} \dots \dots i \leq r-1 \\ X_i^r = \frac{3k^{i-r+1}(1-k^{2r-1})(1+k^{2(n-i)})}{1-k} \dots i \geq r. \end{cases}$$

Wie aus dem Bau der Formeln (40) und der ihnen entsprechenden Tafel 6 der  $X_i^r$  hervorgeht, wirkt sich die geänderte Randbedingung nur in dem Eck  $r \rightarrow n, i \rightarrow n$  aus; ihr Einfluß klingt bald ab.

Die zugehörigen Summen  $z_{r-1}^r + z_r^r$  sind in der Tafel 7 zusammengestellt.

Man erkennt, daß auch hier die Berücksichtigung von fünf Z-Gliedern in Gl. (38) ausreicht. Die Auflösung der simultanen Differenzgleichungen (37) und (38) erfolgt wieder in der Weise, daß man zuerst in (38) Näherungswerte  $Y$  einführt, die aus (37) durch Vernachlässigung der Summendausdrücke  $Z$  erhalten werden. Mit den Unbekannten ergeben sich die endgültigen Momente und Längskräfte.

Stielmomente im Stockwerk  $r \dots r-1$ .

$$(41) \begin{cases} M_{r-1}^l = \frac{\alpha}{1+\alpha} (\mathfrak{M}_{r-1} - Y_r h_{r-1}) + \sum_{r-2}^{r+2} Z_r z_{r-1}^v \\ M_r^l = \frac{\alpha}{1+\alpha} (\mathfrak{M}_r - Y_r h_r) + \sum_{r-2}^{r+2} Z_r z_r^v \\ M_{r-1}^r = \frac{1}{1+\alpha} (\mathfrak{M}_{r-1} - Y_r h_{r-1}) + \sum_{r-2}^{r+2} Z_r z_{r-1}^v \\ M_r^r = \frac{1}{1+\alpha} (\mathfrak{M}_r - Y_r h_r) + \sum_{r-2}^{r+2} Z_r z_r^v. \end{cases}$$

Riegelmomente in den Anschlußpunkten an die Stiele.

$$(42) \begin{cases} M_o^{v,l} = -Z_l - Y_l \cdot \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot h_o \\ M_o^{v,r} = -Z_l + Y_l \cdot \frac{1}{1+\alpha} \cdot h_o \\ M_r^{v,l} = Z_r - Z_{r+1} + (Y_r - Y_{r+1}) \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot h_r \\ M_r^{v,r} = Z_r - Z_{r+1} - (Y_r - Y_{r+1}) \frac{1}{1+\alpha} \cdot h_r. \end{cases}$$

Längskräfte in den Stielen.

$$(43) \begin{cases} S_r^l = -Y_r \left[ \cos \varphi^l + \frac{\text{tg } \varphi^l - \alpha \cdot \text{tg } \varphi^r}{1+\alpha} \cdot \sin \varphi^l \right] \\ S_r^r = Y_r \left[ \cos \varphi^r - \frac{\text{tg } \varphi^l - \alpha \cdot \text{tg } \varphi^r}{1+\alpha} \cdot \sin \varphi^r \right]. \end{cases}$$

Längskräfte in den Riegeln.

$$(44) \begin{cases} V_o = V_o^l - Y_l \cdot \frac{\text{tg } \varphi^l - \alpha \cdot \text{tg } \varphi^r}{1+\alpha} + \frac{1}{\lambda} \sum_1^3 Z_r X_i^r \\ V_r = V_r^l - (Y_{r+1} - Y_r) \frac{\text{tg } \varphi^l - \alpha \cdot \text{tg } \varphi^r}{1+\alpha} \\ \quad + \frac{1}{\lambda} \sum_{r-2}^{r+2} Z_r (X_{r-1}^r - 2X_r^r + X_{r+1}^r). \end{cases}$$

Auch hier kann man sagen, daß die Riegel-Längskräfte nur dort zu berücksichtigen sind, wo größere Einzellasten angreifen.

Für  $\alpha = 1$  werden die  $Z = 0$  und es bleiben nur die  $Y$  zu ermitteln. Dann kann man aber auch ohne wesentlich größeren Rechenaufwand die Annahme gleicher Stockwerkhöhen fallen lassen und die Berechnung mit verschiedenen  $\lambda_r$  durchführen. Für diesen Fall haben die Bestimmungsgleichungen der  $Y$  folgende Form:

$$(45) \begin{cases} a_{r,r-1} Y_{r-1} + a_{r,r} Y_r + a_{r,r+1} Y_{r+1} \\ = \frac{\lambda_r}{12} (c_{r,r-1} \mathfrak{M}_{r-1} + c_{r,r} \mathfrak{M}_r). \end{cases}$$

Singemäß sind auch die Randgleichungen nach Gl. (37) zu bilden. Die zugehörigen Beiwerte sind:

$$(46) \begin{cases} a_{r,r-1} = -\frac{\delta_r^{r-1} h_{r-1}^3}{12} \\ a_{r,r} = -(a_{r,r-1} + a_{r,r+1}) + \frac{\lambda_r}{6} (h_{r-1}^2 + h_{r-1} h_r + h_r^2) \\ \quad + \lambda_r (\beta_r + \gamma_r) \\ a_{r,r+1} = -\frac{\delta_r^r h_r^3}{12}. \end{cases}$$

Die endgültigen Momente und Längskräfte erhält man aus Gl. (41) bis (44), indem man dort  $\alpha = 1$  und  $Z_i = 0$  setzt. Für den Regel-

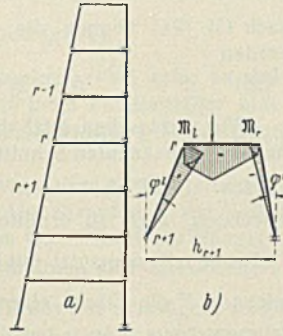
Tafel 6.  $X_i^r$ .

$i \setminus r$	1	2	3	4	5	.....	$n-5$	$n-4$	$n-3$	$n-2$	$n-1$	$n$	$r \setminus i$
1	-0,804	-0,589	+0,158	-0,042	-0,011								1
2	+0,215	-0,646	-0,631	+0,169	-0,045								2
3	-0,058	+0,173	-0,635	-0,634	+0,170								3
4	+0,016	-0,046	+0,170	-0,634	-0,634								4
5	-0,004	+0,012	-0,046	+0,170	-0,634								5
6		-0,003	+0,012	-0,045	+0,170								6
7			-0,003	+0,012	-0,045								7
8				-0,003	+0,012								8
9					-0,003								9
$n-10$							-0,003						$n-10$
$n-9$							+0,012	-0,003					$n-9$
$n-8$							-0,045	+0,012	-0,003				$n-8$
$n-7$							+0,170	-0,045	+0,012	-0,003			$n-7$
$n-6$							-0,634	+0,170	-0,045	+0,012	-0,003		$n-6$
$n-5$							-0,634	-0,634	+0,170	-0,045	+0,012	-0,002	$n-5$
$n-4$							+0,170	-0,634	-0,634	+0,170	-0,045	+0,009	$n-4$
$n-3$							-0,045	+0,170	-0,634	-0,633	+0,167	-0,033	$n-3$
$n-2$							+0,012	-0,046	+0,171	-0,637	-0,622	+0,124	$n-2$
$n-1$							-0,003	+0,013	-0,049	+0,182	-0,679	-0,464	$n-1$
$n$								-0,006	+0,024	-0,091	+0,340	-1,268	$n$



fall gleicher Stielneigung ( $\varphi^l = \varphi^r$ ) vereinfachen sich die Gleichungen noch weiter.

$$(47) \begin{cases} M_{r-1}^l = M_{r+1}^r = \frac{1}{2}(\mathfrak{M}_{r-1} - Y_r h_{r-1}) \\ M_r^l = M_r^r = \frac{1}{2}(\mathfrak{M}_r - Y_r h_r) \\ M_r^v = \pm (Y_r - Y_{r+1}) \frac{h_r}{2} \begin{matrix} \text{links} \\ \text{rechts} \end{matrix} \\ S_r = \mp Y_r \cdot \cos \varphi \begin{matrix} \text{links} \\ \text{rechts} \end{matrix} \\ V_r = V_r^l \end{cases}$$



Längskraft:  
linker Stiel:  $-\mathfrak{M} \cdot \cos \varphi^l$   
rechter Stiel:  $-\mathfrak{M} \cdot \cos \varphi^r$   
Bild 3a u. b.

b) Lotrechte Belastung der Riegel.

Es empfiehlt sich, der Berechnung der Belastungsglieder das statisch bestimmte System in Bild 3a zugrunde zu legen. Bei Belastung des Riegels  $r$  entsteht im statisch bestimmten Grundsystem die in Bild 3b dargestellte Momentenverteilung; in dem gleichem Bilde sind auch die zugehörigen Längskräfte eingetragen. Bei dieser Belastung verschwinden in den  $X$ -Gleichungen sämtliche Belastungsglieder bis auf die der  $r$ - und  $r+1$ -ten Gleichung.

$$(48) \begin{cases} X_{r-1} + 4X_r + X_{r+1} = \frac{2\lambda}{1+\alpha}(\mathfrak{M}^l + \alpha \mathfrak{M}^r) \\ X_r + 4X_{r+1} + X_r = \frac{2\lambda}{1+\alpha}(\mathfrak{M}^l + \alpha \mathfrak{M}^r) \end{cases}$$

Vergleichen wir mit Gl. (40), so können wir die Lösung sofort angeben:

$$(49) X_i = -\frac{2}{3} \cdot \frac{\lambda}{1+\alpha} (\mathfrak{M}^l + \alpha \mathfrak{M}^r) X_i^r$$

Die  $X_i^r$  können der Tafel 6 entnommen werden. Das Momentenbild im System I ist durch folgende Gleichungen bestimmt:

$$(50) \begin{cases} M_i^l = \mp X_i \begin{matrix} \text{linker Stiel} \\ \text{rechter Stiel} \end{matrix} \dots i < r-1 \\ M_i^v = 0 \dots \dots \dots i \leq r \end{cases}$$

In den Stielen des Stockwerks  $r \dots r+1$  und im  $r$ -ten Riegel treten noch die  $\mathfrak{M}$  hinzu.

Damit sind jetzt auch die Belastungsglieder Gl. (37) u. (38) gegeben. Die Auflösung der beiden inhomogenen simultanen Gleichungssysteme ist ziemlich umständlich, wenn auch durch Belastungs-Umordnung Vorteile zu erzielen sind.

Sind alle Riegel belastet, beispielsweise durch das Eigengewicht, so erscheinen alle Belastungsglieder der  $X$ -Gleichungen mit endlichen, im allgemeinen Falle voneinander verschiedenen Werten. Durch Iteration wird es in der Regel nicht schwer fallen, rasch zu brauchbaren Lösungen zu gelangen. Der sonstige Rechnungsgang stimmt mit dem der Belastung nur eines Riegels überein.

Da die Riegelbelastung bei geneigten Stielen von geringer praktischer Bedeutung ist, wird von der weiteren Verfolgung dieses Belastungsfalles abgesehen. Dagegen soll der Regelfall mit lotrechten Stielen näher untersucht werden. Hier vereinfacht sich die Rechnung dadurch, daß in den Stielen keine Momente  $\mathfrak{M}$  auftreten, wodurch die  $X$  und damit in den Stielen auch die  $M^l = 0$  werden. Ist wiederum nur der Riegel  $r$  belastet, so sind in Gl. (37) u. (38) alle Belastungsglieder = 0 mit Ausnahme der Glieder der  $r$ - und  $r+1$ -ten Gleichung.

$$(51) A_r = \mp \delta_r^r \int_0^{h_r} \mathfrak{M} \left( \frac{\alpha}{1+\alpha} \cdot h_r - x \right) dx \dots \dots \dots \text{Gl. (37)}$$

$$(52) D_r = \mp \delta_r^r \int_0^{h_r} \mathfrak{M} dx \dots \dots \dots \text{Gl. (38)}$$

Bei Belastung aller Riegel erscheinen diese Glieder bzw. die Summe zweier aufeinander folgender Werte in allen Gleichungen. Im Sonderfalle gleicher Belastung und gleicher Trägheitsmomente aller Riegel werden mit Ausnahme der  $n$ -ten Gleichungen die Gleichungssysteme (37) u. (38) homogen.

Bei dem gewählten statisch bestimmten Grundsystem sind die  $Y$  verhältnismäßig klein im Gegensatz zu Fall a) des Stockwerkrahmens, wo sie die Axialkräfte darstellten. Während dort in Gl. (37) der Summenausdruck der  $Z=0$  gesetzt wurde, um zu Näherungswerten  $Y$  zu gelangen, empfiehlt es sich hier, in Gl. (38) den Summenausdruck der  $Y=0$  anzunehmen und aus den verbleibenden fünfgliedrigen Gleichungen — meistens genügt die Berücksichtigung von drei Gliedern — Näherungswerte von  $Z$  zu bestimmen. Mit diesen liefern (Gl. 37) angenäherte  $Y$ . Aus einem zweiten Rechnungsgange ergeben sich  $Z$ - und  $Y$ -Werte, die in der Regel bereits genügend genau sind.

Bei symmetrischer Ausbildung werden infolge  $1 - \alpha = 0$  die beiden Gleichungssysteme unabhängig voneinander. Ist auch die Belastung symmetrisch, so werden die  $Y=0$ .

Tafel 7.  $z_{r-1}^v + z_r^v$

$r$	1	2	3	4	5	$\dots$	$n-5$	$n-4$	$n-3$	$n-2$	$n-1$	$n$	$r$
1	+ 1,196	- 0,589	+ 0,158	- 0,042	+ 0,011								1
2	- 0,589	+ 0,765	- 0,473	+ 0,127	- 0,034								2
3	+ 0,158	- 0,473	+ 0,734	- 0,465	+ 0,125								3
4	- 0,042	+ 0,127	- 0,465	+ 0,732	- 0,464								4
5	+ 0,011	- 0,034	+ 0,125	- 0,464	+ 0,732								5
6		+ 0,009	- 0,033	+ 0,124	- 0,464								6
7			+ 0,009	- 0,033	+ 0,124								7
8				+ 0,009	- 0,033								8
9					+ 0,009								9
$\dots$													$\dots$
$n-9$							+ 0,009						$n-9$
$n-8$							- 0,033	+ 0,009					$n-8$
$n-7$							+ 0,124	- 0,033	+ 0,009				$n-7$
$n-6$							- 0,464	+ 0,124	- 0,033	+ 0,009			$n-6$
$n-5$							+ 0,732	- 0,464	+ 0,124	- 0,033	+ 0,009		$n-5$
$n-4$							- 0,464	+ 0,732	- 0,464	+ 0,124	- 0,033	+ 0,006	$n-4$
$n-3$							+ 0,124	- 0,464	+ 0,732	- 0,463	+ 0,122	- 0,024	$n-3$
$n-2$							- 0,033	+ 0,124	- 0,463	+ 0,730	- 0,455	+ 0,091	$n-2$
$n-1$							+ 0,009	- 0,033	+ 0,122	- 0,455	+ 0,699	- 0,340	$n-1$
$n$								+ 0,007	- 0,024	+ 0,091	- 0,340	+ 0,267	$n$



Zur Ermittlung der endgültigen Momente und Längskräfte sind jetzt natürlich die bezüglichen Werte des statisch bestimmten Systems des Bildes 3a zu benutzen. Bei lotrechten Stielen treten Momente  $\mathfrak{M}$  nur in den Riegeln und Längskräfte  $\mathfrak{N}$  nur in den Stielen auf. Bezeichnen wir mit  $\mathfrak{X}_r$  und  $\mathfrak{Y}_r$  die Auflagerkräfte des frei aufliegenden Riegels  $r-1$ , so sind die Längskräfte des statisch bestimmten Systems

$$\text{im linken Stiel } r-1 \dots r \quad \mathfrak{N}_r^l = \sum_1^r \mathfrak{X}_r$$

$$\text{im rechten Stiel } r-1 \dots r \quad \mathfrak{N}_r^r = \sum_1^r \mathfrak{Y}_r$$

Im Falle symmetrischer Ausbildung und Belastung sind dies gleichzeitig die endgültigen Längskräfte.

Mit Rücksicht auf die Größe dieser Stieillängskräfte wird es nicht immer zulässig sein, die ihnen entsprechenden Formänderungen bei der Ermittlung der Unbekannten zu vernachlässigen. Sie haben Einfluß auf die Belastungsglieder Gl. (37). Bezeichnen wir bei lotrechter Lage und feldweise gleichem

Trägheitsmoment der Stiele das Verhältnis  $\frac{J_r}{F_r} = \beta_r$ , so ist der von den Längskräften herrührende Teil im Belastungsglied zu (37):

$$(53) \quad A_r = \beta_r (\mathfrak{N}_r^r - \mathfrak{N}_r^l) \lambda$$

Bei symmetrischer Belastung ist dieses Glied = 0. Am größten wird sein Einfluß, wenn nur ein Stiel belastet wird.

c) Wirkung einer Temperaturänderung.

Eine gleichmäßige Temperaturänderung beider Stiele und aller Riegel wird nur in der Nähe der Einspannstelle einen merkbaren Einfluß ausüben, der aber, wenn das unterste Geschoß nicht zu niedrig ist und die Stiele nicht zu steif sind, vernachlässigt werden kann. Dagegen beeinflusst eine Temperaturänderung, die nur einen Stiel erfaßt, den ganzen Rahmen. Sie hat die gleiche Wirkung wie die entsprechende Längenänderung durch eine Längskraft, wobei eine Temperaturerhöhung einer Zugkraft entspricht. Das zu einer Temperaturerhöhung gehörige Belastungsglied Gl. (37) ist bei Systemsymmetrie:

$$(54) \quad A_r = \pm E J_r \cdot \cos \varphi \omega t \lambda$$

wobei das obere Vorzeichen für den linken, das untere für den rechten Stiel gilt.

III. Zusammengesetzte Rahmentragwerke.

Wenn die Scheiben eines zusammengesetzten Tragwerks nicht vollwandig, sondern gegliedert, aber ohne Schrägen ausgeführt werden, so sind diese Rahmenträger (Rahmenbalken oder Stockwerkrahmen) durch die an ihnen unmittelbar angreifenden Lasten und die in den Schnittflächen, die den Träger von den Nachbarscheiben oder der Erde trennen, wirkenden Kräfte beansprucht. Sind die Scheiben so aneinandergefügt, daß eine statisch bestimmte Anordnung entsteht, so können die Schnitt- und Auflagerkräfte aus den statischen Gleichgewichtsbedingungen ermittelt werden. Die Rahmenträger als Scheiben des zusammengesetzten Tragwerks sind in der unter I und II behandelten Weise zu berechnen, wenn diese Schnittkräfte als Auflagerkräfte eingeführt werden.

Sind die Scheiben aber so miteinander verbunden, daß die statischen Gleichgewichtsbedingungen zur Bestimmung der Schnittkräfte nicht ausreichen, so führt man das Scheibentragwerk auf eine statisch bestimmte Grundform zurück, berechnet die einzelnen Rahmenträger für die diesem System entsprechende Belastung und bringt erst dann die unbekannt Kräfte in den Trennflächen der Scheiben an. Beispielsweise berechnet man beim schrägenlosen gegliederten Zweigelenkbogen zuerst den frei aufliegenden gebogenen Rahmenbalken und läßt an diesem System den Horizontalschub angreifen.

Manchmal erweist es sich aber als vorteilhaft, den umgekehrten Weg einzuschlagen, wobei die Einführung vollwandiger Ersatzsysteme besondere Vorteile bietet. Allerdings besitzt diese Berechnungsart nur in Ausnahmefällen strenge Gültigkeit, aber der Fehler ist bei Einhaltung gewisser Bedingungen nicht groß. Diese Methode bewährt sich besonders dann, wenn auch die Ersatzsysteme höhergradig statisch unbestimmt sind und die übliche Berechnungsweise äußerst mühselig und zeitraubend ist.

Ähnlich wie im Teil I bezeichnen wir die von der Belastung im statisch bestimmten System herrührenden Momente mit  $\mathfrak{M}$ , die unbekannt Gruppen der Schnittkräfte des einfachen Rahmenträgers mit  $U_1$  und die zugehörigen Wirkungen (Momente, Längskräfte) mit  $u_1 = u_1$ . An diesem Rahmenträger greifen die übrigen Unbekannten  $U_{II}$  an, die im gleichen System die Wirkungen  $u_{II}$  hervorrufen. Im statisch bestimmten System sind die Wirkungen der gleichen Unbekannten  $\bar{u}_{II}$ . Sind alle Unbekannt auf das statisch bestimmte Grundsystem bezogen, so werden sie mit  $\bar{U}_I$  bzw.  $\bar{U}_{II}$ , die infolge  $U_{II} = 1$  erzeugten  $U_I$ -Werte mit  $U_I^{II}$  bezeichnet.

Entsprechend (1) bestehen zwischen den Unbekannt  $\bar{U}$  und  $U$  bzw. ihren Wirkungen die Beziehungen:

$$(55) \quad \left\{ \begin{aligned} \bar{U}_{II} &= U_{II} \\ U_I &= U_I + \sum U_{II} U_I^{II} \\ u_i &= \bar{u}_i \\ u_{II} &= \bar{u}_{II} + \sum U_I^{II} \bar{u}_I \end{aligned} \right.$$

Nach Gl. (2a) können die endgültigen Momente wie folgt angegeben werden

$$(56) \quad M = \mathfrak{M} + \sum U_I \bar{u}_i + \sum U_{II} \bar{u}_{II}$$

Wir vertauschen jetzt die beiden Gruppen der Unbekannt, so daß nun die unbekannt Schnittkräfte des Rahmenträgers mit  $U_{II}$  bezeichnet werden. Die Unbekannt  $\bar{U}_I$  kann man, statt sie aus  $U_I$  und  $U_{II}$  zu berechnen, auch so ermitteln, daß man den Rahmenträger durch einen Vollwandbalken ersetzt mit einem Trägheitsmomente  $F \cdot \frac{h^2}{2}$ . Dabei bezeichnen  $F$  die Fläche eines Gurtes,  $h$  den Mittenabstand der Gurte des Rahmenträgers. Auch bei der Berechnung der  $U_{II} = \bar{U}_{II}$  kann man statt des aus einem Gurt bestehenden statisch unbestimmten Systems den Ersatzbalken und die zugehörigen Momente  $M^I = \mathfrak{M} + \sum U_I u_i$  einführen. Da sowohl  $\bar{U}_{II} = U_{II}$  als auch  $\bar{u}_{II}$  auf das statisch bestimmte Grundsystem bezogen sind, gelten die gleichen Bestimmungsgleichungen, wie sie für den statisch bestimmt gelagerten einfachen Rahmenträger entwickelt wurden, nur sind statt der  $\mathfrak{M}$  die Momente  $M^I$  zu verwenden. Bei nichtparallelgurtigen Trägern ist der Ersatzbalken nur zur Berechnung der  $\bar{U}_I$  zu benutzen, die  $M^I$  zur Berechnung der  $U_{II}$  sind aus dem nach Zerschneiden der Pfosten aus einem Gurt bestehenden statisch unbestimmten System zu ermitteln.

Der Rechnungsgang soll am Beispiel des durchlaufenden Rahmenbalkens (Bild 4a) erläutert werden.

Der vollwandige Ersatzbalken liefert bei Vollbelastung die in Bild 4b dargestellte Momentenlinie. Das statisch bestimmte Grundsystem ist der Träger auf zwei Stützen mit der Spannweite  $2l_1 + l_2$ , bei dem sämtliche

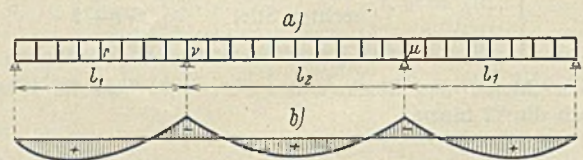


Bild 4a u. b.

Pfosten zerschnitten sind. Die obere Trägerhälfte ruht nur in den Gelenken der Endpfosten auf, von denen das eine fest, das andere beweglich ist. Die in den Schnittflächen wirkenden Kräfte ( $X, Y, Z$ ) sind  $U_{II}$ . Die Bestimmungsgleichungen sind die gleichen wie beim einfachen Rahmenbalken, nur sind zur Berechnung der Belastungsglieder statt der  $\mathfrak{M}$  die Momente  $M^I$  des durchlaufenden Trägers zu verwenden. Da diese Gleichungen sich über den ganzen Träger mit der Stützweite  $2l_1 + l_2$  erstrecken, ist die Zahl der Unbekannt groß. Um die Rechnung zu vereinfachen, wird eine Aufspaltung der Gleichungen über oder in der Nähe der Mittelstützen vorgenommen, so daß das Gleichungssystem in drei Teile zerfällt. Dieses Aufspalten erfolgt dadurch, daß  $Y_\nu = Z_\nu = Y_\mu = Z_\mu = 0$  gesetzt wird. Dabei bedeuten  $\nu$  und  $\mu$  die Fußzeiger der Knoten über den Mittelstützen. Die zugehörigen Lösungen werden mit  $Y_\nu^0, Z_\nu^0$  bezeichnet. Ebenso werden zu den Belastungszuständen  $Y_\nu = 1, Z_\nu = 1, Y_\mu = 1, Z_\mu = 1$  die zugehörigen Lösungen  $Y_\nu^{Y_\nu}, Z_\nu^{Y_\nu}, Y_\nu^{Z_\nu}, \dots, Z_\nu^{Z_\mu}$  ermittelt. Diese Belastungen können auch gruppiert werden, beispielsweise bei Symmetrie zu Summen und Differenzen. Nach dem Übereinanderlagerungsgesetz ergeben sich für die endgültigen Werte der Unbekannt folgende Ausdrücke:

$$(57) \quad \left\{ \begin{aligned} Y_r &= Y_r^0 + Y_\nu Y_\nu^{Y_r} + Z_\nu Y_\nu^{Z_r} + Y_\mu Y_\mu^{Y_r} + Z_\mu Y_\mu^{Z_r} \\ Z_r &= Z_r^0 + Y_\nu Z_\nu^{Y_r} + Z_\nu Z_\nu^{Z_r} + Y_\mu Z_\mu^{Y_r} + Z_\mu Z_\mu^{Z_r} \end{aligned} \right.$$

Diese Werte in die  $\nu$ -ten und  $\mu$ -ten Gleichungen der Systeme (15) und (16) für  $r = \nu - 1, \nu + 1$  bzw.  $\mu - 1, \mu + 1$  eingesetzt, erhalten wir vier Bestimmungsgleichungen der  $Y_\nu, Z_\nu, Y_\mu, Z_\mu$ .

Auf kürzerem Wege kann man zu dem angenähert gleichen Ergebnis kommen, wenn man die  $\nu$ -ten und  $\mu$ -ten Gleichungen zu beiden Nachbarsystemen hinzufügt und in dem einen System die Randwerte, beispielsweise im linken System  $Y_{\nu+1}, Z_{\nu+1}$  schätzt. Im rechten System werden  $Y_{\nu-1}$  und  $Z_{\nu-1}$  mit den Werten eingeführt, wie sie die Berechnung des anderen Systems geliefert hat. Stimmen die Unbekannt mit den Fuß-



zeigern  $\nu$  und  $\nu + 1$  dieser Rechnung nicht mit den gleich bezeichneten des anderen Systems überein, so liefert ein zweiter Rechnungsgang in der Regel bereits genügend genaue Angleichung.

Die Schätzung des  $Y_{r+1}$  kann nach dem Verlauf der  $M^1$ -Linie erfolgen; bei nicht zu schwachen Pfosten läßt sich das Verhältnis  $\frac{Y_{r+1}}{Y_r}$  aus den Näherungswerten gemäß Gl.(21) bestimmen. Für  $Z_{r+1}$  wird eine Schätzung  $Z_{r+1} = \frac{(1-\alpha)h}{2(1+\alpha)} Y_{r+1}$  nicht weit daneben greifen.

In der Regel wird bei solchen Tragwerken  $\alpha = 1$  sein, so daß nur die  $Y$  zu berechnen sind. Für diese kann beim Parallelträger eine geschlossene Lösung angegeben werden, wenn alle Pfosten gleiches Trägheitsmoment haben.

Ist der durchlaufende Rahmenbalken Versteltungsträger einer Hängebrücke, so erscheint in der Berechnung der Unbekannten  $U_1$  das Verhältnis von Trägheitsmoment des Streckträgers zum Querschnitt des Hängegurtes. Hier wäre es nicht richtig, das Trägheitsmoment des Streckträgers mit  $F \cdot \frac{h^2}{2}$  einzuführen, denn die Nachgiebigkeit des Rahmenträgers ist größer als die des vollwandigen Ersatzbalkens mit diesem Trägheitsmoment; sie entspricht einem Vollwandträger, dessen Trägheitsmoment im Verhältnis der Durchbiegungen des Ersatzbalkens und des Rahmenbalkens

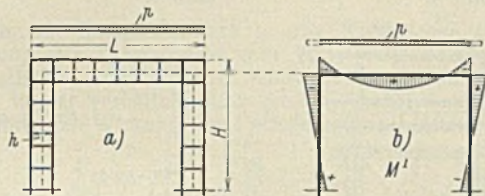


Bild 5a u. b.

verringert ist. Bei der Bestimmung dieses Verhältnisses können die Durchbiegungen bei Vollbelastung verwendet werden.

Auf ähnliche Weise, wie beim durchlaufenden Balken gezeigt wurde, läßt sich auch für den eingespannten Rahmen von Bild 5a eine Näherungsrechnung entwickeln. Eine strenge Rechnung müßte darauf Rücksicht nehmen, daß der Aufbau der Gleichungen in den Rahmenecken gestört

ist. Für die Näherungsrechnung genügt es, den Rahmen in zwei Stockwerkrahmen der Höhe  $H$  und einen Rahmenbalken der Länge  $L$  zu zerlegen, die sich in den Rahmenecken um ein Feld bzw. ein Stockwerk übergreifen. Diesen Einzelträgern werden die Momente  $M^1$  des vollwandigen

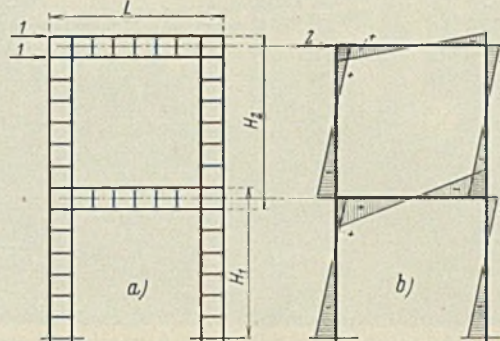


Bild 6a u. b.

Ersatzrahmens zugewiesen (Bild 5b). Der Stetigkeit im Rahmeneck wird wenn auch nur angenähert, durch das Übergreifen der Einzelträger Rechnung getragen.

Die Einführung des vollwandigen Ersatzrahmens mit dem Trägheitsmoment  $F \cdot \frac{h^2}{2}$  ist nur zulässig, wenn Stiele und Riegel in gleicher Weise ausgebildet sind, d. h. wenn das Schlankheitsverhältnis der Riegel und Stiele im Stockwerkrahmen bzw. Pfosten und Gurte im Rahmenbalken ungefähr übereinstimmt. Trifft das nicht zu, so ist bei der Berechnung des Ersatzrahmens statt des Verhältnisses der Trägheitsmomente von Riegel und Stiel das Verhältnis der bezüglichen Durchbiegungen bei Vollbelastung einzuführen.

In ähnlicher Weise läßt sich auch die Näherungsrechnung für das in Bild 6a dargestellte System aufbauen, das auf andere Weise mit erträglichem Arbeitsaufwand kaum mehr berechnet werden kann. Die Momente des Ersatzrahmens sind in Bild 6b eingetragen. Die Zerlegung erfolgt in zwei Stockwerkrahmen der Höhe  $H_1$ , zwei lotrechten Rahmenbalken der Länge  $H_2$  und zwei waagerechten Rahmenbalken der Länge  $L$ .

Alle Rechte vorbehalten.

## Stahlbau und Schweißtechnik.

Von Ing. Richard Schneider, Hindenburg (O.-Schl.).

Der Stahlbau hat in den letzten Jahren nicht nur durch die Verwendung von hochwertigen Baustoffen (St 52) an Geltung zugenommen, sondern auch insbesondere durch die Anwendung der Schweißtechnik. Sie hat im Hochbau sowie im Behälterbau ihre Vorteile gezeigt und findet im Brückenbau immer mehr Eingang.

Im nachstehenden sollen die vielseitigen Anwendungsmöglichkeiten der Schweißung an einigen Beispielen näher erläutert werden.

Bild 1 zeigt einen schiefen Überbau. Der geringen Bauhöhe wegen sind die Hauptträger in Rahmenkonstruktion ausgeführt worden. Zur Verwendung kamen sieben Rahmen, die mit einem gegenseitigen Abstand von 1,5 m verlegt wurden. Die Stützweite der Rahmen ist 13,5 m. Zur Aufnahme der auftretenden Wind- und Fliehkräfte (Brücke liegt in einer Kurve)

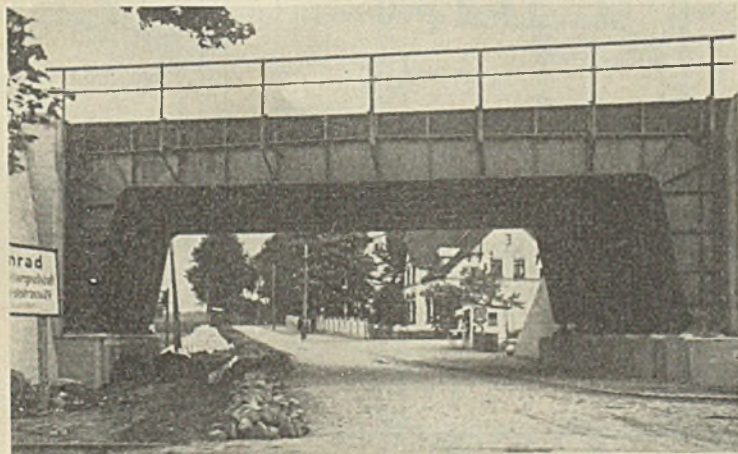


Bild 1.  
Schiefer Überbau von 13,5 m Stützweite.

sind in der Querrichtung ebenfalls geschweißte Portale vorgesehen. Sämtliche Rahmen sind in der Werkstatt vollkommen fertig geschweißt worden. Bei der Konstruktion ist besonders hervorzuheben, daß die Gurtplatten ohne Stoß auf die ganze Länge durchgeführt worden sind. Die Stehblechstöße sind nur im Rahmenriegel in Nähe des Momentennullpunktes bei Maximalbelastung angeordnet und als flache X-Naht ohne jede Stoßlasche ausgeführt. Durch den Wegfall der Stoßlaschen wird eine Umleitung des Kräfteverlaufes vermieden und auch das Aussehen des Bauwerks gehoben. Für den Transport der Rahmen mußten, um das Ladeprofil zu wahren, besondere Vorkehrungen getroffen werden. Im vorliegenden Falle sind die Rahmen zwischen zwei Waggons geschaltet worden, welche einem normalen Güterzug angehängt wurden (s. Bild 2). Die Tragkonstruktion ruht auf stählernen Drehgestellen der Schemelwagen. Der Abstand von U.K. Konstruktion bis O.K. Schiene betrug nur 200 mm. Die so durchgeführten Beförderungen gingen reibungslos vonstatten. Mit der Montage

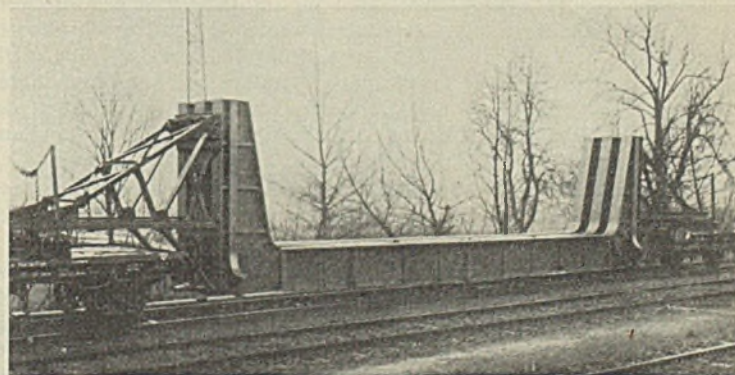


Bild 2. Beförderung der geschweißten Rahmen für den in Bild 1 gezeigten Überbau.



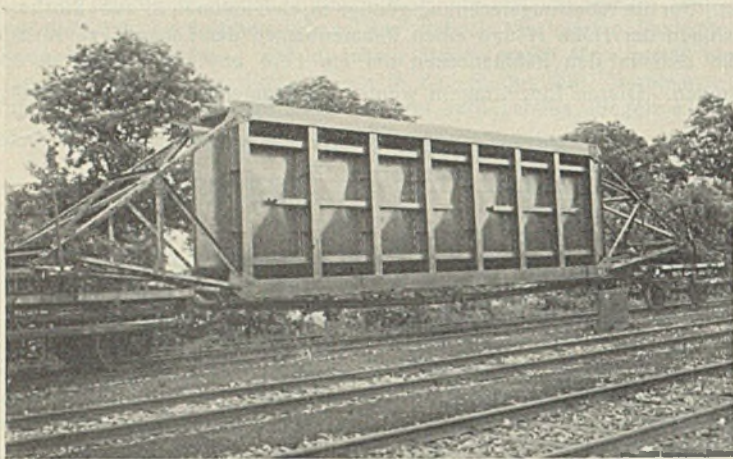


Bild 3. Beförderung eines geschweißten eingleisigen Überbaues von 11 m Stützweite.

dieses Bauwerks wurde im Februar 1935 begonnen und diese auch ohne Unterbrechung durchgeführt. Die Witterungsverhältnisse hatten auf die Fertigstellung trotz erheblicher Baustellenschweißung keinen Einfluß.

Ausgegangen von dem Gesichtspunkt, Baustellenarbeiten, insbesondere aber die nicht gewünschten Überkopfschweißungen, zu vermeiden, ist man bestrebt, die Bauteile in der Werkstatt in möglichst großen Einheiten auszuführen. Dies hat vor allen Dingen den Vorteil, daß die Arbeiten wesentlich besser überwacht werden können. Der in Bild 3 gezeigte Überbau wurde im ganzen in der Werkstatt zusammengeschweißt. Durch das Einschweißen der Buckelplatten erreicht man eine gute Dichtigkeit der Fahrbahnplatte und verhindert somit das Eindringen von Feuchtigkeit zu der unteren Tragkonstruktion. Das Verschweißen wurde nach Bild 4 vorgenommen. Die Stützweite der Brücke beträgt 11 m, die Hauptträgerentfernung 3,2 m. Das Gewicht dieses Bauwerks ist etwa 18 t. Auch für den Transport dieses Überbaues waren besondere Vorkehrungen, wie aus dem Bilde zu ersehen ist, erforderlich. Ebenfalls einen ganz geschweißten schiefen Überbau stellt Bild 5 dar. Besonderes bietet der Anschluß des Endquerträgers, der mit dem Hauptträger einen Winkel von etwa 42° bildet.

Die Anschlüsse solcher schrägen Träger sind bei der Nietkonstruktion insofern schwierig, als die Nietlöcher hierbei sehr weit abgerückt werden müssen, um ein einwandfreies Vernieten zu ermöglichen. Da nach den Vorschriften Schweißnähte bei einem kleineren Winkel als 70° zur Kraftübertragung nicht mehr herangezogen werden dürfen, ist der Anschluß nach Bild 6 u. 7 ausgebildet worden. Das in Bild 7 dargestellte gehobelte Keilstück liegt mit der äußeren Seite senkrecht zur Winkelhalbierenden. Die Befestigung erfolgte zuerst durch die Naht A am Endquerträger, sodann wurden die übrigen Nähte geschweißt. Der Anschluß der Längsträger an den schrägen Endquerträger erfolgte gleichfalls nach Bild 7.

Ein weiteres Beispiel einer ausgeführten Schweißkonstruktion ist in Bild 8 gezeigt. Dieses stellt den Querschnitt von Dammbalken dar, welche im Jahre 1931 für das Staubecken Ottmachau bestimmt waren. Verwendet werden die Balken bei Stauung und Umlenkung von Wasser bei Damm-, Kanal-, Wehr- und Schleusenbauten. Damit eine gute Abdichtung gewährleistet ist, erhält jeder Balken (im Gebrauchsfalle werden mehrere Balken übereinandergelagert, je nach Höhe der Wasserstauung) eine sogenannte Holzgarnitur, welche mit versenkten Schrauben befestigt ist. Der Holzbalken a wird durch den Wasserdruck an das Mauerwerk gepreßt, während durch die Längshölzer b die Abdichtung der Balken untereinander gesichert ist. Die Länge jedes Balkens ist 7,8 m. Die Vorteile der geschweißten Ausführung gegenüber jeder anderen treten klar hervor; erwähnt seien nur die Gewichtsersparnis, der Fortfall der wasserdichten Nietung, das bequeme Aufbringen der Holzgarnitur und der leicht vorzunehmende Ein- und Ausbau.

Verwerfungen beim Schweißen dieses Profils wurden durch entsprechende Vorrichtungen in der Werkstatt vermieden und traten auch nachher nicht in Erscheinung.

Wenn bisher nur geschweißte Bauwerke behandelt wurden, so soll dies nicht so ausgelegt werden, daß heute im Stahlbau alles geschweißt werden soll. Man muß vielmehr von Fall zu Fall prüfen, ob nicht einer Verbindung von geschweißter und genieteteter Konstruktion der Vorzug zu geben ist. Dies kann bedingt sein durch örtliche Verhältnisse auf der Baustelle infolge Fehlens von Strom, dessen besondere Zuführung bei geringer Baustellenschweißung sich nicht lohnen würde.

Im Anschluß hieran sei an die Straßenbrücke über die Oder bei Poppelau erinnert. Die Länge der Stahlkonstruktion, welche sich über drei Öffnungen erstreckt, ist 170 m. Zur Verwendung kamen als Hauptträger Blechträger in genieteteter Ausführung. Als Baustoff wurde für die Hauptträger St 52, für die übrige Konstruktion St 37.12 gewählt. Bei den Hauptträgern mit einer Stehblechhöhe von 2,5 bis 4,8 m mußte in der Mitte eine Längsnaht angeordnet werden; da bei diesem Bauwerk von außen keine Stehblechanscheinungen sichtbar sind, ist auch die für die Deckung der genannten Längsnaht erforderliche äußere Lasche in Fortfall gekommen. Die innere Lasche allein mit der einschrittigen Vornietung war zur Aufnahme der Schubkräfte nicht ausreichend. Es ist deshalb von außen eine Naht in 14 mm Stärke vorgesehen worden (s. Bild 9). Diese Stoßausbildung bei der Längsnaht, die sich fast auf die gesamte Brückenlänge (170 m) erstreckt, hat sich als äußerst wirtschaftlich erwiesen.

Die im Hochbau zur Verwendung kommenden Rahmenkonstruktionen, sei es bei Bahnsteighallen, Dachbindern, bei Stahlskelettbauten usw.,

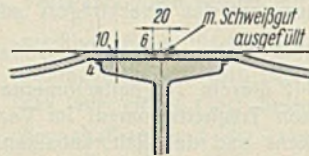


Bild 4.

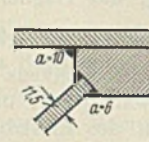


Bild 6.

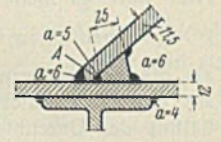


Bild 7.

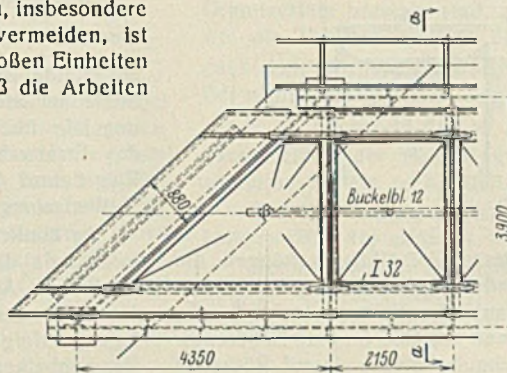


Bild 5. Eingleisiger schiefer Überbau in geschweißter Ausführung.

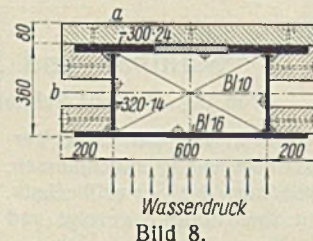
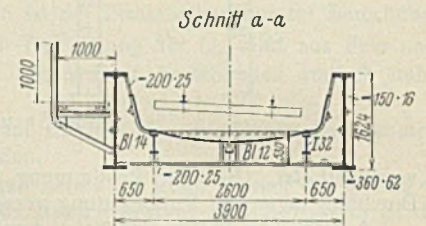


Bild 8.

Geschweißter Dammbalken für das Staubecken Ottmachau.

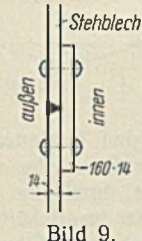


Bild 9.

lassen sich in Schweißkonstruktion besonders gut ausbilden. Man erreicht hier nicht nur eine bemerkenswerte Gewichtsersparnis und eine Verbilligung der Werkstattarbeiten gegenüber der genieteteten Konstruktion, sondern erhält durch die einfache Gestaltung schönere Formen, die in ästhetischer Hinsicht voll befriedigen und in der erzielten Schlankheit von anderen Bauweisen nicht erreicht werden können.

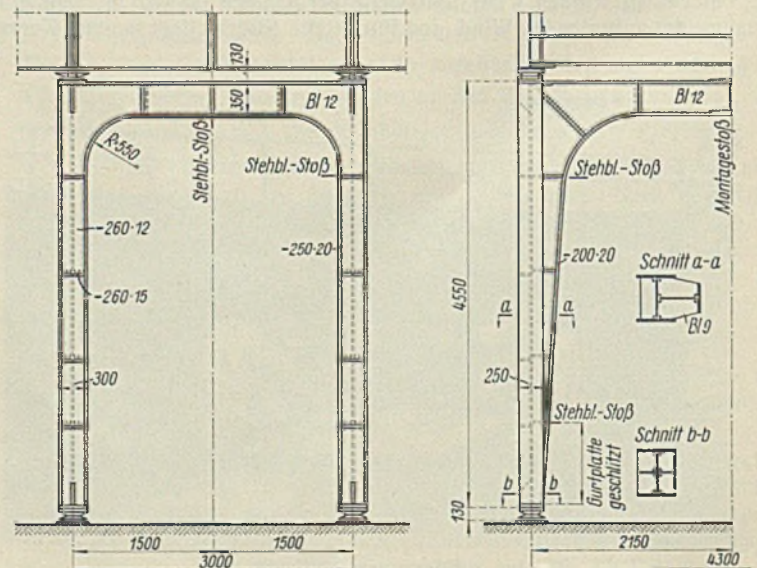


Bild 10. Geschweißter Tischrahmen.



Bild 10 zeigt einen Tischrahmen in vollständig geschweißter Ausführung.

Wie das Bild zeigt, lassen sich Rahmen dieser Art in Schweißkonstruktion gut ausbilden. Die Ausführung dieses Rahmens könnte bei Wahrung der äußeren Form in genieteter Konstruktion nicht durchgeführt werden. Wenn man bedenkt, wieviel Winkel erforderlich wären, um die Gurtlamellen aufzunehmen, so sieht man allein schon dadurch die Vorteile der Schweißkonstruktion ein. Außerdem wäre eine Vernietung am Rahmenfuß nicht mehr möglich. Die stark ausgerundeten Rahmenecken ergeben eine gute Umleitung der Gurtkräfte. Müssen aber die Ausrundungen aus baulichen Gründen sehr klein gehalten werden, wie dies bei dem im Bild 11 gezeigten Rahmen eines Stahlskelettbaues der Fall war, so treten an der Stelle große radial gerichtete Ablenkungskräfte auf, die die Gurtung zu verformen suchen. Hier kann man durch Einschweißen von Eckaussteifungen sehr leicht eine Aufnahme dieser Kräfte erreichen.

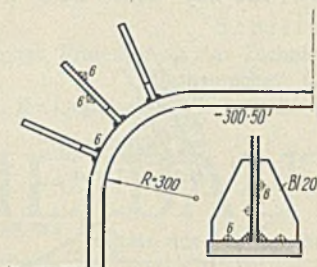


Bild 11.

Vorstehend wurde die Anwendungsmöglichkeit der Schweißtechnik nur bei Neubauten behandelt. Aber auch bei vorhandenen Bauwerken, z. B. Stahlbrücken, welche dem in letzter Zeit zunehmenden Verkehr nicht mehr gewachsen sind und verstärkt werden müssen, ist mit Hilfe der Schweißtechnik diese Aufgabe verhältnismäßig einfach und gegenüber jeder anderen Ausführung am billigsten zu lösen. Bei genieteter Konstruktion müßten die Verbindungsriete an der zu verstärkenden Stelle entfernt und nach Anbringen der Verstärkungsstruktur neu geschlagen werden. Hier läßt sich mit Hilfe der Schweißung zum größten Teil ohne jede Zerstörung der vorhandenen Verbindungen das Verstärkungsmaterial anbringen. Dies ist ein ganz erheblicher Vorteil, wenn man bedenkt, daß nicht immer die Mittel für die Erstellung eines neuen Bauwerks vorhanden sind.

Solche und ähnliche praktisch ausgeführte Arbeiten, sowie auch Neubauten ließen sich noch weiter schildern. Aus diesen kurzen Ausführungen ist aber doch zu ersehen, daß sich die Schweißtechnik im Stahlbau tatsächlich ihren Platz erobert hat.

Ergänzend sei noch erwähnt, daß die in Wort und Bild behandelten Bauwerke von der Vereinigten Oberschlesischen Hüttenwerke A.-G., Werk Donnersmarckhütte, Hindenburg (O.-Schl.) ausgeführt worden sind.

### Verschiedenes.

Sheddach als Raumfachwerk<sup>1)</sup>. Die Sheddächer sind bezüglich der Beleuchtung der Fabrikräume sehr vorteilhaft; demgegenüber muß man aber auch die Nachteile der Konstruktion in Kauf nehmen, die hauptsächlich in der verhältnismäßig großen Anzahl der inneren Stützen und in der störenden Wirkung der Fachwerkstäbe bestehen.

werk anordnen, wodurch die Beleuchtung noch stärker gestört wird. Dies sind die Gründe dafür, daß die vorgeschlagene Konstruktion vorläufig nicht zur Ausführung gelangte.

Die Textilfabrik Gebrüder Kammer in Budapest hat am Ende des verflossenen Jahres ihre Anlagen erweitern lassen und wollte einen

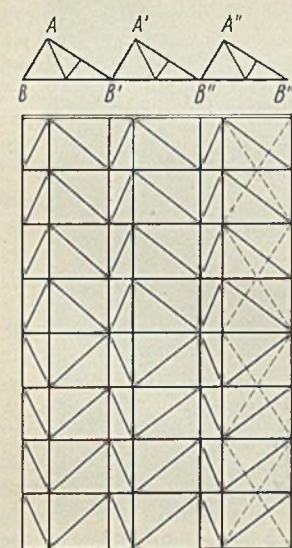


Bild 1.

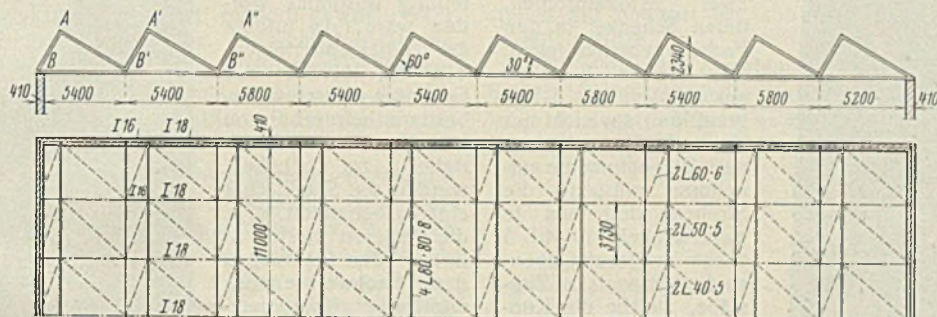


Bild 2.

Neubau mit stützenloser Shedkonstruktion mit einer Lichtweite von 22 m erbauen; gleichzeitig war aber die Hauptbedingung aufgestellt, die störende Wirkung der stählernen Stäbe möglichst einzuschränken.

Um diesen Anforderungen zu entsprechen, wurde ein Raumfachwerksystem empfohlen (Bild 2), bei dem die Hauptträger ebenfalls in der schiefstehenden Dachebene liegen, jedoch mit dem Unterschiede, daß sämtliche Fachwerkstäbe des Shedträgers fortgelassen wurden. Da das Bauwerk in einem fast von allen Seiten umschlossenen Hofe steht, konnte die horizontalliegende Windverstrebung ebenfalls fortgelassen werden. Die Hauptträger überspannen eine Lichtweite von 22 m, wobei die Nachbarträger gemeinsame Ober- bzw. Untergurte haben; die Pfosten sind unten durch die horizontal

Gelegentlich der ersten internationalen Tagung für Eisenbau in Lüttich 1930 haben die Ingenieure Dumont und Perpete<sup>2)</sup> eine Konstruktion in Vorschlag gebracht, bei welcher die in dem überdeckten Raum stehenden Stützen in Fortfall kommen (Bild 1) und die Tragkonstruktionen (Fachwerke) in den schiefen Ebenen der Sheddächer in  $AB, AB', A'B', A'B''$  usw. angeordnet werden.

liegenden Zugstäbe  $BB', B'B''$  usw. miteinander verbunden. Die schiefen Fachwerkträger und die Zugbänder können zusammen als ein räumliches System aufgefaßt werden, das aus je drei ebenen Trägern zusammengesetzt ist.

Wenn Fachwerkträger als Tragkonstruktionen verwendet werden, so muß man damit rechnen, daß die störende Wirkung der Konstruktionsteile auch durch die Streben der schiefstehenden Fachwerkträger vergrößert wird, außerdem muß man im allgemeinen zur Aufnahme der Windbelastung wenigstens in einem Felde, z. B. in  $B'B''$ , ein horizontal liegendes Fach-

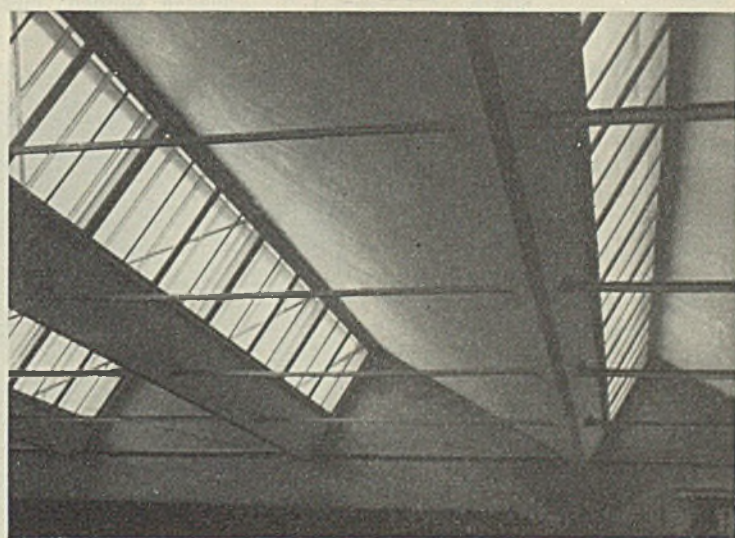


Bild 3.

<sup>1)</sup> Vgl. Maier-Leibnitz, „Der Industriebau“, S. 231 ff. Verlag Julius Springer, 1932.

<sup>2)</sup> Bericht des ersten internationalen Kongresses für Eisenbau; Lüttich 1930, Heft VII e.

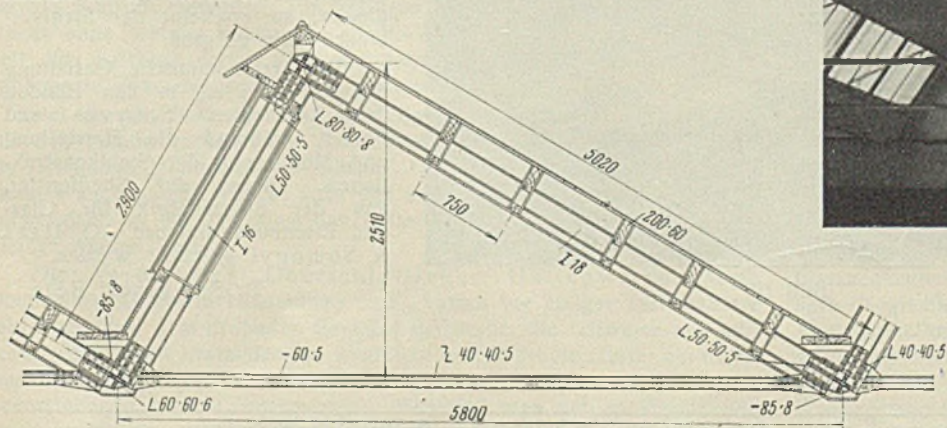


Bild 4.

Die Beleuchtung des Fabrikraumes wird bei dieser Anordnung nur noch in geringem Maße durch die Streben der Fachwerkträger und durch die Zugstäbe  $BB'$  usw. gestört



