

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 121/122 (1943)  
**Heft:** 21

**Artikel:** Beitrag zur Berechnung beidseitig fest eingespannter, Im Grundriss gekrümmter Träger  
**Autor:** Rudmann, Karl  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-53217>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.03.2025

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

bau kantonaler Programme zu einer Aufgabe erster Ordnung. Sie darf sich keineswegs erschöpfen in einer möglichst umfangreichen Bereitstellung von öffentlichen Arbeiten und Aufträgen, die bei einsetzender Arbeitslosigkeit ausgeführt werden. Die Kantone haben die hohe Aufgabe, die vorhandenen Arbeitsmöglichkeiten des Kantons und der Gemeinden in den Gesamtplan des Bundes organisch einzuordnen, unter Berücksichtigung der Bedürfnisse und Leistungsfähigkeit der Gemeinden und der Notwendigkeiten der privaten Wirtschaft.

Eine zentrale Schwierigkeit taucht sofort auf: der Faktor Zeit. Niemand weiss, wann die erste Welle der Arbeitslosigkeit kommt. Es muss gewissermassen zuerst ein Sofortprogramm ausgearbeitet werden, wobei zuerst die gerade vorhandenen, bereits baureifen und finanzierten Aufträge eingesetzt werden und von diesen wiederum nur diejenigen, die unbekümmert um allfällig nicht vorhandene Baustoffe ausgeführt werden können. Daran anschliessend sind Arbeitsmöglichkeiten herauszusuchen, die noch nicht baureif sind, aber in ganz kurzer Frist bereitgestellt werden können. In dritter Linie folgen Arbeiten und Aufträge, die baureif sind, aber bewirtschaftete Materialien aufweisen. Hier lässt sich durch Umprojektieren unter Umständen eine Verminderung, selten eine Ausschaltung solchen Materials erreichen. Dieses Sofortprogramm enthält in erster Linie die öffentlichen Arbeiten und ist natürlich weit von dem entfernt, was wir als Planung bezeichnen. Es ist aus der Not des Augenblicks geboren, für den ersten Ansturm. Hinter dieser ersten Barriere beginnt erst der methodische Aufbau des eigentlichen, auf weite Sicht eingestellten Programms.

Jetzt erst können organisatorische Grundlagen für einen planmässigen Aufbau geschaffen werden. Dieses eigentliche Programm wird ganz anders aufgebaut werden müssen und wird viel Zeit brauchen. Es muss sich aus den Bedürfnissen der Gemeinden entwickeln, in engem Kontakt mit der Wirtschaft. Dabei hat die Landesplanung bzw. die regionale Planung in den Vordergrund zu treten. Erst wenn wir einmal wissen, wie wir uns in der Zukunft einrichten wollen, wenn die «Landesplanung» grundsätzlich in die Wege geleitet ist, vor allem durch die Aufteilung von Grund und Boden zur Ausschcheidung von Landwirtschaft, Industriegebiet und Wohnraum, erst dann können die Arbeitsmöglichkeiten, vor allem der öffentlichen Hand, in zeitlich richtiger Reihenfolge und mit einem Optimum an volkswirtschaftlichem Nutzeffekt in einen Gesamtplan eingebaut werden. (Schluss folgt)

**Beitrag zur Berechnung beidseitig fest eingespannter, im Grundriss gekrümmter Träger**

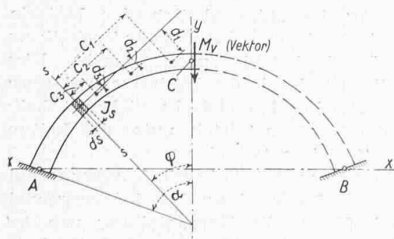
Von Dipl. Ing. KARL RUDMANN, Baudepartement Kt. Basel-Stadt

Bei der Berechnung der Tragrahmen unter auskragenden Bauteilen (Balkone, Erker) wird dem Einfluss der Torsion meist keine Beachtung geschenkt. Dass diese Vernachlässigung mitunter zu unerfreulichen Ergebnissen führen kann, mussten wir in Basel bei einem Terrasseneinsturz erleben.

In der Praxis kommen meist symmetrisch geformte und symmetrisch belastete Tragrahmen zur Anwendung. Es seien zunächst die Berechnungsgrundlagen zur Ermittlung der Biege- und Torsionsmomente solcher Tragrahmen entwickelt. Anschliessend werden fertige Gebrauchsformeln für einige der häufigsten Rahmentypen mit konstantem Rechteckquerschnitt und mit gleichmässig verteilter Belastung angeschrieben. Die Angaben beschränken sich auf den Einfluss lotrechter Lasten; der Einfluss beliebig gerichteter symmetrisch angreifender Kräfte und Momente kann auf gleiche Weise ermittelt werden.

**I. Die Berechnung beidseitig fest eingespannter, im Grundriss gekrümmter, symmetrisch geformter und symmetrisch belasteter Tragrahmen.**

Wegen Symmetrie in Form und Belastung werden im



Schnitt C mit Ausnahme des Momentes  $M_v$  alle übrigen Momente, sowie auch alle Querschnittskräfte zu Null. Die Elastizitätsbedingung für den Querschnitt C lautet: Die Drehung  $\tau_C$  des Querschnitts C aus der Y-Z-Ebene ist gleich Null. Arbeitsgleichung:

$$\tau_C = \int_C^A M' \frac{M_0}{EJ} ds + \int_C^A M'' \vartheta ds = 0 \quad (1)$$

Die Momente  $M'$  und  $M''$  sind die Komponenten parallel und normal zum Querschnitt s-s der virtuellen Belastung  $M_v = 1$

$$M' = \cos \varphi \quad M'' = \sin \varphi$$

Das Biegemoment  $M_0$  im Schnitt s-s ergibt sich zu

$$M_{0s} = \int_0^{\varphi} P c - M_v \cos \varphi$$

Die Drehung  $\vartheta ds$  des Balkenelementes ds im Schnitt s-s beträgt

$$\vartheta_s ds = M_{Ts} K_s ds$$

wo  $M_{Ts}$  das Torsionsmoment im Schnitt s-s

$$M_{Ts} = \int_0^{\varphi} P d - M_v \sin \varphi$$

und  $K_s$  einen von Form und Grösse des Querschnitts s-s abhängigen Wert darstellt.

Nach Einführung obiger Ausdrücke in Gleichung 1 und bei Beachtung des Umstandes, dass

$$\cos \varphi ds = dx \quad \text{und} \quad \sin \varphi ds = dy$$

erhält man

$$\tau_v = 0 = \int_C^A \frac{1}{EJ_s} \left[ \int_0^{\varphi} P c - M_v \cos \varphi \right] dx + \int_C^A K_s \left[ \int_0^{\varphi} P d - M_v \sin \varphi \right] dy \quad (2)$$

Aus dieser Gleichung ergibt sich das Moment  $M_v$  im Schnitt C zu

$$M_v = \frac{\int_C^A \frac{1}{EJ_s} \int_0^{\varphi} P c dx + \int_C^A K_s \int_0^{\varphi} P d dy}{\int_C^A \frac{1}{EJ_s} \cos \varphi dx + \int_C^A K_s \sin \varphi dy} \quad (3)$$

Für Eisenbetonrahmen mit rechteckigem Querschnitt kann nach Bach für  $K_s$  gesetzt werden

$$K_s = \frac{3,6 (b_s^2 + h_s^2)}{0,4 E b_s^3 h_s^3} = 0,75 \frac{b_s^2 + h_s^2}{b_s^2} \frac{1}{EJ_s} = \frac{k_s}{EJ_s}$$

Nach Elimination von  $EJ_s$  im Zähler und Nenner geht Gleichung (3) über in

$$M_v = \frac{\int_C^A \int_0^{\varphi} P c dx + \int_C^A k_s \int_0^{\varphi} P d dy}{\int_C^A \cos \varphi dx + \int_C^A k_s \sin \varphi dy} \quad (4)$$

Bei Tragrahmen mit konstantem Querschnitt kann der Wert  $k_s = K$  vor das Integral gesetzt werden und es folgt:

$$M_v = \frac{\int_C^A \int_0^{\varphi} P c dx + K \int_C^A \int_0^{\varphi} P d dy}{\int_C^A \cos \varphi dx + K \int_C^A \sin \varphi dy} \quad (5)$$

In dieser Formel ist

$$K = 0,75 \frac{b^2 + h^2}{b^2}$$

Setzt man  $h = nb$  so ergibt sich

$$K = 0,75 (1 + n^2)$$

Der Wert von K schwankt zwischen 0,75 und  $\infty$ , praktisch jedoch nur zwischen 1 und 100.

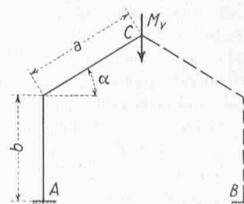
Ist  $M_v$  bekannt, so ergeben sich die Momente und Querkräfte für die übrigen Querschnitte aus den Beziehungen

Biegemoment:  $M_{bs} = M_v \cos \varphi - \int_0^{\varphi} P c$

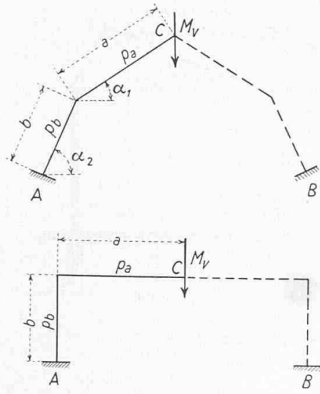
Torsionsmoment:  $M_{Ts} = M_v \sin \varphi - \int_0^{\varphi} P d$

Querkraft:  $Q_s = \int_0^{\varphi} P$

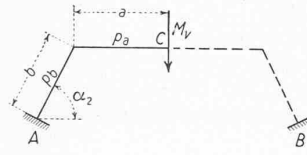
**II. Formeln zur Berechnung der Momente  $M_v$  von im Grundriss gekrümmten Eisenbetonrahmen mit gleichbleibendem Rechteckquerschnitt und mit gleichmässig verteilter Belastung.**



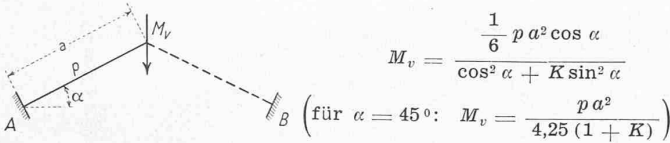
$$M_v = \frac{1}{6} p_a a^2 \cos \alpha_1 [a + 3 K b] / [a (\cos^2 \alpha_1 + K \sin^2 \alpha_1) + b K]$$



$$M_v = \frac{1}{2} \left[ p_a \frac{a^3}{3} \cos \alpha_1 + p_b \frac{b^3}{3} \cos \alpha_2 + p_a a^2 b (\cos \alpha_2 \cos (\alpha_2 - \alpha_1) + K \sin \alpha_2 \sin (\alpha_2 - \alpha_1)) \right] \\ a (\cos^2 \alpha_1 + K \sin^2 \alpha_1) + b (\cos^2 \alpha_2 + K \sin^2 \alpha_2)$$



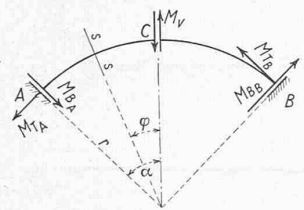
$$M_v = \frac{1}{6} p_a a^2 [a + 3 K b] \\ a + K b$$



$$M_v = \frac{1}{6} p a^2 \cos \alpha \\ \cos^2 \alpha + K \sin^2 \alpha$$

(für  $\alpha = 45^\circ$ :  $M_v = \frac{p a^2}{4,25 (1 + K)}$ )

Kreisförmig gekrümmte, beidseitig fest eingespannte Trag-Rahmen mit gleichbleibendem Querschnitt und mit gleichmässiger Belastung p:



$$K = 0,75 \frac{b^2 + h^2}{b^2}$$

$$M_{Bs} = M_v \cos \varphi - \sum_0^{\varphi} P c$$

$$M_{Ts} = M_v \sin \varphi - \sum_0^{\varphi} P d$$

Biegungs- und Torsionsmomente für verschiedene Oeffnungswinkel

$\alpha$	K	Biegemomente		Torsionsmoment
		Balkenmitte $M_v$	Auflager	Auflager
15°	1	0,017 pr <sup>2</sup>	- 0,018 pr <sup>2</sup>	+ 0,0020 pr <sup>2</sup>
	5	16	19	18
	10	15	20	16
	20	14	21	13
	50	11	24	5
	100	10	25	3
30°	1	0,049 pr <sup>2</sup>	- 0,092 pr <sup>2</sup>	+ 0,002 pr <sup>2</sup>
	5	43	97	- 0,001
	10	40	100	2
	20	36	103	4
	50	33	106	6
	100	30	108	7
45°	1	+ 0,099 pr <sup>2</sup>	- 0,225 pr <sup>2</sup>	- 0,006 pr <sup>2</sup>
	5	91	231	12
	10	77	241	22
	20	72	244	25
	50	67	248	29
	100	66	249	30
60°	1	+ 0,159 pr <sup>2</sup>	- 0,421 pr <sup>2</sup>	- 0,042 pr <sup>2</sup>
	5	135	433	65
	10	127	437	70
	20	121	439	75
	50	117	442	79
	100	115	443	81
75°	1	+ 0,224 pr <sup>2</sup>	- 0,682 pr <sup>2</sup>	- 0,124 pr <sup>2</sup>
	5	201	688	145
	10	196	689	150
	20	192	691	154
	50	186	692	160
	100	185	692	161
90°	1	+ 0,280 pr <sup>2</sup>	- 1,00 pr <sup>2</sup>	- 0,29 pr <sup>2</sup>
	5			
	10			
	20			
	50			
	100			

### Industriebau 1937 und 1942

Von Dipl. Ing. WALTER GROEBLI, Ingenieurbureau, Zürich

Der Verfasser hatte Gelegenheit, für eine Firma der Maschinenindustrie in den Jahren 1937 und 1942 zwei Fabrikbauten zu erstellen. In beiden Fällen handelte es sich um ein-stöckige Shedbauten mit teilweiser Unterkellerung. Hinsichtlich Anordnung der Sheds, Pfeilerteilung usw. lagen bei beiden Gebäuden die gleichen Verhältnisse vor, während in konstruktiver Hinsicht — grösstenteils zeitbedingt — verschiedene Abweichungen bestehen.

Bei dem im Jahre 1937 erstellten Gebäude war die Wahl der Baumaterialien noch vollständig frei. Ausschlaggebend waren damals die Preisfrage und die Möglichkeit einer äusserst raschen Bauausführung. Ferner wurde bei der Konstruktion berücksichtigt, dass in jenem Zeitpunkt im Betrieb eine Dieselmotorkraftanlage montiert wurde, von der Abwärme in genügender Menge zur Verfügung stand, sodass die Gebäudekonstruktion äusserst leicht ausgeführt wurde, ohne besondere Berücksichtigung wärmetechnischer Probleme.

Für den 1942 ausgeführten zweiten Neubau war in erster Linie die infolge des Krieges noch mögliche Zuteilung und Beschaffung der Baustoffe massgebend. Mit Rücksicht auf die gegenwärtigen Verhältnisse in der Brennstoffversorgung und weil es sich um einen von den übrigen Wärmequellen des Betriebes unabhängigen Bau handelte, schenkte man den Fragen des Wärmehaushaltes vermehrte Beachtung und traf man in konstruktiver Hinsicht entsprechende Vorkehrungen. Schliesslich erfuhr dieser zweite Bau auch noch einige Verbesserungen auf Grund der in den abgelaufenen fünf Betriebsjahren am ersten Bau gemachten Erfahrungen.

Ueber die Gebäudekonstruktion mögen folgende Angaben interessieren. Das Gebäude 1937 wurde als Stahlskelettbau erstellt mit leichter Ausfachung der Fassaden in Zementsteinmauerwerk und innerer Pavatexisulierung. Beim Neubau 1942 war es nur mehr möglich, die Dachkonstruktion in Eisen auszuführen (wobei in den nördlichen Feldern die Untergurte der Binder zugleich als Kranbahnträger ausgebildet worden sind), während die Pfeiler und die Rahmenkonstruktion in Eisenbeton erstellt werden mussten. Die Aussenwände wurden doppelwandig aus 12 cm Zementsteinmauerwerk und 12 cm Backsteinmauerwerk mit dazwischenliegendem Hohlraum ausgeführt. Beide Gebäude erhalten die Lichtzufuhr nur durch die Oberlichter der Sheds, da die dort vorhandene Lichteintrittsfläche genügend gross ist (Verhältnis der Fensterfläche zur Bodenfläche rd. 1 : 3,5), sodass von der Erstellung von Fassadenfenstern Umgang genommen werden konnte und die Wände vollständig für Gestelle usw. zur Verfügung stehen. Die Dachhaut besteht aus Bimsbetonplatten, die 1937 mit einem Klebedach, 1942 mit einem Blechdach abgedeckt wurden. Bei

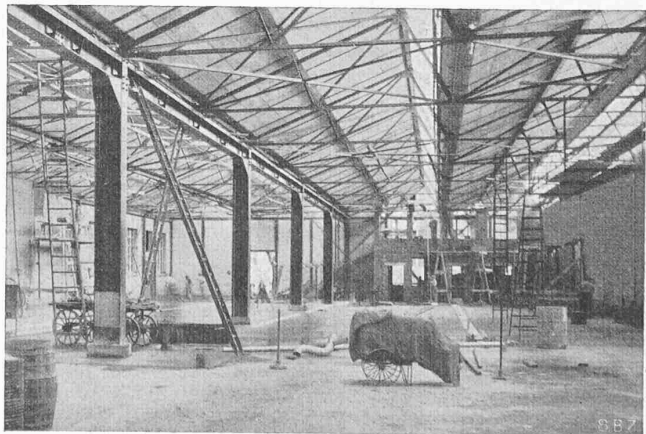


Abb. 1. Reiner Stahlskelettbau von 1937