

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 117/118 (1941)
Heft: 2

Artikel: Die Berechnung von ebenen Trägerrosten
Autor: Kruck, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-83481>

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: 27.01.2026

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

INHALT: Die Berechnung von ebenen Trägerrosten. — Ersatztreibstoffe für Automobile. — Wettbewerb für ein Lehrerinnenseminar mit Töchterschule, sowie für eine Turnhalle in Aarau. — Rechtsfragen aus der Baupraxis. — Mitteilungen: Eidg. Techn. Hochschule. Schubisichere Verbindung zwischen Beton und Holz. Der neue Bommerstein-Tunnel der SBB. Piccards Projekt einer Tiefsee-Expedition. Zum Streit um die Stromversorgung der RhB. Neubau des Zürcher Kantonspitals. Anlagen für das Bundesfeierispiel 1941 in Schwyz. Kleine Gedächtnis-Ausstellung. — Wettbewerbe: Gemeindeverwaltungsgebäude und Feuerwehrmagazin Münchenstein. Kinderschule in La Tour-de-Peilz. Strafanstalt in Rolle (Waadt). Relief am neuen TT-Gebäude in Bern. Turnhalle mit Schulräumen in Schöftland. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

Band 118 Der S.I.A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet **Nr. 2**

Die Berechnung von ebenen Trägerrosten

Von Dr. sc. techn. G. KRUCK, Public Works Department, Bangkok, Siam
(Schluss von Seite 6)

5. Rechnungsbeispiele

a) Balkenbrücke mit drei Haupt- und drei Querträgern (Abbildung 17)

Der Einfachheit halber setzen wir konstante Trägheitsmomente voraus. Wählen wir das Trägheitsmoment der Querträger als J_c , so wird $\bar{a} = a$ und die allgemeine Bestimmungsgleichung lautet:

$$i = 1, 2, 3: X_i \frac{2(a)^3}{3} + \sum_{k=1}^3 X_k (\bar{\delta}_{ik}^1 + 4\bar{\delta}_{ik}^2 + \bar{\delta}_{ik}^3) = \bar{L}_i = \bar{X}_i \times \frac{2(a)^3}{3} - a(\bar{\delta}_{i0}^1 - 2\bar{\delta}_{i0}^2 + \bar{\delta}_{i0}^3)$$

Wir schreiben sie aus:

	X_1	X_2	X_3	
1	$\frac{2(a)^3}{3} + (\bar{\delta}_{11}^1 + 4\bar{\delta}_{11}^2 + \bar{\delta}_{11}^3)$	$+ (\bar{\delta}_{12}^1 + 4\bar{\delta}_{12}^2 + \bar{\delta}_{12}^3)$	$+ (\bar{\delta}_{13}^1 + 4\bar{\delta}_{13}^2 + \bar{\delta}_{13}^3)$	$= \bar{L}_1$
2	$+ (\bar{\delta}_{21}^1 + 4\bar{\delta}_{21}^2 + \bar{\delta}_{21}^3)$	$+ \frac{2(a)^3}{3} + (\bar{\delta}_{22}^1 + 4\bar{\delta}_{22}^2 + \bar{\delta}_{22}^3)$	$+ (\bar{\delta}_{23}^1 + 4\bar{\delta}_{23}^2 + \bar{\delta}_{23}^3)$	$= \bar{L}_2$
3	$+ (\bar{\delta}_{31}^1 + 4\bar{\delta}_{31}^2 + \bar{\delta}_{31}^3)$	$+ (\bar{\delta}_{32}^1 + 4\bar{\delta}_{32}^2 + \bar{\delta}_{32}^3)$	$+ \frac{2(a)^3}{3} + (\bar{\delta}_{33}^1 + 4\bar{\delta}_{33}^2 + \bar{\delta}_{33}^3)$	$= \bar{L}_3$

Die Koeffizienten ermitteln sich zu:

$$\bar{\delta}_{11}^1 = \bar{\delta}_{11}^3 = 11,72 \text{ m}^3$$

$$\bar{\delta}_{11}^2 = 13,39 \text{ m}^3$$

$$\frac{2(a)^3}{3} = 18,00 \text{ m}^3$$

$$\bar{\delta}_{12}^1 = \bar{\delta}_{12}^3 = 14,32$$

$$\bar{\delta}_{12}^2 = 16,37$$

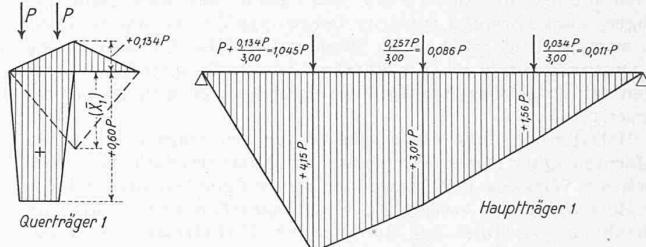
$$\bar{\delta}_{13}^1 = \bar{\delta}_{13}^3 = 9,11$$

$$\bar{\delta}_{13}^2 = 10,42$$

$$\bar{\delta}_{22}^1 = \bar{\delta}_{22}^3 = 20,83$$

$$\bar{\delta}_{22}^2 = 23,81$$

(alles in t, m)



Für unsere Abmessungen lauten somit die Bestimmungsgleichungen:

	X_1	X_2	X_3	
1	+ 95,00	+ 94,12	+ 59,90	$= \bar{L}_1$
2	+ 94,12	+ 154,90	+ 94,12	$= \bar{L}_2$
3	+ 59,90	+ 94,12	+ 95,00	$= \bar{L}_3$

Wir trennen sie durch Addition und Subtraktion:

	$X_1 + X_3$	X_2	$X_1 - X_2$	$X_1 - X_3$
1 + 3	+ 154,90	+ 188,24	$= \bar{L}_1 + \bar{L}_3$	$1 - 3 + 35,10 = \bar{L}_1 - \bar{L}_3$
2	+ 94,12	+ 154,90	$= \bar{L}_2$	

Daraus erhalten wir die allgemeine Lösung:

	\bar{L}_1	\bar{L}_2	\bar{L}_3
X_1	+ 0,0266	- 0,0150	- 0,0019
X_2	- 0,0150	+ 0,0247	- 0,0150
X_3	- 0,0019	- 0,0150	+ 0,0266

Wir beladen den Querträger 1 mit zwei Lasten P (siehe Abbildung 17).

Gemäß (9 a) errechnet sich: $X_1 = -0,360 P$

$$\text{und: } X_1 \times \frac{2(a)^3}{3} = -6,480 P$$

Im Grundsysten werden die Träger 1 und 2 mit P belastet, Träger 3 bleibt unbelastet. Wir erhalten:

Hauptträger 1:

$$\bar{\delta}_{10}^1 = \bar{\delta}_{11}^1 \times P: \bar{\delta}_{10}^1 = 11,72 P, \bar{\delta}_{12}^1 = 14,32 P, \bar{\delta}_{13}^1 = 9,11 P$$

Hauptträger 2:

$$\bar{\delta}_{20}^1 = \bar{\delta}_{21}^1 \times P: \bar{\delta}_{20}^1 = 13,39 P, \bar{\delta}_{22}^1 = 16,37 P, \bar{\delta}_{23}^1 = 10,42 P$$

Hauptträger 3:

$$\bar{\delta}_{30}^1 = 0$$

Daraus berechnen wir die Lastglieder:

Stromversorgung der RhB. Neubau des Zürcher Kantonspitals. Anlagen für das Bundesfeierispiel 1941 in Schwyz. Kleine Gedächtnis-Ausstellung. — Wettbewerbe: Gemeindeverwaltungsgebäude und Feuerwehrmagazin Münchenstein. Kinderschule in La Tour-de-Peilz. Strafanstalt in Rolle (Waadt). Relief am neuen TT-Gebäude in Bern. Turnhalle mit Schulräumen in Schöftland. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine.

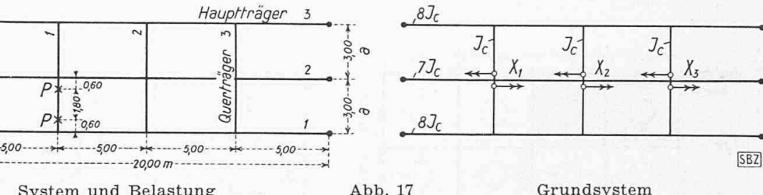


Abb. 17

Grundsysten

[SBZ]

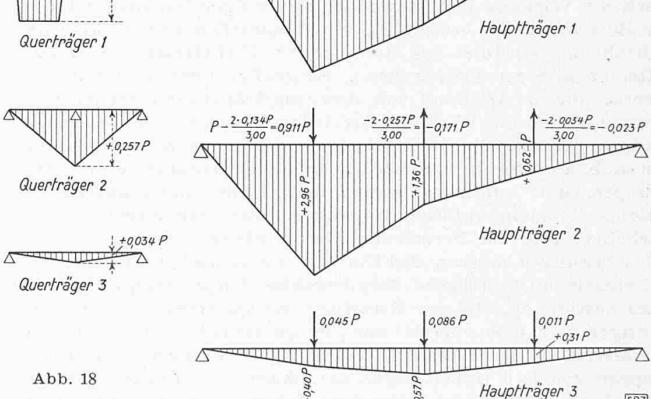


Abb. 18

[SBZ]

$$\bar{L}_1 = -6,480 P - 3,00 (11,72 P - 2 \times 13,39 P) = +38,70 P$$

$$\bar{L}_2 = -3,00 (14,32 P - 2 \times 16,37 P) = +55,26 P$$

$$\bar{L}_3 = -3,00 (9,11 P - 2 \times 10,42 P) = +35,19 P$$

und erhalten: $X_1 = +0,134 P, X_2 = +0,257 P, X_3 = +0,034 P$
Die Momentenflächen für die Quer- und Hauptträger sind in Abb. 18 dargestellt.

b) Kurze Angaben über die Berechnung von Systemen mit vielen Unbekannten

Das Vorgehen bei Systemen mit vielen Unbekannten verdient besondere Erläuterung. Wählen wir dazu als erstes Beispiel das System in Abb. 19 (Seite 14).

Es besitzt $4 \times 5 = 20$ Unbekannte. Weiters die meisten Brücken sind symmetrisch in Bezug auf eine Längs- und Quer-Achse. Durch Addition und Subtraktion der Gleichungen können wir dann das System der 20 Bestimmungsgleichungen trennen in zwei Gruppen zu 6 und zwei Gruppen zu 4 Unbekannte. Solche Gruppen lassen sich mit Hilfe des Gauß'schen Algorithmus mit noch erträglicher Rechenarbeit allgemein auflösen. Mehr als fünf Querträger innerhalb einer Öffnung anzutragen, bietet wenige Vorteile für die Lastverteilung auf die Hauptträ-

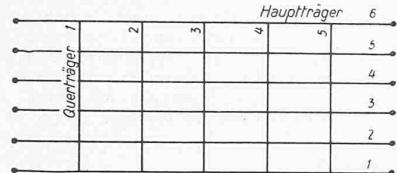


Abb. 19

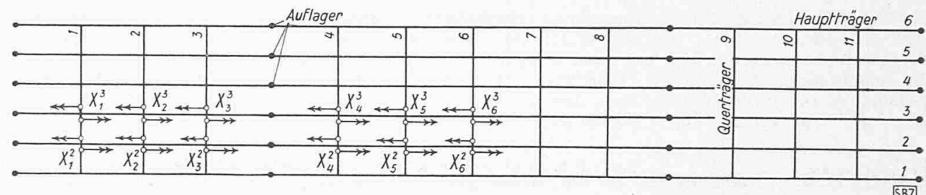


Abb. 20

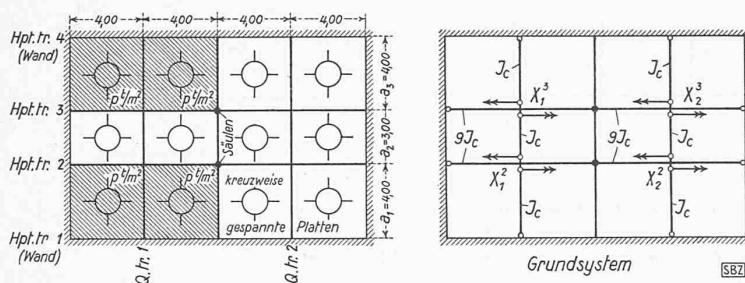


Abb. 21

ger, doch kommen natürlich Systeme mit mehr Hauptträgern vor. Haben wir acht Hauptträger, so können wir bei doppelter Symmetrie die 30 Bestimmungsgleichungen aufzutrennen in zwei Gruppen zu 9 und zwei Gruppen zu 6 Unbekannten; bei zehn Hauptträgern lassen sich die 40 Gleichungen trennen in zwei Gruppen zu 12 und zwei Gruppen zu 8 Gleichungen. Solche Gleichungsgruppen allgemein auflösen zu wollen, wäre ausserordentlich mühsam. Für solche Fälle sind Modellversuche am Platz; sind solche aber nicht möglich, so kann man auf folgende Weise durchkommen: Für die Verkehrsbelastung kann man sich damit begnügen, einige wenige typische Belastungsfälle zu untersuchen, um sich ein Bild machen zu können über die Beanspruchung der Querträger und wie die Nutzlast auf die Hauptträger aufzuteilen ist. Das Vorgehen soll am Beispiel von Abb. 20 erklärt werden:

Belasten wir nur einen Querträger, so tragen die weiter entfernten Querträger sehr wenig zur Lastverteilung bei. Wie rasch die Wirkung der Querträger mit steigendem Abstand von der Belastung sich verringert, hängt natürlich vom System ab (Anzahl und Abstand der Hauptträger, Verhältnisse der Trägheitsmomente der Träger usw.). Es genügt aber in der Regel, vorerst nur die Wirkung von drei Querträgern zu berücksichtigen, nämlich die Wirkung des belasteten und der beidseitig nächstliegenden. Die 44 Bestimmungsgleichungen des Systems von Abb. 20, obwohl sie sich bei doppelter Symmetrie in zwei Gruppen zu 12 und zwei Gruppen zu 10 Unbekannten aufspalten lassen, allgemein auflösen zu wollen, wäre ein aussichtsloses Vorhaben. Für die Berechnung der Nutzlast werden wir uns daher begnügen müssen, den Einfluss von typischen Belastungen auf einzelnen Querträgern, beispielsweise den Querträgern 2 und 6, zu bestimmen. Bei der Belastung des Querträgers 2 berücksichtigen wir also vorerst nur die Querträger 1, 2 und 3. Bei Symmetrie für die Längssaxe haben wir dann zwei Gleichungsgruppen von je 6 Unbekannten aufzulösen, eine Rechenaufgabe, die sich ohne zu grosse Mühe durchführen lässt. Nachher ist es leicht sich zu überzeugen, ob die Vernachlässigung der übrigen Querträger zulässig war, indem man die gewonnenen Ergebnisse in die Bestimmungsgleichungen der Stützmomente des Querträgers 4 einführt. Dabei werden die Momente der Querträger 5 bis 11 weiterhin vernachlässigt. Für den Querträger 4 sind zwei Gruppen zu je 2 Unbekannten aufzulösen. Zeigt es sich, dass die Momente des Querträgers 4 vernachlässigbar sind, so sind es auch diejenigen der Querträger 5, 6 usw.

Belasten wir den Querträger 6, so berücksichtigen wir vorerst nur die Querträger 5, 6 und 7. Bei doppelter Symmetrie sind dabei zwei Gruppen zu 4 Unbekannten aufzulösen. Ist das geschehen, so können die gewonnenen Ergebnisse in die Gleichungsgruppen für die Querträger 4 und 8 eingeführt werden, wobei die Momente der Querträger 1 bis 3 und 9 bis 11 weiterhin vernachlässigt werden. Dabei sind zwei Gruppen zu je 2 Unbekannten aufzulösen. Nötigenfalls lassen sich nachher die Resultate der Querträger 5 bis 7 verbessern und dann auch die Querträger 3 und 9 berücksichtigen.

Für Eigengewicht liegt der Fall anders. Ist die Belastung der Träger ungefähr proportional ihrer Steifigkeit, so werden die Querträger wenig beansprucht und jeder Hauptträger trägt annähernd seinen ihm direkt zukommenden Lastanteil; eine

genaue Berechnung erübrigत in diesem Falle. Falls dies nicht zutrifft, wäre es ein mühsames Vorgehen, einen Querträger nach dem andern zu beladen und nachher die Resultate zu superponieren. Wir

werden einfacher durchkommen durch Auflösen der Gleichungen durch Iteration. Dabei ist es

wichtig, gute Ausgangswerte zu besitzen. Für das System von Abb. 20 ist bei doppelter Symmetrie ein System von zwölf Gleichungen aufzulösen. Die Momentenflächen der verschiedenen Querträger werden in der Regel einigermassen ähnlich aussehen. Wir können auch ungefähr schätzen, wie sich die Momente der verschiedenen Querträger zueinander verhalten werden. Wir setzen beispielsweise:

$$\begin{aligned} X^2_1 &\sim X^2_3 \sim 0,7 X^2_6, & X^2_2 &\sim X^2_6, & X^2_4 &\sim 0,6 X^2_6, & X^2_5 &\sim 0,8 X^2_6 \\ X^3_1 &\sim X^3_3 \sim 0,7 X^3_6, & X^3_2 &\sim X^3_6, & X^3_4 &\sim 0,6 X^3_6, & X^3_5 &\sim 0,8 X^3_6 \end{aligned}$$

Diese Hilfswerte führen wir in die Gleichungen ein und erhalten die Ausgangswerte für die Iteration, indem wir für jeden Querträger zwei Gleichungen aufzulösen haben.

Auf solche oder ähnliche Weise wird man auch in schwierigen Fällen durchkommen.

c) Vierseitig gelagerter Trägerrost (Abb. 21).

Wir wählen das Trägheitsmoment der Querträger als J_c , dann wird $\bar{a} = a$ und die Bestimmungsgleichungen (8b) lauten für dieses System so, wie sie auf Seite 15 oben zusammengestellt sind.

Die Koeffizienten δ_{ik} berechnen sich aus den Momentenflächen für $P_1 = 1$ und $P_2 = 1$ (siehe Abb. 22). Wir erhalten für Hauptträger 2 und 3:

$$\delta_{11} = \delta_{22} = \frac{+7,67}{E J} \quad \delta_{12} = \frac{-3,00}{E J}$$

somit:

$$\bar{\delta}_{11} = \delta_{11} \times \frac{J_c}{J} = \bar{\delta}_{22} = \frac{7,67}{9} = +0,852$$

$$\bar{\delta}_{12} = \frac{-3,00}{9} = -0,333$$

Wir setzen diese Zahlenwerte ein und erhalten die Gleichungen:

	X^2_1	X^2_2	X^3_1	X^3_2	
G^2_1	+ 2,718	- 0,150	+ 0,169	+ 0,130	$= \bar{L}^2_1$
G^2_2	- 0,150	+ 2,718	+ 0,130	+ 0,169	$= \bar{L}^2_2$
G^3_1	+ 0,169	+ 0,130	+ 2,718	- 0,150	$= \bar{L}^3_1$
G^3_2	+ 0,130	+ 0,169	- 0,150	+ 2,718	$= \bar{L}^3_2$

	X_1^2	X_2^2	X_1^3	X_2^3	$= L$
G_1^2	$\frac{a_1 + a_2}{3}$ + $\delta_{12}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)^2 + \delta_{12}^3 \left(\frac{1}{a_2} \right)^2$	$\frac{a_2}{6}$ + $\delta_{12}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)^2 + \delta_{12}^3 \left(\frac{1}{a_2} \right)^2$	$\frac{a_2}{6}$ - $\frac{1}{a_2} \left[\delta_{12}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) + \delta_{12}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right) \right]$	$\frac{a_2}{6}$ - $\frac{1}{a_2} \left[\delta_{12}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) + \delta_{12}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right) \right] - \frac{1}{a_2} \left[\delta_{12}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) + \delta_{12}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right) \right]$	$\frac{a_1 + a_2}{3}$ + $\bar{X}_1^2 \times \frac{a_1 + a_2}{3}$ + $\delta_{10}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) - \delta_{10}^3 \times \frac{1}{a_2}$
G_2^2	$\frac{a_1 + a_2}{3}$ + $\delta_{22}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)^2 + \delta_{22}^3 \left(\frac{1}{a_2} \right)^2$	$\frac{a_2}{6}$ + $\delta_{22}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)^2 + \delta_{22}^3 \left(\frac{1}{a_2} \right)^2$	$\frac{a_2}{6}$ - $\frac{1}{a_2} \left[\delta_{22}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) + \delta_{22}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right) \right]$	$\frac{a_2}{6}$ - $\frac{1}{a_2} \left[\delta_{22}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) + \delta_{22}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right) \right] - \frac{1}{a_2} \left[\delta_{22}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) + \delta_{22}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right) \right]$	$\frac{a_1 + a_2}{3}$ + $\bar{X}_2^2 \times \frac{a_1 + a_2}{3}$ + $\delta_{20}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) - \delta_{20}^3 \times \frac{1}{a_2}$
G_1^3	$\frac{a_2}{6}$ - $\frac{1}{a_2} \left[\delta_{12}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) + \delta_{12}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right) \right]$	$\frac{a_2 + a_3}{3}$ + $\delta_{12}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)^2 + \delta_{12}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right)^2$	$\frac{a_2 + a_3}{3}$ + $\delta_{12}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)^2 + \delta_{12}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right)^2$	$\frac{a_2 + a_3}{3}$ + $\delta_{12}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)^2 + \delta_{12}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right)^2$	$\frac{a_2 + a_3}{3}$ - $\bar{X}_1^3 \times \frac{a_2 + a_3}{3}$ - $\delta_{10}^2 \times \frac{1}{a_2} + \delta_{10}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right)$
G_2^3	$\frac{a_2}{6}$ - $\frac{1}{a_2} \left[\delta_{22}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right) + \delta_{22}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right) \right]$	$\frac{a_2 + a_3}{3}$ + $\delta_{22}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)^2 + \delta_{22}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right)^2$	$\frac{a_2 + a_3}{3}$ + $\delta_{22}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)^2 + \delta_{22}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right)^2$	$\frac{a_2 + a_3}{3}$ + $\delta_{22}^2 \left(\frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} \right)^2 + \delta_{22}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right)^2$	$\frac{a_2 + a_3}{3}$ - $\bar{X}_2^3 \times \frac{a_2 + a_3}{3}$ - $\delta_{20}^2 \times \frac{1}{a_2} + \delta_{20}^3 \left(\frac{1}{a_2} + \frac{1}{a_3} \right)$

Wir trennen sie durch Addition und Subtraktion und erhalten daraus die allgemeinen Lösungen:

$$\begin{aligned} 2,867 (X_1^2 + X_2^2 + X_1^3 + X_2^3) &= \bar{L}_1^2 + \bar{L}_2^2 + \bar{L}_1^3 + \bar{L}_2^3 \\ 2,269 (X_1^2 + X_2^2 - X_1^3 - X_2^3) &= \bar{L}_1^2 + \bar{L}_2^2 - \bar{L}_1^3 - \bar{L}_2^3 \\ 2,907 (X_1^2 - X_2^2 + X_1^3 - X_2^3) &= \bar{L}_1^2 - \bar{L}_2^2 + \bar{L}_1^3 - \bar{L}_2^3 \\ 2,829 (X_1^2 - X_2^2 - X_1^3 + X_2^3) &= \bar{L}_1^2 - \bar{L}_2^2 - \bar{L}_1^3 + \bar{L}_2^3 \end{aligned}$$

Bestimmung der Lastglieder für die Belastung gemäss Abb. 21: Vom Querträger 1 erhalten wir (Abb. 23):

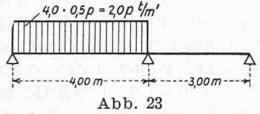


Abb. 23

$$\bar{X}_1^2 = \bar{X}_1^3 = - \frac{2p \times (4)^2}{8 \left(1 + \frac{3}{4} \right)} = - \frac{16}{7} p \cdot m^t$$

$$\bar{X}_1^2 \times \frac{a_1 + a_2}{3} = \bar{X}_1^3 \frac{a_2 + a_3}{3} = - \frac{16}{7} p \times \frac{4+3}{3} = - 5,33 p.$$

Die Durchbiegungen der Hauptträger im Grundsystem setzen sich zusammen aus den Durchbiegungen für die Einzellast $4p$ und den Durchbiegungen infolge der verteilten Belastung p (siehe Abb. 22)

$$\delta_{10}^2 = \delta_{10}^3 = + \frac{68,00 p}{EJ}; \quad \bar{\delta}_{10}^2 = \bar{\delta}_{10}^3 = + \frac{68,00 p}{9} = + 7,56 p$$

$$\delta_{20}^2 = \delta_{20}^3 = - \frac{28,00 p}{EJ}; \quad \bar{\delta}_{20}^2 = \bar{\delta}_{20}^3 = - \frac{28,00 p}{9} = - 3,11 p$$

Daraus ergeben sich die Lastglieder:

$$\bar{L}_1^2 = \bar{L}_1^3 = - 5,33 p + 7,56 p \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{3} \right) - 7,56 p \frac{1}{3} = - 3,44 p$$

$$\bar{L}_2^2 = \bar{L}_2^3 = 0 - 3,11 p \left(\frac{1}{4} + \frac{1}{3} \right) + 3,11 p \times \frac{1}{3} = - 0,78 p$$

Dies führt zu den gesuchten Stützmomenten:

$$X_1^2 = X_1^3 = - 1,20 p \quad X_2^2 = X_2^3 = - 0,28 p$$

Die Momentenflächen für die Quer- und Hauptträger sind in Abb. 24 dargestellt.

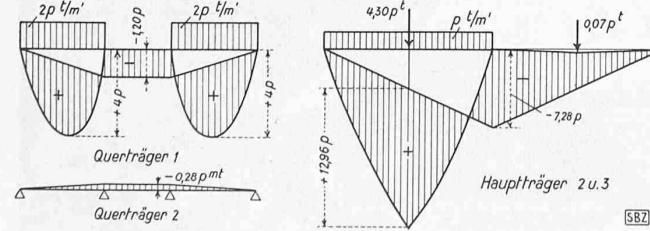


Abb. 24

Zum Vergleich sei das Stützmoment des Querträgers 1 auf festen Stützen berechnet. Wir setzen dazu einfach in Gleichung G_1^2 und G_1^3 sämtliche $\delta = 0$. Die Gleichungen lauten dann:

$$(G_1^2) \frac{a_1 + a_2}{3} X_1^2 + \frac{a_2}{6} X_1^3 = + \bar{X}_1^2 \frac{a_1 + a_2}{3}$$

$$(G_1^3) \frac{a_2}{6} X_1^2 + \frac{a_2 + a_3}{3} X_1^3 = + \bar{X}_1^3 \frac{a_2 + a_3}{3}$$

	\bar{L}_1^2	\bar{L}_2^2	\bar{L}_1^3	\bar{L}_2^3
$X_1^2 =$	+ 0,372	+ 0,023	- 0,025	- 0,021
$X_2^2 =$	+ 0,023	+ 0,372	- 0,021	- 0,025
$X_1^3 =$	- 0,025	- 0,021	+ 0,372	+ 0,023
$X_2^3 =$	- 0,021	- 0,025	+ 0,023	+ 0,372

Für den behandelten Belastungsfall erhalten wir $X_1^2 = X_2^3 = - 1,88 p$. Das wirkliche Stützmoment unter Berücksichtigung der elastischen Verformung der Hauptträger ist wesentlich kleiner.

Ersatztreibstoffe für Automobile

Serienfabrikation von Azetylen-Generatoren
Von Dipl. Ing. MAX TROESCH, Zürich

Den Umständen der Zeit entsprechend sah sich die General Motors Suisse S. A. in Biel gezwungen, nach und nach die Montage von Automobilen einzustellen. Um wenigstens einem Teil der früher beschäftigten 300 Arbeiter weiter ein Auskommen zu sichern, suchte die Direktion des Unternehmens eine Ersatztreibstoffanlage, die sie in den bestehenden Werkstätten herstellen und einbauen kann.

Es ist der General Motors gelungen, in kürzester Zeit eine Azetylen-Generatoranlage zu entwickeln, sie im Dezember 1940 der Sektion für Kraft und Wärme vorzuschlagen, im Januar prüfen zu lassen und anfangs März serienweise an die Kundenschaft zu liefern. Wenn auch nicht grosse Serien erzielt werden, so ist doch alles auf rationelle Fabrikation und Montage eingestellt, indem jeder einzelne der 100 Arbeiter wenn auch nicht die ganze Woche hindurch, so doch tagweise ein und die selbe Verrichtung ausführt. Die Tagesleistung kommt durchschnittlich auf sieben umgebauten Wagen, eine Produktion, die jedenfalls in ihrer Art einzig dasteht. Dabei hat man bewusst darauf verzichtet, unbedingt die ganze Anlage selbst herstellen zu wollen. Teillaggregate, deren Eigenproduktion zu grossen Einrichtungen erfordert hätte, oder die für ähnliche Zwecke entwickelt, in ausgereifter Form auf dem Markt erhältlich sind, werden nach geschickter Auswahl einbaufertig bezogen. Nur dadurch war es möglich, in derart kurzer Zeit eine betriebsichere Anlage zu schaffen, die ohne Schwierigkeiten seriennässig auf die verschiedenen Wagenmarken und -Typen eingebaut und den Eigenarten ihrer Motoren angepasst werden kann.

Das GM-CARBOR-System ist schematisch aus Abb. 1 ersichtlich. Der Generator 1 ist nach dem Schubladensystem¹⁾ ausgeführt und kann an Stelle der Stossstange vorn oder hinten am Wagen angebracht werden. Wird ein grosser Aktionsradius verlangt, so besteht die Möglichkeit des beidseitigen Anbaues. Je nach Wagengrösse wird der Generator in zwei Längen mit sonst gleichen Abmessungen hergestellt und fasst dementsprechend drei oder vier Schubladen für Ladungen von je 7 kg Karbid. Die Schubladen werden durch Haken aneinander gehängt und von einer Seite in den Generator geschoben, beziehungsweise herausgezogen. Die Berieselung mit Wasser geschieht durch gelochte Rohre, die oben im Generator befestigt sind und die einzeln durch Elektroventile 2 beschickt werden können. Das Entwicklungswasser wird normalerweise im Benzintank 3 des Wagens mitgeführt und durch die Benzinpumpe 4 in den Entwickler gepresst. Diese Pumpen fördern bekanntlich nur bis zu einem bestimmten Gegendruck und stellen darauf automatisch ab. Diese Eigenart wird in Verbindung mit einem Windkessel 5 und einem

¹⁾ Vgl. «SBZ» Bd. 117, S. 203* (3. Mai 1941).