Die Berechnung von ebenen Trägerrosten

Autor(en): **Kruck, G.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **117/118 (1941)**

Heft 2

PDF erstellt am: **24.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-83481

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://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. Schubsichere 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 Bundesfeierspiel 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

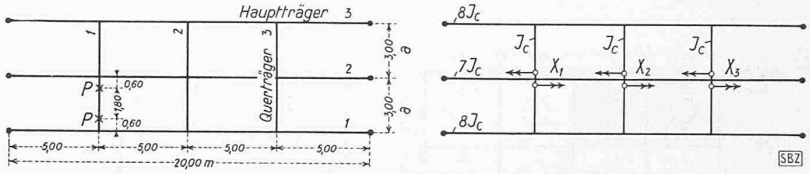
Von Dr. sc. techn. G. KRUCK, Public Works Department, Bangkok, Siam

(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 $\overline{a} = a$ und die allgemeine Bestimmungsgleichung lautet:



System und Belastung Abb. 17 Grundsystem

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

Wir schreiben sie aus:

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

Die Koeffizienten ermitteln sich zu:

$\overline{\delta}^1{}_{11} = \overline{\delta}^3{}_{11} = 11{,}72\ \mathrm{m}^3$ $\quad \overline{\delta}^2{}_{11} = 13{,}39\ \mathrm{m}^3$ $\quad \frac{2\,(a)^3}{3} = 18{,}00\ \mathrm{m}^3$

$\overline{\delta}^1{}_{12} = \overline{\delta}^3{}_{12} = 14{,}32$ $\quad \overline{\delta}^2{}_{12} = 16{,}37$

$\overline{\delta}^1{}_{13} = \overline{\delta}^3{}_{13} = 9{,}11$ $\quad \overline{\delta}^2{}_{13} = 10{,}42$

$\overline{\delta}^1{}_{22} = \overline{\delta}^3{}_{22} = 20{,}83$ $\quad \overline{\delta}^2{}_{22} = 23{,}81$ $\quad$ (alles in t, m)

Für unsere Abmessungen lauten somit die Bestimmungsgleichungen:

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

Wir trennen sie durch Addition und Subtraktion:

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

	$X_1 - X_2$	
1 — 3	+ 35,10	$= \overline{L}_1 - \overline{L}_3$

Daraus erhalten wir die allgemeine Lösung:

mt	$\overline{L}_1$	$\overline{L}_2$	$\overline{L}_3$
$X_1 =$	+ 0,0266	— 0,0150	— 0,0019
$X_2 =$	— 0,0150	+ 0,0247	— 0,0150
$X_3 =$	— 0,0019	— 0,0150	+ 0,0266

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

Gemäss (9a) errechnet sich: $X_1 = -\,0{,}360\,P$

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

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

Hauptträger 1:

$\overline{\delta}^1{}_{i0} = \overline{\delta}^1{}_{i1} \times P$: $\overline{\delta}^1{}_{1,0} = 11{,}72\,P$, $\overline{\delta}^1{}_{2,0} = 14{,}32\,P$, $\overline{\delta}^1{}_{3,0} = 9{,}11\,P$

Hauptträger 2:

$\overline{\delta}^2{}_{i0} = \overline{\delta}^2{}_{i1} \times P$: $\overline{\delta}^2{}_{1,0} = 13{,}39\,P$, $\overline{\delta}^2{}_{2,0} = 16{,}37\,P$, $\overline{\delta}^2{}_{3,0} = 10{,}42\,P$

Hauptträger 3:

$\overline{\delta}^3{}_{i0} = 0$

Daraus berechnen wir die Lastglieder:

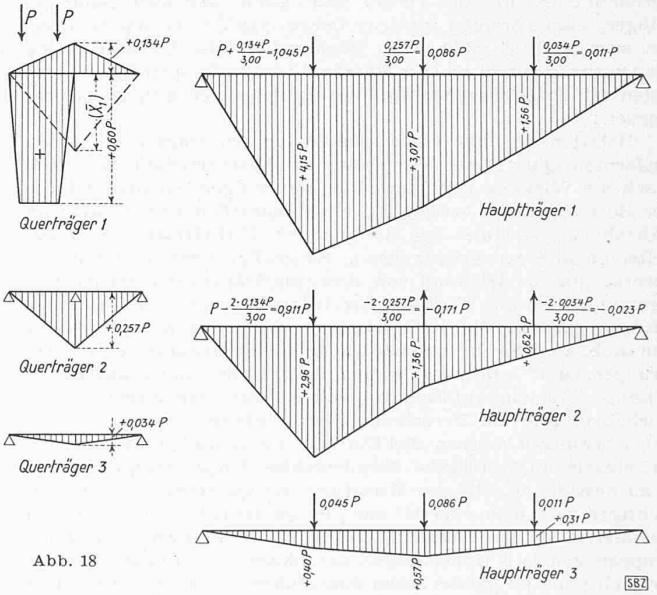


Abb. 18

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

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

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

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. Weitaus die meisten Brücken sind symmetrisch in Bezug auf eine Längs- und Quer-Axe. 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 Unbekannten. Solche Gruppen lassen sich mit Hilfe des Gauss'schen Allgorithmus mit noch erträglicher Rechenarbeit allgemein auflösen. Mehr als fünf Querträger innerhalb einer Oeffnung anzuordnen, bietet wenig Vorteile für die Lastverteilung auf die Hauptträ-

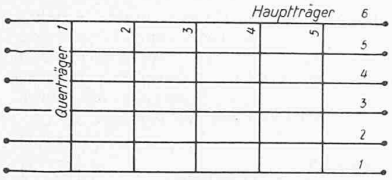


Abb. 19

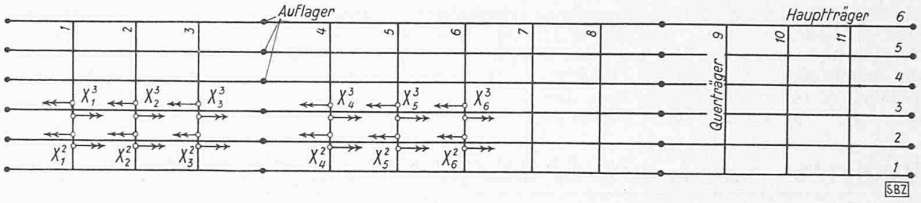


Abb. 20

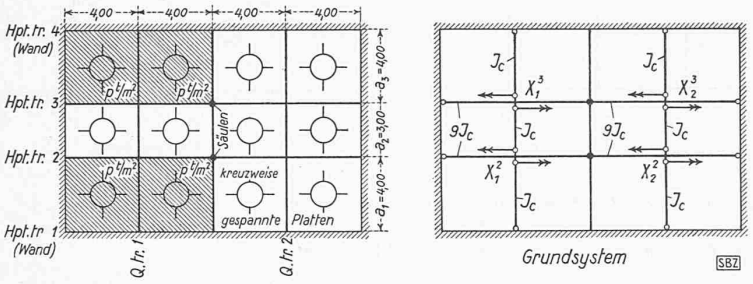


Abb. 21

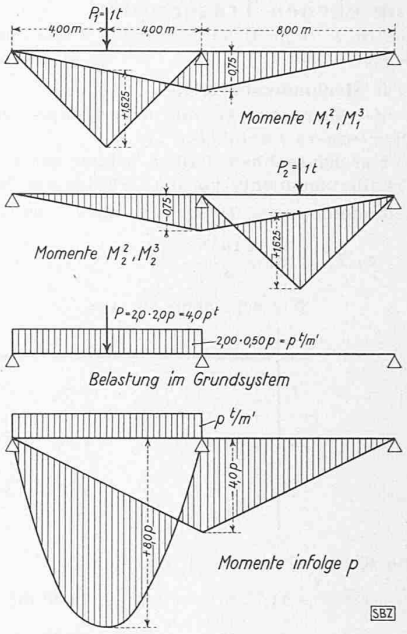


Abb. 22

ger, doch kommen natürlich Systeme mit mehr Hauptträgern vor. Haben wir acht Hauptträger, so können wir bei doppelter Symmetrie die 30 Bestimmungsgleichungen auftrennen 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 Verkehrslast 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 Längsaxe 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 erübrigt sich in diesem Falle. Falls dies nicht zutrifft, wäre es ein mühsames Vorgehen, einen Querträger nach dem andern zu belasten 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:

$$X^2_1 \backsim X^2_3 \backsim 0{,}7\,X^2_6\,, \quad X^2_2 \backsim X^2_6\,, \quad X^2_4 \backsim 0{,}6\,X^2_6\,, \quad X^2_5 \backsim 0{,}8\,X^2_6$$

$$X^3_1 \backsim X^3_3 \backsim 0{,}7\,X^3_6\,, \quad X^3_2 \backsim X^3_6\,, \quad X^3_4 \backsim 0{,}6\,X^3_6\,, \quad X^3_5 \backsim 0{,}8\,X^3_6$$

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 $\overline{a} = a$ 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:

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

somit:

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

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

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	$= \overline{L}^2_1$
G^2_2	− 0,150	+ 2,718	+ 0,130	+ 0,169	$= \overline{L}^2_2$
G^3_1	+ 0,169	+ 0,130	+ 2,718	− 0,150	$= \overline{L}^3_1$
G^3_2	+ 0,130	+ 0,169	− 0,150	+ 2,718	$= \overline{L}^3_2$

	X_1^2	X_2^2	X_1^3	X_2^3	$=$ L
G_1^2	$+\frac{a_1+a_2}{3}$ $+\bar\delta_{11}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)^2+\bar\delta_{11}^3\left(\frac{1}{a_2}\right)^2$	$+\bar\delta_{12}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)^2+\bar\delta_{12}^3\left(\frac{1}{a_2}\right)^2$	$+\frac{a_2}{6}$ $-\frac{1}{a_2}\left[\bar\delta_{11}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)+\bar\delta_{11}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)\right]$	$-\frac{1}{a_2}\left[\bar\delta_{12}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)+\bar\delta_{12}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)\right]$	$+\bar X_1^2\times\frac{a_1+a_2}{3}$ $+\bar\delta_{10}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)-\bar\delta_{10}^3\times\frac{1}{a_2}$
G_2^2	$+\bar\delta_{12}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)^2+\bar\delta_{12}^3\left(\frac{1}{a_2}\right)^2$	$+\frac{a_1+a_2}{3}$ $+\bar\delta_{22}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)^2+\bar\delta_{22}^3\left(\frac{1}{a_2}\right)^2$	$-\frac{1}{a_2}\left[\bar\delta_{12}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)+\bar\delta_{12}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)\right]$	$+\frac{a_2}{6}$ $-\frac{1}{a_2}\left[\bar\delta_{22}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)+\bar\delta_{22}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)\right]$	$+\bar X_2^2\times\frac{a_1+a_2}{3}$ $+\bar\delta_{20}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)-\bar\delta_{20}^3\times\frac{1}{a_2}$
G_1^3	$+\frac{a_2}{6}$ $-\frac{1}{a_2}\left[\bar\delta_{11}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)+\bar\delta_{11}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)\right]$	$-\frac{1}{a_2}\left[\bar\delta_{12}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)+\bar\delta_{12}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)\right]$	$+\frac{a_2+a_3}{3}$ $+\bar\delta_{11}^2\left(\frac{1}{a_2}\right)^2+\bar\delta_{11}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)^2$	$+\bar\delta_{12}^2\left(\frac{1}{a_2}\right)^2+\bar\delta_{12}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)^2$	$-\bar X_1^3\times\frac{a_2+a_3}{3}$ $-\bar\delta_{10}^2\times\frac{1}{a_2}+\bar\delta_{10}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)$
G_2^3	$-\frac{1}{a_2}\left[\bar\delta_{12}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)+\bar\delta_{12}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)\right]$	$+\frac{a_2}{6}$ $-\frac{1}{a_2}\left[\bar\delta_{22}^2\left(\frac{1}{a_1}+\frac{1}{a_2}\right)+\bar\delta_{22}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)\right]$	$+\bar\delta_{12}^2\left(\frac{1}{a_2}\right)^2+\bar\delta_{12}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)^2$	$+\frac{a_2+a_3}{3}$ $+\bar\delta_{22}^2\left(\frac{1}{a_2}\right)^2+\bar\delta_{22}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)^2$	$-\bar X_2^3\times\frac{a_2+a_3}{3}$ $-\bar\delta_{20}^2\times\frac{1}{a_2}+\bar\delta_{20}^3\left(\frac{1}{a_2}+\frac{1}{a_3}\right)$

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

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

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

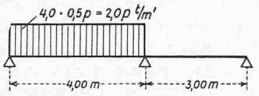


Abb. 23

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

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

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)

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

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

Daraus ergeben sich die Lastglieder:

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

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

Dies führt zu den gesuchten Stützmomenten:

$$X^2_1=X^3_1=-1{,}20\,p\qquad X^2_2=X^3_2=-0{,}28\,p$$

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

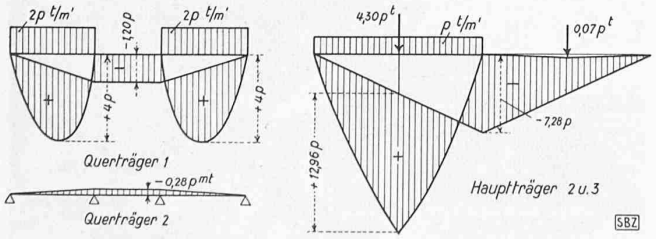


Abb. 24

Zum Vergleich sei das Stützmoment des Querträgers 1 auf festen Stützen berechnet. Wir setzen dazu einfach in Gleichung G^2_1 und G^3_1 sämtliche $\delta=0$. Die Gleichungen lauten dann:

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

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

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

Für den behandelten Belastungsfall erhalten wir $X^2_1=X^3_1=-1{,}88\,p$. 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 Kundschaft 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 umgebaute Wagen, eine Produktion, die jedenfalls in ihrer Art einzig dasteht. Dabei hat man bewusst darauf verzichtet, unbedingt die ganze Anlage selbst herstellen zu wollen. Teilaggregate, deren Eigenproduktion zu grosse 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 serienmässig auf die verschiedensten 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 Schubladensystem[1]) ausgeführt und kann an Stelle der Stosstange 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).