Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung

Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

Band: 121/122 (1943)

Heft: 4

Artikel: Bestimmung des Bremsgewichts der mit Druckluftbremse ausgerüsteten Eisenbahnfahrzeuge

Autor: Christen, F.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-53136

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: 08.01.2026

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

Aus äussern Lasten $\eta_1' = \frac{1240 + 1940}{2} \cdot \frac{300}{2100 \cdot 17\,600} +$

$$+ \frac{1940 + 2750}{2} \cdot \frac{300}{2100 \cdot 31\,300} = 0{,}0236$$

Aus $X_1 = 1$ $\eta_1' = \quad = 0{,}00771$

Aus $X_2 = 1$ $\eta_1' = \quad = 0{,}00314$

Gleichung (20) lautet $2{,}82 + 0{,}576\,X_1 + 0{,}841\,X_2 = 4{,}00$

und Gleichung (21) $X_2 = 34\,(0{,}0236 + 0{,}00771\,X_1 + 0{,}00314\,X_2)$

Die Auflösung dieser zwei Gleichungen nach X_1 und X_2 ergibt

$$X_1 = Q_0 = 0{,}52 \text{ t und } X_2 = \Delta Q_1 = 1{,}05 \text{ t}$$

Die Superposition liefert schliesslich das in Abb. 7 eingetragene Momentendiagramm M_{tot}. Zum Vergleich sind die Momente ohne Formänderungseinfluss gestrichelt eingetragen. Die Momenten-Fläche lässt sich auch bei sehr weiter Teilung zuverlässig auftragen, da in jedem Punkt auch die Tangente (Querkraft Q) bekannt ist. Eine analytische Vergleichsberechnung mit den Formeln (18) und (19) hat übereinstimmende Resultate ergeben.

Bestimmung des Bremsgewichtes der mit Druckluftbremse ausgerüsteten Eisenbahnfahrzeuge

Von Ing. Dr. F. CHRISTEN, Sektionschef der SBB, Bern

Die Schweiz. Bundesbahnen haben zur Bestimmung des Bremsgewichtes[1]) und zur Untersuchung des Einflusses der Bremsenmerkmale eingehende Versuche mit vierachsigen Personenwagen üblicher Bauart (ABC^{4ü} 2977) und der Leichtbauart mit R-Bremse (C^{4ü} 9643), und einem zweiachsigen gedeckten Güterwagen (K^3 42909) durchgeführt.

Die interessanten Versuchsergebnisse, die zum Teil auf Grund neuer Gesichtspunkte ermittelt wurden, sind geeignet zur bessern Erkenntnis des Bremsvorganges und weitern Entwicklung des Verfahrens zur Ermittlung des Bremsgewichtes beizutragen.

Nachfolgend werden im wesentlichen nur die Versuche mit dem vierachsigen Personenwagen der Leichtbauart mit R-Bremse[2]) behandelt. Die Bauart dieses Wagens zeichnet sich aus durch das geringe Eigengewicht von rd. 27 t, die Verwendung von Kugellagern für die Achslager und die gute Abfederung des Wagens. Die Druckluftbremse besitzt die beiden Stellungen «RIC» und «R». In der Stellung RIC arbeitet die Bremse wie allgemein üblich, gemäss den Vorschriften für die Personenzugbremse des Internationalen Eisenbahnverbandes (I. E. V.) und in der Stellung R mit erhöhter Abbremsung, mittels eines Zusatzbremszylinders, der von einem Bremsdruckregler gesteuert wird, den ein Geschwindigkeitsmesser überwacht.

Der einzelne Bremsklotzdruck $\frac{P}{c}$ und die Abbremsung $\frac{P}{G_{Tara}} = \frac{\text{totaler Bremsklotzdruck}}{\text{Bruttogewicht}}$ betragen:

In Stellung RIC bei allen Fahrgeschwindigkeiten V		In Stellung R $V = 0$ bis 80 km/h und 50 km/h bis 0	In Stellung R V ab 80 km/h und höher und bis 50 km/h hinunter	
theoretisch	auf der Fahrt		theoretisch	auf der Fahrt
$\frac{P}{c} = 1180$ kg	1090 kg	wie in Stellung RIC	2360 kg	2180 kg
$\frac{P}{G} = 70$ %	64,7 %	wie in Stellung RIC	140 %	129 %

Für die Bestimmung des Bremsgewichtes für den zwischenstaatlichen Verkehr sind vom I. E. V. Vorschriften aufgestellt worden, vorerst für die Güterzug- und einige Jahre später auch für die Personenzug-Bremse. Für die erste sind die Bremsgewichte nach einem bestimmten Verfahren zu berechnen und für die letztgenannte durch Versuche zu ermitteln. Das Verfahren für die Güterzugbremse war für die Personenzugbremse nicht anwendbar.

Auch für die Einheit des Bremsgewichtes wurden für die Güterzug- und Personenzugbremse verschiedene Werte festgelegt und zwar:

Güterzugbremse:

$$B_G = P\,\frac{10}{7}\,\gamma$$

wobei $\gamma = 1$ für $\frac{P}{c} = 1690$ kg, $a = 20$ % und $t_f = 28$ sec.

Es bedeuten:

B_G Bremsgewicht für Güterzugbremse in t

γ eine Rechnungsgrösse

c Anzahl der Bremsklötze

$\frac{P}{c}$ Druck eines Bremsklotzes während der Fahrt in kg

a Verhältnis des Klotzdruckes am Ende des Ansprunges zum Endklotzdruck

t_f Füllzeit in sec des Bremszylinders bis zu dem Zeitpunkt, da der Druck im Bremszylinder 95 % seines Höchstwertes erreicht.

Personenzugbremse:

Das Bremsgewicht eines vierachsigen Drehgestellwagens mit einem Eigengewicht von 50 t und mit 16 gewöhnlichen gusseisernen Bremsklötzen, einem wirklichen Bremsklotzdruck während der Fahrt von 80 % des Eigengewichtes, somit 40 t (2,5 t pro Klotz) und einer Bremszylinderfüllzeit von 4,7 sec, ist gleich dem Eigengewicht, d. h. 50 t. Es ergibt sich für diesen Wagen (Einheitsbremswagen, E.W.) bei einer Schnellbremsung nach dem Abstossen bei einer Fahrgeschwindigkeit von 120 km/h ein Bremsweg von 730 m und bei 100 km/h ein solcher von 472 m.

Bei der Wahl dieser Bremswege ist der I. E. V. mit Rücksicht auf die Aufstellung der festen Signale auf der Strecke von einem Höchstbremsweg von 1000 m für einen Zug einschliesslich der nicht abgebremsten Lokomotive ausgegangen.

Die vom I. E. V. für das Bremsgewicht der Güterzug- und der Personenzugbremse gewählten Einheiten lassen sich auf Grund der I. E. V.-Versuchswerte nicht miteinander vergleichen. Bei den für die Güterzugbremse von der Deutschen Reichsbahn für den I. E. V. ausgeführten Versuchen wurde eine Gruppe von offenen Güterwagen von je rd. 30 t Bruttogewicht bei einer Höchstfahrgeschwindigkeit von 60 km/h abgestossen, wobei nur der erste Wagen abgebremst war und soviel weitere Wagen angehängt wurden, bis sich ein Bremsweg von 700 m bzw. 400 m ergab. Für die für die Einheit $\gamma = 1$ gewählten Werte betrug das Wagengewicht rd. 115 t bzw. 52 t.

Für die nachfolgende Untersuchung wird für das Bremsgewicht die vom I. E. V. für die Personenzugbremse festgelegte Einheit benützt.

Die Bestimmung des Bremsgewichtes gemäss den I. E. V.-Vorschriften für die Personenzugbremse erfolgt auf Grund des durch Versuche auf einer geraden, ebenen Strecke mittels einer Schnellbremsung erreichten Bremsweges, für einzelne Wagen mit Hilfe der in Abb. 1 angegebenen I. E. V.-Kurven, die für den Einheitsbremswagen ermittelt wurden.

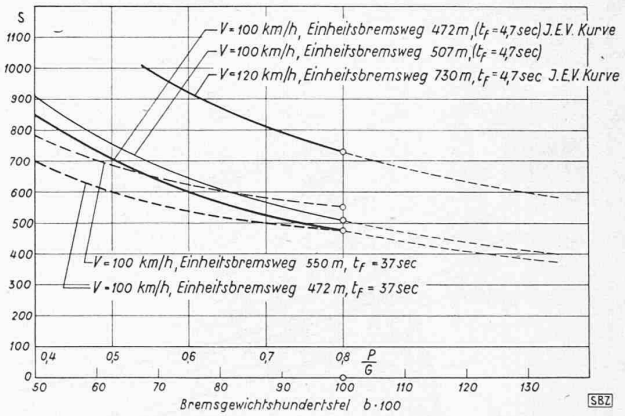

Abb. 1. I. E. V.-Kurven zur Bestimmung des Bremsgewichtes B [$B = b \cdot 6$]

Diese I. E. V.-Kurven sind nur für ein Verhältnis

$$\frac{P}{G} = \text{rd. } 0{,}4 \div 0{,}8$$

aufgestellt worden, für höhere Abbremsungen, z. B. 1,3 für den Wagen C^{4ü} 9643, sind sie nicht benützbar. Mit Hilfe der nachfolgenden Ableitung ist es nun möglich, auch für hohe Abbremsungen das Bremsgewicht zu bestimmen und die Kurven der Abb. 1 entsprechend zu verlängern.

Das Bremsgewicht wird gewöhnlich definiert als Produkt des gesamten Bremsklotzdruckes und einer Bremsbewertungszahl, die von der Bremsausrüstung des Wagens abhängt:

$$B = P\,\beta_0$$

Allgemein entspricht die auf einer ebenen geraden Strecke bis zum Stillstand des Wagens zu leistende Bremsarbeit der bei

---

[1]) Vgl. *W. Müller*, SBZ, Bd. 120, S. 253*, 28. Nov. 1942.

[2]) SBZ, Bd. 110, S. 116*, Sept. 1937.

Beginn der Bremsung vorhandenen lebendigen Kraft und ist gleich der Summe der Reibungsarbeit der Klötze und des gesamten selbstbremsenden Fahrwiderstandes (Roll- und Luft-Widerstand). Es ist somit

$$1000\,P\,\mu_k\,s + G\,w\,s = \frac{M\,v^2}{2}$$

und bei Einstellung der rotierenden Massen mit 7 % des Fahrzeuggewichtes

$$s\,1000\,P\left(\mu_k + \frac{G}{1000\,P}\,w\right) = \frac{1{,}07\cdot 1000\,G\,V^2}{2\cdot 9{,}81\cdot \cancel{3{,}62}} = 4{,}2\,G\,V^2$$

Wird $\mu_k + \frac{G}{1000\,P}\,w = \frac{\beta}{1000}$ gesetzt, so folgt

$$G = P\,\frac{s\,\beta}{4{,}2\,V^2} \quad \text{und da } B = G\,b \quad \ldots\ldots \quad (1)$$

$$B = G\,b = P\,\frac{s\,\beta}{4{,}2\,V^2}\,b \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

Es bedeuten:

B Bremsgewicht in t
b 100 Bremsgewichthundertstel
V Fahrgeschwindigkeit bei Beginn der Bremsung in km/h
v Fahrgeschwindigkeit bei Beginn der Bremsung in m/sec
P gesamter Bremsklotzdruck während der Fahrt in t
M Masse in kg $\frac{\text{sec}^2}{\text{m}}$
G Bruttogewicht des Fahrzeuges oder Zuges in t
β und β_0 = veränderliche Rechnungsgrössen
μ_k Klotzreibungsziffer
w Fahrwiderstand in kg/t
s Bremsweg in m

Das Bremsgewicht stellt somit dasjenige Gewicht G des Wagens dar, das der Wagen haben sollte, um bei der vorhandenen Bremswirkung und der in Frage kommenden Fahrgeschwindigkeit einen bestimmten Bremsweg zu ergeben.

Durch die Gl. (2) wird das Bremsgewicht in einfacher und anschaulicher Weise in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Bremsweg s, dem Bremsklotzdruck P, der Fahrgeschwindigkeit V und der Kenngrösse β gebracht.

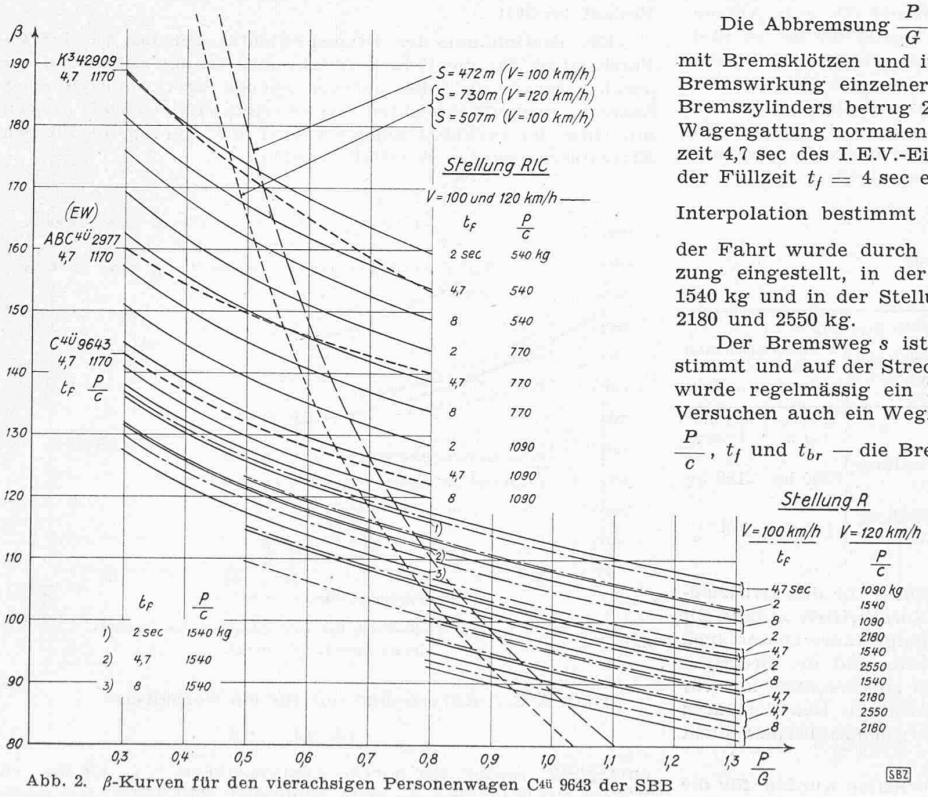

Abb. 2. β-Kurven für den vierachsigen Personenwagen C⁴ü 9643 der SBB

Stellung	$\frac{P}{c}$	t_f	$\frac{P}{G}$ effektiv	β (Abb. 2)	s Gl. (3)	B aus Abb. 1 I. E.V.-Kurve	aus Abb. 2 $\frac{P}{G}$ für $s = 730$	B
RIC	1090 kg	4 sec	0,647	129,5	724 m	27	0,635	27 t
R	2180 kg	4 sec	1,29	87	538 m	—	0,855	41 t

Die Einwirkung des Gefälles und der Krümmungen der Fahrstrecke wird, da für diese Untersuchung ohne Interesse, nicht berücksichtigt.

Aus der Gl. (1) ergibt sich der Bremsweg

$$s = \frac{4{,}2\,V^2}{\frac{P}{G}\,\beta} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

Gemäss der früher aufgestellten Beziehung

$$\beta = 1000\left(\mu_k + \frac{G}{1000\,P}\,w\right)$$

ist die Bremsbewertungszahl β abhängig, ausser von der Abbremsung $\frac{P}{G}$, von der mittleren Klotzreibungsziffer μ_k und dem mittleren Fahrwiderstand w während der Haltebremsung. Wagen mit gleichem $\frac{P}{G}$, μ_k und w haben gleiches β und ergeben bei Bremsung aus gleicher Fahrgeschwindigkeit V den gleichen Bremsweg s, sie besitzen das selbe Bremsgewicht.

Die Werte von β können somit für Wagen ähnlicher Bauart, bei gleicher Abbremsung $\frac{P}{G}$ ungefähr gleich gross angenommen werden. Es genügt also zur Bestimmung des Bremsgewichtes einer solchen Wagengruppe, nur für einen Wagen durch Versuche die den verschiedenen in Frage kommenden Bremsen-Merkmale t_f und $\frac{P}{c}$ entsprechenden Werte von β und der zugehörigen $\frac{P}{G}$ zu ermitteln. Werden diese β-Werte und diejenigen, die dem Einheitsbremsweg entsprechen, in Kurven zusammengestellt (Abb. 2), so ergibt sich das Bremsgewicht auf Grund der Gl. (2) mit $B = G$ für $b = 1$, d. h. aus dem Wert von $\frac{P}{G}$ des Schnittpunktes der β-Kurve für die in Frage kommenden Bremsen-Merkmale und derjenigen für den Einheitsbremsweg.

Mit dem untersuchten Wagen C⁴ü 9643 wurde, zur Bestimmung der für die Aufstellung der β-Kurven notwendigen Bremswege, eine grosse Anzahl von Auslaufversuchen auf einer ebenen und geraden Strecke ausgeführt.

Die Abbremsung $\frac{P}{G}$ wurde soweit möglich durch Beladung mit Bremsklötzen und in wenigen Fällen durch Abfangen der Bremswirkung einzelner Achsen verändert. Die Füllzeit t_f des Bremszylinders betrug 2, 4,7 und 8 sec. Anstelle der für diese Wagengattung normalen Füllzeit von $t_f = 4$ sec, wurde die Füllzeit 4,7 sec des I. E.V.-Einheitsbremswagens (EW) gewählt. Die der Füllzeit $t_f = 4$ sec entsprechenden Merkmale können durch Interpolation bestimmt werden. Der Bremsklotzdruck $\frac{P}{c}$ auf der Fahrt wurde durch Aenderung der Bremsgestängeübersetzung eingestellt, in der Stellung RIC auf 540, 770, 1090 und 1540 kg und in der Stellung R bei $V > 80$ km/h auf 1090, 1540, 2180 und 2550 kg.

Der Bremsweg s ist mit einem Radumdrehungszähler bestimmt und auf der Strecke nachgeprüft worden. Auf der Fahrt wurde regelmässig ein Klotzdruck- und bei einer Anzahl von Versuchen auch ein Wegzeitdiagramm aufgenommen und damit $\frac{P}{c}$, t_f und t_{br} — die Bremszeit bis zum Stillstand — ermittelt.

Bei den Versuchen ist darauf zu achten, dass auf der Fahrt sich der Bremszylinder-Kolbenhub gegenüber demjenigen im Stillstand mit dem Klotzdruck und der Anzahl der Achsen vergrössert. Ferner nimmt bekanntlich durch die Erschütterungen während der Fahrt auch der Klotzdruck zu. Bei $\frac{t_f}{t_{br}} >$ rd. 0,7 wird der Höchstklotzdruck wegen der rasch abnehmenden Fahrgeschwindigkeit nicht mehr erreicht. Der Klotzdruck auf der Fahrt ergab sich bei gut angeordnetem und unterhaltenem Bremsgestänge an vierachsigen Wagen zu rd. 93 % und bei zweiachsigen zu rd. 90 % des theoretischen Klotzdruckes; im Stillstand ist er rd. 10 % niedriger. Es ist wichtig, dass bei den Versuchen nach jeder Aenderung, die die Lage der Bremsklötze ändern kann, diese wieder gut eingeschliffen werden. Aus verschie-

denen Gründen, insbesondere durch Witterungseinflüsse, treten weiter mehr oder weniger grosse Streuungen der Versuchsergebnisse auf.

Die mit Hilfe der Versuche gefundenen Bremswege, nach Erweiterung durch Interpolation, mit der Gl. (3) berechneten Bremsbewertungszahlen β sind aus Abb. 2 ersichtlich.

Des Vergleiches halber sind noch in Abb. 2 für die gleichen Bremsen-Merkmale $\frac{P}{c}$ und t_f je eine β-Kurve des vierachsigen Personenwagens üblicher Bauart (ABC$^{4\ddot{u}}$ 2977) und des zweiachsigen gedeckten Güterwagens (K^3 42909) angegeben.

Das Bremsgewicht des untersuchten Wagens C$^{4\ddot{u}}$ 9643 ergibt sich nun aus den Abb. 1 und 2 für $V = 120$ km/h gemäss Tabelle auf Seite 40 unten.

Aus den Versuchsergebnissen lassen sich die folgenden *Schlussfolgerungen* ziehen:

1. Das Bremsgewicht der mit Druckluftbremse ausgerüsteten Eisenbahnwagen kann, für alle in Frage kommenden Verhältnisse, zweckmässig mit Hilfe der β-Kurven ermittelt werden. Es genügt, diese ein für allemal, für jede der hauptsächlichsten Wagenbauarten, durch Versuche genau zu bestimmen. Bei diesem Verfahren scheiden die vielen Fehlerquellen einzelner Fahr-Versuche aus. An den Fahrzeugen bleiben nur, durch einen leicht auszuführenden Standversuch, die Bremsen-Merkmale zu bestimmen bzw. zu kontrollieren.

2. Es besteht die Möglichkeit, das Bremsgewicht für die Personenzug- und die Güterzug-Druckluftbremse auf Grund der selben Masseinheiten zu ermitteln und somit eine einheitliche Bremstabelle aufzustellen.

3. Die vom I. E. V. auf Grund der Versuche mit dem Einheitsbremswagen (vierachsiger Personenwagen üblicher Bauart) aufgestellten Kurven zur Bestimmung des Bremsgewichtes B (Abb. 1) für Abbremsungen $\frac{P}{G}$ zwischen 0,4 und 0,8 sind für Bremszylinderfüllzeiten $t_f =$ rd. $2 \div 8$ sec (Personenzugbremse) auch für die vierachsigen Personenwagen leichter Bauart und die zweiachsigen gedeckten Güterwagen verwendbar. Für grössere Füllzeiten (Güterzugbremse) liegen die Kurven nach den von den Schweiz. Bundesbahnen durchgeführten Versuchen flacher (Abb. 1). Da der Einheitsbremsweg $s = 472$ m in diesem Fall bei normaler Abbremsung nicht erreicht werden kann, wurde die Kurve für den Bremsweg $s = 550$ m bestimmt und dann entsprechend verschoben.

Das vom I. E. V. für den Einheitsbremswagen für die Bremswege für $V = 120$ und 100 km/h ermittelte Verhältnis

$$\frac{s_1}{s_2} = \frac{730}{472} \text{ oder } =$$

$$= \frac{4{,}2\, V_1^2 \left(\frac{P}{G}\right) \beta_2}{\left(\frac{P}{G}\right) \beta_1\, 4{,}2\, V_2^2} = \frac{V_1^2}{V_2^2}\, \frac{\beta_2}{\beta_1} = \frac{120^2}{100^2} \cdot \frac{111}{104} = 1{,}54$$

gilt nicht für alle Wagen.

Für den Wagen C$^{4\ddot{u}}$ 9643 (Leichtbauart) ergibt sich nach Abb. 2:

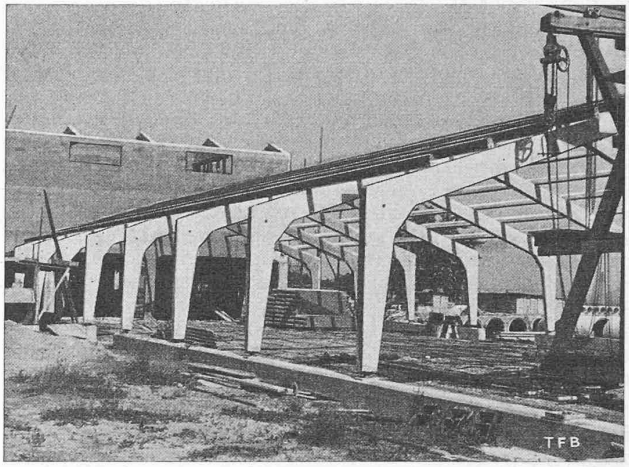

Abb. 3. Aufstellen der Binder und Dachpfetten

Stellung RIC: Die $V = 120$ und 100 km/h entsprechenden Werte von β_1 und β_2 sind gleich gross, somit wird $\frac{s_1}{s_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2} = 1{,}44$.

Einem $s_1 = 730$ m entspricht ein $s_2 = 507$ m, statt dem I. E. V.-Einheitsbremsweg von 472 m.

Stellung R: Das Verhältnis $\beta_2 : \beta_1$ ändert sich von $1 \div 1{,}05$, somit wird $\frac{s_1}{s_2} = 1{,}44 \div 1{,}51$.

Einem $s_1 = 730$ m entspricht ein $s_2 = 507$ bis 484 m. Es wird für diesen Wagen zweckmässig das Bremsgewicht für $V = 120$ km/h bestimmt.

4. Aus der Abb. 2 ist auch der Einfluss von t_f, $\frac{P}{c}$ und $\frac{P}{G}$ auf das Bremsgewicht ersichtlich. Mit Hilfe der β-Kurven können zweckmässig auch die durch die Anwendung geteilter Bremsklötze in Doppelanordnung, von Bremsklötzen besonderer Form oder Materialien und der Lastabbremsung sich ergebenden Vorteile untersucht werden.

Ein Hallenbau aus Eisenbeton-Elementen

Ein Hallenbau aus Eisenbeton-Elementen ist im «Cement-Bulletin» Mai 1943 beschrieben. Es handelt sich um eine, mit einem bestehenden Hochbau fest verbundene Halle von 94,50 × 14,25 m, ausgeführt von der Zementwarenfabrik Pratteln. Die insgesamt 21 Binder bestehen aus je zwei fabrikmässig hergestellten Elementen, die fertig auf die Baustelle geliefert und dort mittels eines fahrbaren Montagegerüstes aufgestellt wurden. Diese Konstruktion als statisch bestimmter Dreigelenkbinder erwies sich als wirtschaftlich günstiger als ein statisch unbestimmter Rahmenbinder. Durch die fabrikmässige Herstellung der Binder und Pfetten wurde eine sehr kurze Bauzeit erreicht.

Sowohl die Fussgelenke als das Scheitelgelenk der Binder sind als Kugelgelenke ausgebildet. Dieses besteht aus einer Stahlkugel von 60 mm ∅ (SRO), die von je zwei gusseisernen Kugelpfannen aus Grauguss mit einer genau passenden Lagerschale aus einer Legierung gefasst ist. Die Pfannen sind sowohl mit dem Binder als dem Fundament durch Schrauben verankert. Für das Betonieren der Binder und der Pfetten dienten sehr solide eiserne Modelle aus ⊏-Eisen Nr. 20, wodurch genau Masshaltung erreicht wurde. Alle zur Verbindung der Binder unter sich und mit den Pfetten notwendigen Aussparungen und Armaturen wurden sehr sorgfältig darin fixiert. Die nach einer besondern Schablone hergestellte Armierung der Binder ist vollständig elektrisch verschweisst und als ganzer Korb eingelegt. Sowohl an den überlappten Stössen der Pfetten als auch auf deren Auflager auf die Binder dienen Bleiunterlagen zur richtigen Druckverteilung, wodurch bei der starken Verschraubung ein Absplittern der Kanten verhindert wird.

Der stark erdfeucht eingebrachte Beton (400 kg auf 1200 l Kies-Sand) wurde durch Pressluftstampfer und zusätzliche Aussen- und Innen-

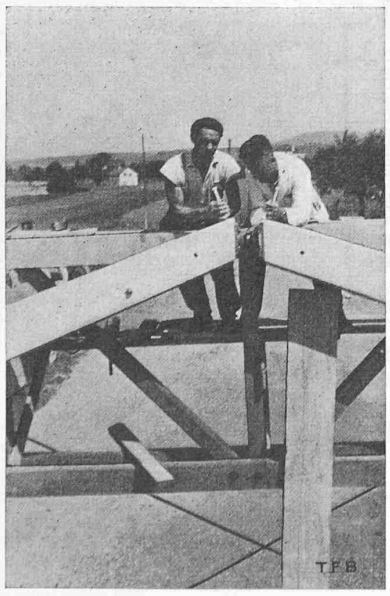

Abb. 1. Kugelgelenk im Scheitel

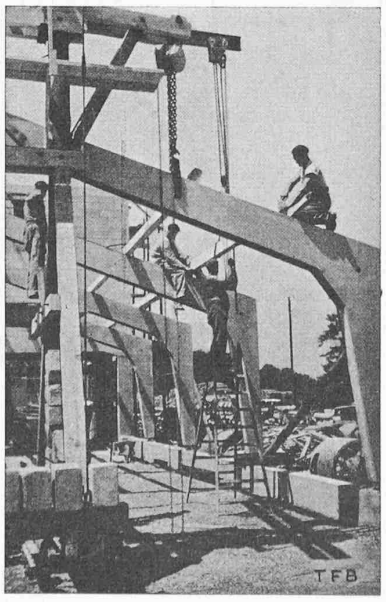

Abb. 2. Montage der Pfetten