

Plattenbalken gewöhnlich ein erheblich größerer Sicherheitsgrad vorhanden sein wird als in der Zugzone. Wird also die Streckgrenze der Eiseneinlagen überschritten, und klappt einer der Zugrisse auf, so kann eine erhebliche Zusatzbelastung notwendig werden, bis die Druckzone derart eingengt ist, daß die größte Kantenpressung der Betonfestigkeit entspricht.

Die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmten Sicherheitsgrades kann demnach bei biegebeanspruchten Plattenbalken unter Umständen beträchtlich werden.

2. Der rechnungsmäßige Sicherheitsgrad.

Das rechnungsmäßige Größtmoment $M_{r_{max}}$ vom biegebeanspruchten Plattenbalken mit der Bewehrungsstärke μ und der Plattenstärke $d = \beta \cdot h$ ermittelt sich, wenn die Zerstörung des Verbundes von der Zugzone ausgeht, mit dem Hebelarm der Innenkräfte $z = h - \frac{d}{2}$ aus Gl. 51b zu

$$(56) \quad M_{r_{max}} = \mu \cdot \sigma_s \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) \cdot b_0 \cdot h^2.$$

Dieser Ausdruck ist also unabhängig von n .

Zwischen dem meistens gegebenen Gebrauchsmoment M und der unter diesem Moment vorhandenen Eisenzugspannung $\sigma_{e_{zul}}$ besteht die Beziehung

$$(56a) \quad M = \mu \cdot \sigma_{e_{zul}} \cdot \left(1 - \frac{\beta}{2}\right) \cdot b_0 \cdot h^2.$$

Damit ergibt sich der rechnungsmäßige Sicherheitsgrad ohne weiteres zu

$$(57) \quad \nu_r = \frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}.$$

In den wenigen Fällen, in denen die Zerstörung des Verbundes von der Druckzone ausgeht, ermittelt sich dagegen mit der unter dem Gebrauchsmoment vorhandenen Betondruckspannung $\sigma_{b_{zul}}$

$$(58) \quad \nu_r = \frac{\sigma_{b_{max}}}{\sigma_{b_{zul}}}.$$

Der Sicherheitsgrad von biegebeanspruchten Plattenbalken, bei denen die Schubwirkung die Biegewirkung übertrifft, wird besonders behandelt.

3. Der tatsächliche Sicherheitsgrad.

Vorbemerkung.

Auch beim Plattenbalken sind die Abweichungen λ zwischen rechnungsmäßigem und tatsächlichem Bruchmoment bzw. zwischen rechnungsmäßigem und tatsächlichem Sicherheitsgrad in der Hauptsache auf die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkten Erhöhung des nach Gl. 57 durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmten Sicherheitsgrades zurückzuführen.

Um ein Bild über die Größe dieser Erhöhung zu gewinnen, werden nachstehend zunächst Versuche mit normalbewehrten aus gewöhnlichem und hochwertigem Beton hergestellten Plattenbalken sowie Versuche mit Plattenbalken von verschiedener Platten-

breite behandelt, aus denen der Einfluß der Güte des Betons sowie jener der Plattenbreite auf die Größe dieser Erhöhung zu entnehmen ist. Anschließend werden weitere Versuche mit stahlbewehrten Plattenbalken behandelt, aus denen der Einfluß der Eisensorte auf die Größe dieser Erhöhung hervorgeht.

α) Versuche mit normalbewehrten Plattenbalken aus gewöhnlichem und hochwertigem Beton.

Versuche an Plattenbalken, bei denen die Belastung bis zum vollständigen Bruch durchgeführt wurde, liegen nur spärlich vor. Dies ist darauf zurückzuführen, daß gewöhnlich nur bis zu jener Belastungsgrenze belastet wird, mit deren Überschreitung eine beträchtliche Zunahme der Durchbiegungen und ein starkes Öffnen der Zugrisse einsetzt.

Unter dieser Belastungsstufe ist aber das Tragvermögen noch nicht erschöpft; es kann vielmehr noch weiter belastet werden, wobei sich immer noch ein Gleichgewichtszustand für das allerdings stark zerstörte Tragwerk ergibt.

Abb. 32 zeigt das Bruchbild eines vollständig zerstörten Plattenbalkens. Aus dieser Abbildung ist neben der erheblichen Durchbiegung und dem damit verbundenen starken Öffnen des Bruchrisses auch die weitgehende Zerstörung des Betons in der Druckzone zu erkennen.

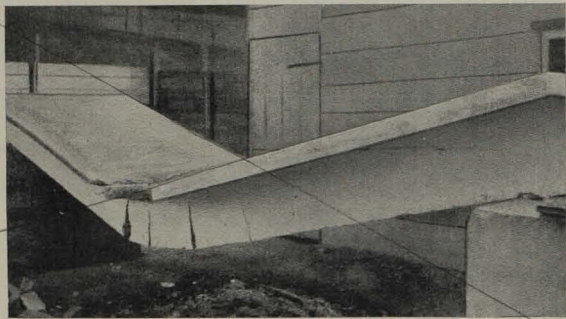


Abb. 32. Bruchbild eines vollständig zerstörten Plattenbalkens¹⁾.

Nachstehend werden in der Hauptsache Versuche behandelt, bei denen die Belastung möglichst weit getrieben wurde.

Zunächst werden Versuche behandelt, die den Einfluß der Betongüte auf die Größe der infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkten Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e,zul}}$ bestimmten Sicherheitsgrades erkennen lassen. Es sind dies Versuche von Amos (29), Heft 54; Melan (24), Heft 2; Probst-Scheit (27), S. 530, sowie von Deppe (31).

Die Querschnittsabmessungen, Bewehrungsstärken und Spannweiten der bei diesen Versuchen verwendeten Plattenbalken sind in Tafel 26 zusammengestellt. Wie aus dieser Zusammenstellung hervorgeht, wick das Verhältnis der Platten- zur Rippenbreite, das Verhältnis der Plattenstärke zur wirksamen Querschnittshöhe sowie die Bewehrungsstärke der verschiedenen Balken nicht so erheblich voneinander ab, daß dieselben nicht untereinander in Abhängigkeit von der Betongüte verglichen werden könnten.

Die Würfelfestigkeit des verwendeten Betons geht ebenfalls aus Tafel 26 hervor. Danach wurde nur bei den Versuchen von Amos gewöhnlicher²⁾, bei den übrigen Versuchen dagegen hochwertiger Beton verwendet. Auch die Streckgrenze der Eisenlagen ist in der Tafel enthalten.

¹⁾ Entnommen aus Heft 2 der Mitt. des österr. Eisenbetonausschusses (24).

²⁾ Da bei allen sonstigen Versuchen mit Plattenbalken aus gewöhnlichem Beton so starke Bewehrungen verwendet wurden, daß die Zerstörung des Verbundes durch Überwindung der Druckfestigkeit des Betons eingeleitet wurde, können hier lediglich einige Versuche von Amos angeführt werden.

Tafel 26. Vergleich zwischen rechnermäßigem und tatsächlichem Sicherheitsgrad von normalbewehrten Plattenbalken aus gewöhnlichem und hochwertigem Beton.
 $n = 15$.

Veröffentlichung	Versuchsbezeichnung	σ_{s30} (σ_{s30}) kg/cm ²	σ_s kg/cm ²	Abmessungen der Versuchskörper					Gebrauchsmoment		Mittleres Bruchmoment		Sicherheitsgrad		Bruchursache		
				l	h	d	b	b ₀	μ	M	σ_b/σ_b	M _l _{max}	σ_b/σ_e	$\frac{\sigma_s}{\sigma_{ezul}}$		$\frac{M_{l,max}}{M}$	Δ
				m	cm	cm	cm	cm	cm	%	cmkg	kg/cm ²	cmkg	kg/cm ²		%	
D. A. f. E., Heft 64 (Versuche von Amos)	647, 648	(139)	2526	5,0	35	10	100	25	25	1,6	500 000	35/1200	985 000	69/2360	2,1	2,0	—
Versuche des österr. Eisenbeton- ausschusses, Heft 2 (Versuche von Melan)	1 a	~300	3000	4,25	28	6	60	16,5	1,1	153 000	30/1200	470 000	93/3700	2,5	3,1	24	Erreichen der Streck- grenze der Eiseneinlagen Überschreiten der Streck- grenze der Eiseneinlagen und anschließende Zer- störung des Betons in der Druckzone
Probst (27) Versuche von Probst-Scheit	I _{1,2}	303	2956	3,0	47	8	60	25	1,1	655 000	45/1200	1 930 000	133/3550	2,5	3,0	20	
Deutsche Bauztg. 1921, Heft 15 u. 16 (Versuche von Deppe)	R ₁₋₃	370	3000	3,25	32	4	37	17	1,3	214 000	40/1200	711 400	100/3000	2,5	3,3	32	

Die jeweils zulässige Gebrauchslast wurde so gewählt, daß bei sämtlichen Balken die Eiseneinlagen rechnermäßig mit $\sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$ und der Beton unter Berücksichtigung von $n = 15$ rechnermäßig mit $\sigma_b = 30$ bis 45 kg/cm^2 beansprucht wurde.

Die Versuchskörper wurden in einem Alter von etwa 45 bis 60 Tagen geprüft. Die Anzahl der jeweils gleichlaufenden Einzelversuche ist der Tafel 26 zu entnehmen.

Diese Tafel enthält auch die Versuchsergebnisse.

Die Bruchursache sämtlicher Balken war im Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen zu sehen.

Wie aus Tafel 26 ersichtlich, ergab sich bei den Balkenversuchen von Amos ein mittleres Bruchmoment von 985 000 cmkg und bei einem Gebrauchsmoment von 500 000 cmkg mit den zugehörigen Beanspruchungen $\sigma = 35/1200 \text{ kg/cm}^2$ ein etwa 2,0facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{ezul}}$ bestimmte Sicherheitsgrad ein 2,1facher war.

Bei diesen Balken wurde also der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{ezul}}$ bestimmte Sicherheitsgrad knapp erreicht.

Beim Balkenversuch von Melan ergab sich ein Bruchmoment von 470 000 cmkg und bei einem Gebrauchsmoment von 153 000 cmkg mit den zugehörigen Beanspruchungen $\sigma = 30/1200 \text{ kg/cm}^2$ ein 3,1facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{ezul}}$ bestimmte Sicherheitsgrad ein 2,5facher war.

Die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{ezul}}$ bestimmten Sicherheitsgrades betrug demnach 24%.

Diese Erhöhung war also recht beträchtlich.

Bei den Balkenversuchen von Probst-Scheit, bei denen der Beton die gleiche Druckfestigkeit aufwies wie bei vorstehenden Versuchen, ermittelte sich ein ähnliches Ergebnis. Bei diesen Versuchen ergab sich ein mittleres Bruchmoment von 1 930 000 cmkg und bei einem Gebrauchsmoment von 655 000 cmkg mit den zugehörigen Beanspruchungen $\sigma = 45/1200 \text{ kg/cm}^2$ ein 3,0facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmte Sicherheitsgrad ein 2,5facher war.

Die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmten Sicherheitsgrades betrug demnach 20⁰/₀.

Diese Erhöhung war also wiederum recht beträchtlich.

Bei den Balkenversuchen von Deppe, bei denen ein besonders druckfester Beton verwendet wurde, ergab sich ein mittleres Bruchmoment von 711 400 cmkg und bei einem Gebrauchsmoment von 214 000 cmkg mit den zugehörigen Beanspruchungen $\sigma = 40/1200 \text{ kg/cm}^2$ ein 3,3facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmte Sicherheitsgrad ein 2,5facher war.

Die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmten Sicherheitsgrades betrug demnach 32⁰/₀.

Diese Erhöhung war also außerordentlich groß.

Die angeführten Versuche lassen bereits erkennen, daß die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmten Sicherheitsgrades bei Verwendung von gewöhnlichem Beton auf jeden Fall bedeutungslos sein wird, daß sie aber bei Verwendung von hochwertigem Beton recht beträchtlich werden kann.

In den weiteren Ausführungen soll der Einfluß der Plattenbreite auf die Größe dieser Erhöhung gezeigt werden.

β) Versuche mit normalbewehrten Plattenbalken

von verschiedener Plattenbreite aus hochwertigem Beton.

Versuche mit normalbewehrten Plattenbalken von verschiedener Plattenbreite wurden von Melan (24), Heft 2, z. B. mit den Plattenbalken Nr. 4a, 5a und 6a vorgenommen. Dieselben wiesen, wie der Tafel 27 zu entnehmen ist, gleichen Rippenquerschnitt sowie gleiche Plattenstärke, Spannweite und Bewehrungsstärke auf. Sie unterschieden sich nur durch die Plattenbreite, die 90, 120 und 150 cm betrug.

Die an Würfeln von 20 cm Kantenlänge ermittelte Druckfestigkeit des Betons ergab sich zu etwa 300 kg/cm². Die Streckgrenze der Eiseneinlagen betrug 3000 kg/cm².

Die jeweils zulässige Gebrauchslast wurde so gewählt, daß bei sämtlichen Balken die Eiseneinlagen rechnermäßig mit $\sigma_e = 1200 \text{ kg/cm}^2$ und der Beton unter Berücksichtigung von $n = 15$ und der zunehmenden Plattenbreite rechnermäßig mit $\sigma_b = 50, 40$ und 35 kg/cm^2 beansprucht wurde.

Tafel 27. Vergleich zwischen rechnungsmäßigem und tatsächlichem Sicherheitsgrad von normalbewehrten Plattenbalken aus hochwertigem Beton mit verschiedener Plattenbreite.

$n = 15.$

Veröffentlichung	Versuchsbezeichnung	σ_{w30} kg/cm ²	σ_s kg/cm ²	Abmessungen der Versuchskörper						Gebrauchsmoment		Bruchmoment		Sicherheitsgrad		Bruchursache
				l in	h cm	d cm	b cm	b_0 cm	μ %	M cmkg	σ_b/σ_e kg/cm ²	M_{tmax} cmkg	σ_b/σ_e kg/cm ²	$\frac{\sigma_s}{\sigma_{e zul}}$	$\frac{M_{tmax}}{M}$	
Versuche des österr. Eisenbetonausschusses, Heft 2 (Versuche von Melan)	4a	~ 300	3000	4,25	26	6	90	16,5	3,5	421 000	50/1200	1 320 000	157/3750	3,1	24	Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen und anschließende Zerstörung des Betons in der Druckzone.
	5a	~ 300	3000	4,25	26	6	120	16,5	3,5	421 000	40/1200	1 500 000	142/4260	3,5	40	
	6a	~ 300	3000	4,25	26	6	150	16,5	3,5	421 000	35/1200	1 480 000	122/4200	3,5	40	

Die Versuchskörper wurden im Alter von etwa 45 bis 60 Tagen geprüft. Von jeder Balkenform wurde ein Einzelversuch vorgenommen¹⁾.

Tafel 27 enthält die Versuchsergebnisse.

Sämtliche Balken wurden durch Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen zum Bruch gebracht.

Wie aus Tafel 27 hervorgeht, ergab sich beim Balken Nr. 4a ein Bruchmoment von 1 320 000 cmkg und bei einem Gebrauchsmoment von 421 000 cmkg mit den zugehörigen Beanspruchungen $\sigma = 50/1200$ kg/cm² ein 3,1facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e zul}}$ bestimmte Sicherheitsgrad ein 2,5facher war.

Die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e zul}}$ bestimmten Sicherheitsgrades betrug demnach 24 %.

Beim Balken Nr. 5a ergab sich dagegen ein Bruchmoment von 1 500 000 cmkg und bei demselben Gebrauchsmoment wie vorher mit den zugehörigen Beanspruchungen $\sigma = 40/1200$ kg/cm² ein 3,5facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e zul}}$ bestimmte Sicherheitsgrad gleich blieb.

Die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e zul}}$ bestimmten Sicherheitsgrades betrug demnach 40 %.

Diese Erhöhung war also erstaunlich groß.

Beim Balken Nr. 6a ergab sich ein Bruchmoment von 1 480 000 cmkg und bei dem gleichen Gebrauchsmoment wie beim Balken Nr. 4a mit den zugehörigen Beanspruchungen $\sigma = 35/1200$ kg/cm² ein 3,5facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e zul}}$ bestimmte Sicherheitsgrad wiederum ein 2,5facher war.

Die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e zul}}$ bestimmten Sicherheitsgrades betrug demnach 40 %.

¹⁾ Bei den gleichlaufenden Versuchen mit den Plattenbalken 4b, 5b und 6b, die eine etwas andere Belastungsverteilung aufwiesen, lassen sich ähnliche Ergebnisse nachweisen wie bei den oben behandelten Plattenbalken.

Diese Erhöhung hat sich also gegenüber der beim Balken Nr. 5a ermittelten nicht geändert.

Die angeführten Versuche zeigen somit, daß die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e\text{zul}}}$ bestimmten Sicherheitsgrades mit zunehmender Plattenbreite beträchtlich größer werden kann. Von einer gewissen Plattenbreite ab scheint sie allerdings nicht mehr zuzunehmen, wie dies dem Versuche an dem Balken Nr. 6a, bei dem das Verhältnis $\frac{b}{b_0} = 9$ war, zu entnehmen ist¹⁾.

Da beim Balken Nr. 5a das Verhältnis $\frac{b}{b_0} = 7,3$ war, sei noch bemerkt, daß bei dem bisher nicht angeführten Balken Nr. 7a der Versuche von Melan, der aus gleichem Beton hergestellt wurde wie die übrigen Balken, und der ein Verhältnis $\frac{b}{b_0} = 6,8$ aufwies, die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e\text{zul}}}$ bestimmten Sicherheitsgrades sogar 45% betrug.

γ) Versuche mit stahlbewehrten Plattenbalken aus hochwertigem Beton.

Versuche mit stahlbewehrten Plattenbalken aus hochwertigem Beton liegen nur in geringer Zahl vor. Am bekanntesten sind die Versuche von Saliger (45) sowie die in neuester Zeit in Heft 66 des D. A. f. E. veröffentlichten Versuche.

Wie aus Tafel 28 hervorgeht, wiesen die bei den Versuchen von Saliger verwendeten Plattenbalken gleichbleibende Querschnittsabmessungen und gleichbleibende Spannweite

¹⁾ Das gleiche Ergebnis läßt sich auch bei den in Fußnote 1, S. 124, angeführten Versuchskörpern nachweisen.

Tafel 28. Vergleich zwischen rechnerischem Sicherheitsgrad und tatsächlichem Sicherheitsgrad von stahlbewehrten Plattenbalken aus hochwertigem Beton. (Versuche von Saliger.)
n = 15.

Versuchsreihe	σ_{zul} kg/cm ²	σ_s kg/cm ²	Abmessungen der Versuchskörper					Gebrauchsmoment		Moment unter der mittleren Riblast M' omkg	$\sigma_{b\text{g}}$ kg/cm ²	Rissicherheit $\frac{M'}{M}$	Mittleres Bruchmoment				Sicherheitsgrad		Bruchursache		
			l	h	d	b	b_0	μ	M				σ_b/σ_e	$M_{t\text{max}}$ omkg	σ_b/σ_e kg/cm ²	τ_0 kg/cm ²	τ_1 kg/cm ²	$\frac{\sigma_s}{\sigma_{e\text{zul}}}$		$\frac{M_{t\text{max}}}{M}$	A %
4	284	4680	2,4	29,6	10	38	16	1,3	310 000	65/2000	170 600	33,6	0,55	760 000	156/4800	21,5	34,5	2,34	2,46	5	Bei einem Balken Überwindung der Haftfestigkeit des Betons, beim anderen Balken Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen. Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen. Überwindung der Haftfestigkeit des Betons an den Eiseneinlagen.
5	284	4770	2,4	29,0	10	38	16	1,3	290 000	65/2000	212 600	41,8	0,73	788 600	176/5350	23,4	21,8	2,39	2,72	14	
10	318	4680	2,4	28,7	10	38	16	2,7	590 000	100/2000	348 000	54,0	0,59	1 340 000	224/4480	41,4	33,9	2,34	2,28	—	

auf. Die Bewehrungsstärke war veränderlich, indem sie bei den Balken der Reihe 4 und 5 1,3 ‰, bei den Balken der Reihe 10 2,7 ‰ betrug.

Die an Würfeln von 20 cm Kantenlänge ermittelte Druckfestigkeit des verwendeten Betons ergab sich für die in Tafel 28 angeführten Versuchsreihen mit 284 und 318 kg/cm². Die Streckgrenze der Eiseneinlagen wurde für diese Versuchsreihen mit 4680 und 4770 kg/cm² ermittelt.

Die jeweils zulässige Gebrauchslast wurde so gewählt, daß bei sämtlichen Balken die Eiseneinlagen rechnungsmäßig mit $\sigma_e = 2000$ kg/cm² und der Beton unter Berücksichtigung von $n = 15$ rechnungsmäßig mit $\sigma_b = 65$ kg/cm² bei den Balken der Reihe 4 und 5 sowie mit $\sigma_b = 100$ kg/cm² bei den Balken der Reihe 10 beansprucht wurde.

Die Versuchskörper wurden im Alter von 25 bis 29 Tagen geprüft. Für jede Versuchsreihe war der Mittelwert aus 2 Einzelversuchen maßgebend.

Tafel 28 enthält die Versuchsergebnisse.

Die Versuche von Saliger sind insofern bemerkenswert, als sowohl bei einem der Balken der Reihe 4 wie bei den Balken der Reihe 8 der Verbund vorzeitig infolge Überwindung der Haftfestigkeit des Betons an den Eiseneinlagen zerstört wurde. Nur bei den Balken der Reihe 5 wurde die Zerstörung des Verbundes durch Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen eingeleitet.

Wie der Tafel 28 zu entnehmen ist, ergab sich bei den Balken der Reihe 4 ein mittleres Bruchmoment von 760 000 cmkg und bei einem Gebrauchsmoment von 310 000 cmkg mit den zugehörigen Beanspruchungen $\sigma = 65/2000$ kg/cm² ein 2,46facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmte Sicherheitsgrad ein 2,34facher war.

Die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmten Sicherheitsgrades betrug demnach 5 ‰.

Daß bei diesen Balken überhaupt eine Erhöhung festgestellt werden konnte, ist nur auf die bessere Verbundwirkung eines der beiden Balken zurückzuführen. Die erzielte mittlere Haftspannung errechnet sich bei diesen Balken mit $\tau_1 = 34,5$ kg/cm².

Bei den Balken der Reihe 5, die sich von den Balken der Reihe 4 nur durch eine bessere Aufteilung der Eiseneinlagen unterschieden, indem statt 3 Rundeisen von 16 mm Durchm. 9 Rundeisen von 9 mm Durchm. zur Verwendung gelangten, ergab sich ein mittleres Bruchmoment von 788 600 cmkg und bei einem Gebrauchsmoment von 290 000 cmkg mit den gleichen zugehörigen Beanspruchungen wie vorher ein 2,72facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmte Sicherheitsgrad ein 2,39facher war.

Die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmten Sicherheitsgrades betrug demnach 14 ‰.

Bei den Balken der Reihe 5 wurde also gegenüber den Balken der Reihe 4 lediglich durch eine bessere Aufteilung des erforderlichen Eisenquerschnittes eine vorzeitige Zerstörung des Verbundes infolge Überwindung der Haftfestigkeit des Betons an den Eiseneinlagen vermieden. Dabei verringerte sich die Haftspannung auf $\tau_1 = 21,8$ kg/cm². Die bei diesen Balken erzielte verhältnismäßig geringe Erhöhung

des oben angeführten Sicherheitsgrades läßt allerdings die Frage offen, ob die Balken der Reihe 5 auch tatsächlich im Sinne der Ausführungen S. 121 bis zum vollständigen Bruch belastet wurden¹⁾.

Bei den Balken der Reihe 10 ergab sich ein Bruchmoment von 1 340 000 cmkg und bei einem Gebrauchsmoment von 590 000 cmkg mit den zugehörigen Beanspruchungen $\sigma = 100/2000 \text{ kg/cm}^2$ ein 2,28facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e \text{ zul}}}$ bestimmte Sicherheitsgrad ein 2,34facher war.

Bei diesen Balken wurde also der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e \text{ zul}}}$ bestimmte Sicherheitsgrad knapp erreicht.

Die bei diesen Balken beobachtete vorzeitige Zerstörung des Verbundes infolge Überwindung der Haftfestigkeit des Betons an den Eiseneinlagen wäre zweifellos vermieden worden, wenn die Balken statt mit 6 Rundeisen von 16 mm Durchm. z. B. mit 10 Rundeisen von 12 mm Durchm. bewehrt worden wären. Damit hätte sich die Oberfläche der Eiseneinlagen um 25 % vergrößert und die Haftspannung entsprechend verringert.

Die Versuche von Saliger zeigen also augenfällig, mit welcher besonderen Sorgfalt hochbeanspruchte Plattenbalken sowohl entworfen wie ausgeführt werden müssen. Dabei ist die wirksame Plattenbreite bei Inrechnungstellung von erhöhten zulässigen Betondruckspannungen möglichst einzuschränken.

Soweit bei den angeführten Versuchen die Zerstörung des Verbundes durch Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen eingeleitet wurde, ist denselben weiter zu entnehmen, daß auch bei Verwendung von Bewehrungseisen aus Stahl im allgemeinen ein wesentlich größerer Sicherheitsgrad zu erwarten ist, als sich aus dem Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e \text{ zul}}}$ ergibt.

Wie aus Tafel 28 noch hervorgeht, wurden bei den Balken verhältnismäßig hohe Werte τ_0 erreicht.

Über die in Heft 66 des D. A. f. E. enthaltenen Versuche mit Plattenbalken von 40 cm Höhe, 100 cm Plattenbreite und 300 cm Spannweite, bei denen Bewehrungseisen mit einer Streckgrenze von 3770 bzw. 3680 kg/cm² verwendet wurden, soll hier nur berichtet werden, daß die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e \text{ zul}}}$ bestimmten Sicherheitsgrades je nach Güte des verwendeten Betons zwischen 4 und 21 % schwankte. Dabei betrug $\sigma_{w_{20}} = 202$ bis 380 kg/cm².

Die bei verschiedenen dieser Balken erzielte verhältnismäßig geringe Erhöhung des oben angeführten Sicherheitsgrades läßt allerdings ebenfalls die Frage offen, ob diese Balken auch tatsächlich im Sinne der Ausführungen S. 121 bis zum vollständigen Bruch belastet wurden²⁾.

Da bei den sonst vorliegenden Versuchen mit stahlbewehrten Plattenbalken auch höchstwertiger Beton verwendet wurde, so werden dieselben nachstehend besonders behandelt.

¹⁾ Die Bruchbilder dieser Balken weisen keine oder eine nur geringe Zerstörung des Betons in der Druckzone auf.

²⁾ Die Bruchbilder dieser Balken zeigen eine nur geringe Zerstörung des Betons in der Druckzone.

Tafel 29. Vergleich zwischen rechnermäßigem und tatsächlichem
 $n = 15$.

Veröffentlichung	Versuchs- bezeich- nung	$\sigma_{w_{20}}$	σ_s	Abmessungen der Versuchskörper						Gebrauchs- moment	
				l	h	d	b	b_0	μ	M	σ_b/σ_e
		kg/cm ²	kg/cm ²	m	cm	cm	cm	cm	%	cmkg	kg/cm ²
Zement 1927, Heft 34 (Versuche von Gessner)	b	407	4700	1,2	10	5	15	7	2,2	23 600	100/2000
D. Bauztg. 1921, Heft 15 u. 16 (Versuche von Deppe)	S	449	7090	3,25	33	12	37	17	0,5	162 000	45/2000

d) Versuche mit stahlbewehrten Plattenbalken aus höchstwertigem Beton.

Versuche mit stahlbewehrten Plattenbalken aus höchstwertigem Beton wurden von Gessner (34) und Deppe (31) durchgeführt.

Die Querschnittsabmessungen, Bewehrungsstärken und Spannweiten der bei diesen Versuchen verwendeten Plattenbalken sind in Tafel 29 zusammengestellt.

Die an Würfeln von 20 cm Kantenlänge ermittelte Druckfestigkeit des Betons betrug bei den Versuchen von Gessner 407 kg/cm², bei den Versuchen von Deppe 449 kg/cm². Die Streckgrenze der Eiseneinlagen wurde mit 4700 und 7090 kg/cm² ermittelt.

Die jeweils zulässige Gebrauchslast wurde so gewählt, daß bei sämtlichen Balken die Eiseneinlagen rechnermäßig mit $\sigma_e = 2000$ kg/cm² und der Beton unter Berücksichtigung von $n = 15$ mit $\sigma_b = 100$ bzw. 45 kg/cm² beansprucht war.

Die Balken wurden im Alter von 14 bzw. 58 Tagen geprüft.

Maßgebend ist bei den Versuchen von Gessner der Mittelwert aus 2×3 , also aus 6 Einzelversuchen, bei den Versuchen von Deppe der Mittelwert aus 3 Einzelversuchen.

Tafel 29 enthält die Versuchsergebnisse.

Der Bruch sämtlicher Balken wurde durch Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen eingeleitet.

Wie aus Tafel 29 hervorgeht, ergab sich bei den Balkenversuchen von Gessner ein mittleres Bruchmoment von 68 130 cmkg und bei einem Gebrauchsmoment von 23 600 cmkg mit den zugehörigen Beanspruchungen $\sigma = 100/2000$ kg/cm² ein 2,9facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmte Sicherheitsgrad ein 2,3facher war.

Die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmten Sicherheitsgrades betrug demnach 26 %.

Diese Erhöhung war also so recht beträchtlich.

Bei den Balkenversuchen von Deppe ergab sich ein mittleres Bruchmoment von 891 400 cmkg und bei einem Gebrauchsmoment von 162 000 cmkg mit den zugehörigen Beanspruchungen $\sigma = 45/2000$ kg/cm² ein 5,5facher Sicherheitsgrad, während der durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$ bestimmte Sicherheitsgrad ein 3,5facher war.

Sicherheitsgrad von stahlbewehrten Plattenbalken aus höchstwertigem Beton.

$n = 15.$

Moment unter der mittleren Riבלast M' cmkg	σ_{b_2} kg/cm ²	Risse- sicher- heit $\frac{M'}{M}$	Mittleres Bruchmoment				Sicherheits- grad		λ %	Bruch- ursache
			$M_{t,max}$ cmkg	σ_b/σ_e kg/cm ²	τ_0 kg/cm ²	τ_1 kg/cm ²	$\frac{\sigma_s}{\sigma_e}$	$\frac{M_{t,max}}{M}$		
—	—	< 1	68 130	290/5800	21,7	24,0	2,3	2,9	26	Überschreiten der Streck- grenze der Eiseneinlagen
156 000	33,2	0,97	891 400	248/11 000	17,4	20,5	3,5	5,5	57	

Die infolge der zusammengesetzten Sicherheit bewirkte Erhöhung des durch das Verhältnis $\frac{\sigma_s}{\sigma_{e,zul}}$ bestimmten Sicherheitsgrades betrug demnach 57 %.

Diese Erhöhung war also erstaunlich groß. Sie ist neben der besonderen Güte des verwendeten Betons zum großen Teil aber auch auf die bei diesen Balken in Rechnung gestellte erheblich geringere zulässige Betondruckspannung und die sich damit gegenüber den vorbehandelten Balken ergebende wesentlich größere Bruchsicherheit des Betons in der Druckzone zurückzuführen.

Diese Versuche lassen somit erkennen, daß unter der Voraussetzung gleichbleibender zulässiger Eisenzugspannung bei Plattenbalken mit wirtschaftlicher Rippenhöhe¹⁾ ein größerer Sicherheitsgrad zu erwarten ist als bei Plattenbalken mit beschränkter Rippenhöhe. Darunter sind Plattenbalken zu verstehen, bei denen die jeweils zulässige Betondruckspannung voll ausgenutzt wird.

4. Die Rissesicherheit.

Bei hochbeanspruchten Plattenbalken ist im allgemeinen mit einer recht geringen Rissesicherheit zu rechnen, was sich schon aus der im Verhältnis zur Plattenbreite gewöhnlich recht geringen Rippenbreite erklärt. Dabei ist bei gleichbleibender zulässiger Eisenzugspannung die Rissesicherheit von Plattenbalken mit wirtschaftlicher Rippenhöhe naturgemäß größer als von Plattenbalken mit beschränkter Rippenhöhe.

So ergab sich nach den früheren Untersuchungen des Verfassers²⁾ für Plattenbalken mit wirtschaftlicher Rippenhöhe unabhängig vom Moment je nach Plattenstärke bei Inrechnungstellung von $\sigma_e = 1200$ kg/cm² mit $n = 15$ $\sigma_{b_2} = 30$ bis 45 kg/cm² und bei Inrechnungstellung von $\sigma_e = 2000$ kg/cm² $\sigma_{b_2} = 50$ bis 70 kg/cm². Dagegen ergaben sich für Plattenbalken mit beschränkter Rippenhöhe die in Tafel 30 enthaltenen Werte für σ_{b_2} , die bei Inrechnungstellung von $\sigma_e = 1200$ kg/cm² zwischen $\sigma_{b_2} = 30$ bis 60 kg/cm² und bei Inrechnungstellung von $\sigma_e = 2000$ kg/cm² sogar zwischen $\sigma_{b_2} = 70$ bis 110 kg/cm² schwanken.

Diese teilweise außerordentlich hohen Werte für σ_{b_2} dürfen allerdings nicht zu einer übertriebenen Ängstlichkeit vor der Ausführung von hochbeanspruchten Plattenbalken mit beschränkter Rippenhöhe führen. Es ist vielmehr zu beachten, daß derartige Plattenbalken gewöhnlich erhebliche Bewehrungsstärken aufweisen und deshalb nach den Ausführungen S. 104ff. die an

¹⁾ Vgl. Olsen (26), S. 37ff. — ²⁾ Vgl. Olsen (26), S. 39 u. 75.