

Diese Übertragungsziffer kann sich aber noch weiter verringern, wenn die baumäßige Ausführung der Säulen berücksichtigt wird. Dies ist hauptsächlich auf das durch das vielfach übliche Einschütten des Betons in die undurchbrochene Schalung hoher Säulen sowie auf das durch das Vorhandensein der Bewehrungsseisen begünstigte Entmischen des Betons zurückzuführen. So finden sich im Schrifttum Werte bis zu $\alpha = 0,49$ ¹⁾.

Wird einer Entmischung des Betons dadurch vorgebeugt, daß z. B. die Schalung ein bewegliches Feld erhält, das ein nachträgliches Mischen des Betons durch Stochern und durch Klopfen an der Schalung von unten aus ermöglicht, so ist je nach der beim nachträglichen Mischen aufgewandten Sorgfalt allerdings keine oder nur eine unwesentliche Verringerung der oben abgeleiteten Übertragungsziffer zu erwarten.

Im Hinblick auf die Anwendung derartiger, eine wesentliche Verringerung der Übertragungsziffer auf jeden Fall verhindernden Vorkehrungen beim Einbringen des Betons in die Schalung soll dieselbe in den weiteren Ausführungen

bei Verwendung von 30-cm-Würfeln mit $\alpha = \frac{3}{4}$ und
 bei Verwendung von 20-cm-Würfeln mit $\alpha = \frac{2}{3}$

berücksichtigt werden.

Diese Werte stimmen, wie noch eingehend gezeigt wird, recht gut mit den sich aus Versuchen ergebenden Übertragungsziffern überein.

d) Vergleich zwischen der Würfelfestigkeit des Betons und seiner Biegedruckfestigkeit.

Die Druckfestigkeit des Betons wird vielfach statt an Würfeln an stark bewehrten Eisenbetonbalken ermittelt. Dies ist darauf zurückzuführen, daß diese Art der Festigkeitsermittlung auf der Baustelle in einfacher Weise ohne maschinelle Hilfsmittel möglich ist. Bei weichem und nassem Beton bietet sie überdies den Vorteil, daß ein nachträgliches Absaugen des überschüssigen Wassers durch die Holzschalung erfolgen kann.

Zur Klarstellung des Zusammenhanges zwischen der Würfelfestigkeit des Betons und seiner Biegedruckfestigkeit wurden die nachstehend beschriebenen Versuche an

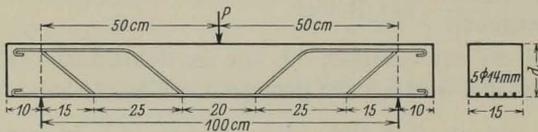


Abb. 1. Versuchsbalken zur Ermittlung der Biegedruckfestigkeit des Betons.

Balken, wie sie in Abb. 1 dargestellt sind, durchgeführt.

Diese Balken erhielten bei 1,2 m Länge und 15 cm Breite eine aus 5 Rundeisen von 14 mm Durchm. bestehende Bewehrung, die direkt auf die Bodenschalung gelegt wurde.

Um zu zeigen, daß die Biegedruckfestigkeit des Betons ebenso wie seine Würfelfestigkeit keine feststehende Größe darstellt, sondern unter sonst gleichbleibenden Verhältnissen von der Wahl der Querschnittsabmessungen des Versuchskörpers abhängig ist, wurde die Querschnittshöhe der Balken veränderlich gewählt, und zwar betrug

bei der 1. Versuchsreihe $d = 8$ cm,
 bei der 2. Versuchsreihe $d = 12$ cm und
 bei der 3. Versuchsreihe $d = 16$ cm.

Sämtliche für die Versuche notwendigen Balken wurden gleichzeitig in Holzformen hergestellt, wobei zweierlei Mischungsverhältnisse des Betons, nämlich 150 kg Z/m^3

¹⁾ Vgl. z. B. Handb. f. Eisenbetonbau, 3. Aufl., I. Bd., S. 383. Berlin 1921, Wilh. Ernst & Sohn.

und 300 kg Z/m³, zur Verwendung gelangten. Das Mischen des Betons erfolgte von Hand. Seine Steife war durchweg plastisch und ergab nach zehnmalem Aufstoßen des Grafschen Rütteltisches einen Betonkuchen von rd. 50 cm Durchm.¹⁾ Gleichzeitig mit den Balken wurden Probewürfel von 20 cm Kantenlänge hergestellt.

Die Balken wurden im Alter von 45 Tagen geprüft, indem sie bei 1 m Spannweite durch eine allmähliche Steigerung der Einzellast in Feldmitte bis zum Bruch, der durchweg infolge Überwindung der Druckfestigkeit des Betons eintrat, belastet wurden. Dabei wurde die maßgebende Bruchlast als Mittelwert aus jeweils zwei gleichlaufenden Versuchen gebildet. Gleichzeitig erfolgte auch das Abdrücken der Würfel, die für den Beton mit 150 kg Z/m³ eine Druckfestigkeit von 148 kg/cm² und für den Beton mit 300 kg Z/m³ eine solche von 236 kg/cm² aufwiesen. Tafel 1 enthält die Versuchsergebnisse.

Bezeichnet die Übertragungszahl β das Verhältnis

$$\beta = \frac{\text{Biegedruckfestigkeit}}{\text{Würfelfestigkeit}} \text{ des Betons,}$$

so ergibt sich aus dieser Tafel, daß bei den Balken aus gewöhnlichem Beton $\beta = 1,56$ bis 1,23 und bei den Balken aus höherwertigem Beton $\beta = 1,38$ bis 1,09 betrug. Dabei gehören die geringeren Werte zu den Balken mit der größeren Querschnittshöhe, und zwar beträgt die Annahme dieser Werte, z. B. bei einer Verdoppelung der Querschnittshöhe, rd. 20%.

Tafel 1. Zusammenstellung der Versuchsergebnisse.
n = 15.

Versuchsreihe	d cm	F _e cm ²	$\sigma_{w_{20}} = 148 \text{ kg/cm}^2$				$\sigma_{w_{20}} = 236 \text{ kg/cm}^2$			
			Bruchlast		Zugehörige Biegedruckfestigkeit σ_b kg/cm ²	$\frac{\sigma_b}{\sigma_{w_{20}}}$	Bruchlast		Zugehörige Biegedruckfestigkeit σ_b kg/cm ²	$\frac{\sigma_b}{\sigma_{w_{20}}}$
			Einzelwerte kg	Mittelwert kg			Einzelwerte kg	Mittelwert kg		
1	8	7,7	2000	2050	231	1,56	2900	2900	325	1,38
			2100				2900			
2	12	7,7	4000	4150	210	1,42	5800	6000	304	1,29
			4300				6200			
3	16	7,7	6250	6300	182	1,23	8850	8900	257	1,09
			6350				8950			

Die angeführten Werte für β weichen teilweise recht erheblich von der heute vielfach angewandten Übertragungsziffer $\beta = 1,7$ ab, die als Mittelwert bei den Versuchen des D. A. f. E.²⁾ an Balken von 8 bis 10 cm Querschnittshöhe ermittelt wurde. Diese Abweichung ist allerdings in erster Linie darauf zurückzuführen, daß der Ableitung dieser Übertragungsziffer durchweg Betondruckfestigkeiten zugrunde liegen, die an Würfeln von 30 cm Kantenlänge ermittelt wurden. Werden dieselben auf Würfel von 20 cm Kantenlänge umgerechnet, so ergibt sich $\beta = \text{rd. } 1,5$, welcher Wert z. B. mit der bei den Balken aus gewöhnlichem Beton als Mittelwert der 1. und 2. Versuchsreihe ermittelten Übertragungsziffer recht gut übereinstimmt (vgl. Tafel 1). Dagegen ergab sich die Übertragungs-

¹⁾ Von der Setzprobe wurde abgesehen, nachdem sich dieselbe als unzuverlässig erwiesen hat (vgl. die Ausführungen des Verfassers in B. u. E. 1929, Heft 20, S. 371).

²⁾ Vgl. D. A. f. E., Heft 19 u. 50. In ersterem Heft wurde überdies festgestellt, daß die Auflagerentfernung keinen ausgeprägten Einfluß auf die Größe der Übertragungsziffer ausübt.

2000
rd/2000
1. 8. 14!

ziffer bei den Balken aus höherwertigem Beton erheblich geringer, was bekanntlich in der Hauptsache darauf zurückzuführen ist, daß ein solcher Beton geringere Stauchungen und eine weniger gekrümmte Verteilung derselben über den Druckgurt aufweist als gewöhnlicher Beton.

Aus diesem Grunde sollte in Übereinstimmung mit obigen Versuchen für höher- und hochwertigem Beton keine größere Übertragungsziffer als $\beta = \frac{4}{3}$ zur Anwendung kommen.

Die Zulässigkeit dieser Übertragungsziffer erscheint deshalb berechtigt, weil dieselbe unter ungünstigeren Verhältnissen ermittelt wurde, als sie im allgemeinen praktisch auftreten. Ungünstiger sowohl insofern, als bei ihrer Ermittlung lediglich eine Einzelast verwendet wurde — diese gibt bekanntlich eine größere Übertragungsziffer, als wenn z. B. mehrere Einzellasten oder gleichmäßig verteilte Lasten verwendet werden¹⁾ —, aber auch insofern, als die Querschnittshöhe der Balken, mit welchen sie ermittelt wurde, recht gering war.

In guter Übereinstimmung mit diesem Ergebnis stehen die umfangreichen, in Heft 6 des österr. Eisenbetonausschusses (24) behandelten Balkenversuche, bei denen sich die Übertragungsziffer für höher- und hochwertigem Beton ($\sigma_{w_{20}} = 227$ bis 278 kg/cm^2) zu $\beta = 1,2$ bis $1,4$, im Gesamtmittel zu $\beta = 1,3$, ergab.

Für höchstwertigem Beton ($\sigma_{w_{20}} = \text{rd. } 400 \text{ kg/cm}^2$) verringerte sich bei diesen Versuchen die Übertragungsziffer bis auf $\beta = \text{rd. } 1,0^2$.

ε) Die Festigkeitseigenschaften der Bewehrungseisen.

Die allgemeinen Festigkeitseigenschaften der zur Bewehrung der Eisenbetonkonstruktionen dienenden Eiseneinlagen sind durch viele Versuche klargestellt und deshalb als bekannt anzusehen. Zur Sicherung bestimmter Festigkeitseigenschaften ist überdies vorgeschrieben, daß diese den Mindestforderungen genügen müssen, die für Eisenkonstruktionen durch besondere Normen festgelegt sind (D. B. § 7, 4). Diese Mindestforderungen sind z. B. in den Normalbedingungen für die Lieferung von Stahlbauwerken (Din 1000) niedergelegt.

Gegenwärtig kommen als Bewehrungseisen in der Hauptsache St 37 (Handelseisen) und St 52 (hochwertiger Baustahl) in Betracht. Dabei wird von ersterem Eisen eine Zugfestigkeit von mindestens 3700 kg/cm^2 , von letzterem Eisen bei einem Durchmesser der Rundstäbe von 7 bis 18 mm eine solche von mindestens 5200 kg/cm^2 verlangt.

Wichtiger als die Kenntnis der unteren Begrenzung der Zugfestigkeit ist die Kenntnis der unteren Begrenzung der Streckgrenze dieser Eisen. Diese beträgt für St 37 2400 kg/cm^2 und für St 52 3600 kg/cm^2 .

Gewöhnlich wird dieselbe je nach Walzung, Bearbeitung und Durchmesser der Rundstäbe mehr oder weniger überschritten, und zwar bei St 37 bis zu 3000 kg/cm^2 , bei St 52 bis zu 4500 kg/cm^2 und sogar darüber. Der hochwertige Baustahl St 52 weist demnach die gleichen Festigkeitseigenschaften auf wie der St Si. Er unterscheidet sich von diesem nur durch eine andere chemische Zusammensetzung³⁾, die gewählt wurde,

¹⁾ Vgl. D. A. f. E., Heft 19, S. 10.

²⁾ Nach Versuchen von Saliger (45) mit Balken aus höchstwertigem Beton von $\sigma_{w_{20}} = 412$, 476 und 538 kg/cm^2 ermitteltē sich sogar $\beta = 0,93$, $0,89$ und $0,90$.

³⁾ Nach den vorläufigen Vorschriften der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für die Lieferung von Baustahl St 52 ist den Lieferwerken die chemische Zusammensetzung dieses Stahles freigestellt. Lediglich der Kohlenstoffgehalt ist mit $0,2$ bis $0,25 \%$ begrenzt. Es liegen infolgedessen bereits verschiedene Sorten von St 52 vor, die sich in der Hauptsache durch verschiedene Mengenverhältnisse an Zusätzen von Mangan, Chrom, Kupfer usw. unterscheiden.