

und die Eisenzugspannung aus Gl. 27b zu

$$(31b) \quad \sigma_e = \frac{n \cdot \sigma_{b_{zul}}}{x} \cdot (h - x)$$

ergibt.

β) Der rechnungsmäßige Sicherheitsgrad.

Der aus dem Verhältnis der Bruch- zur Gebrauchslast abzuleitende Sicherheitsgrad vereinfacht sich bei geringerer Außermittigkeit der Druckkraft aus den Gl. 23 u. 29 zu

$$(32a) \quad \nu_r = \frac{\sigma_{w_{30}}}{\sigma_{b_{d_{zul}}}}$$

oder zu

$$(32b) \quad \nu_r = 0,9 \cdot \frac{\sigma_{w_{20}}}{\sigma_{b_{d_{zul}}}}$$

Bei größerer Außermittigkeit der Druckkraft ergibt sich aus den Gl. 28b u. 27a, wenn $\sigma_b = \sigma_{b_{zul}}$ gesetzt wird,

$$(33a) \quad \nu_r = \frac{\sigma_{e_{20}}}{\sigma_{b_{zul}}}$$

bzw. aus den Gl. 28a u. 27b, wenn $\sigma_e = \sigma_{e_{zul}}$ gesetzt wird,

$$(33b) \quad \nu_r = \frac{\sigma_s}{\sigma_{e_{zul}}}$$

γ) Der tatsächliche Sicherheitsgrad.

Die vorliegenden Versuche an außermittig belasteten Säulen mit einfacher Bügelbewehrung sind nicht zahlreich und beschränken sich fast durchweg auf eine geringe Außermittigkeit der Druckkraft. Teilweise sind sie auch nicht einwandfrei durchgeführt.

Versuche mit geringerer und größerer Außermittigkeit der Druckkraft wurden bisher lediglich von Bach und Graf (23), Heft 166 bis 169, an Säulen durchgeführt, die bei quadratischem Querschnitt von 40 cm Seitenlänge und 2,5 m Höhe u. a. beiderseits mit 4 Rundeisen von 16 mm oder mit 4 Rundeisen von 22 mm Durchm. bewehrt waren. Die Bewehrungsstärke betrug also $\mu = \mu' = 0,5$ bzw. 1%. Angaben über die Quetschgrenze der Längseisen sowie über die Querbewehrung der Säulen wurden bereits S. 21 gemacht. Die Streckgrenze der Längseisen betrug 3773 bzw. 3672 kg/cm². Der bei den Versuchen verwendete Beton wies, wie ebenfalls bereits erwähnt wurde, eine an Würfeln von 30 cm Kantenlänge ermittelte Druckfestigkeit von 225 kg/cm² (also von $\sigma_{w_{20}} = \sim 250$ kg/cm²) auf, war also hochwertig. Die gewählten Außermittigkeiten der Druckkraft betragen 10, 20 und 50 cm und waren auf die Mittelachse des Querschnitts bezogen. Die Versuchskörper wurden in einem Alter von 45 Tagen geprüft.

Die besondere Eignung dieser Versuche für die Ableitung des Sicherheitsgrades außermittig belasteter Säulen ist darauf zurückzuführen, daß bei denselben alle für eine einwandfreie Auswertung notwendigen Ermittlungen vorgenommen wurden. Auch wurden alle störenden Nebenerscheinungen wie Formänderungen durch die Querkraft oder Gleiten der Eiseneinlagen infolge Überwindung der Haftfestigkeit des Betons mittels zweckmäßiger Anordnungen ausgeschaltet.

Zunächst soll untersucht werden, inwieweit mit der die Berechnungsweise nach Zustand I berücksichtigenden Gl. 23a die tatsächlichen Bruchlasten erfaßt werden.

Tafel 10. Vergleich zwischen rechnermäßiger und tatsächlicher Bruchlast von quadratischen Säulen mit einfacher Bügelbewehrung bei geringerer Außermittigkeit der Druckkraft.

Veröffentlichung	Versuchsbezeichnung	Abmessungen und Eiseneinlagen der Säulen			σ_w	σ_q	e	$P_{r_{\max}}$	$P_{t_{\max}}$	Δ	Bemerkungen
		Querschnittseite cm	Höhe cm	$F_e = F'_e$ cm ²							
a) Bei Ermittlung der Druckfestigkeit des Betons mittels 30-cm-Würfel ($P_{r_{\max}}$ aus Gl. 23a).											
Forschungsarbeiten Heft 166 bis 169 (Versuche von Bach u. Graf)	107, 108	40	250	8,04	225	3680	10	194	202,5	+ 4	Mittelwert aus 2 Versuchen
	99, 102, 118	40	250	8,04	225	3680	20	125	124	- 1	Mittelwert aus 3 Versuchen
	140, 141	40	250	15,21	225	3754	10	237	225	- 5	Mittelwert aus je 2 Versuchen
	122, 137	40	250	15,21	225	3754	20	155	157,5	+ 1,5	
	123, 138	40	250	15,21	225	3754	30	112	105	- 6,5	
Versuche der franz. Komm. f. Eisenbeton	2	40	500	4,02	(334)	~3000	10	236	241,6	+ 2,5	Einzelversuch
b) Bei Ermittlung der Druckfestigkeit des Betons mittels 20-cm-Würfel ($P_{r_{\max}}$ aus Gl. 23b).											
Versuche des österr. Eisen- betonausschusses Heft 3 (Versuche von Spitzer)	55	25	450	9,82	300	~2400	5	114	107,6	- 6	Einzelversuch
	163, 164	25	300	4,02	254	~2400	5	84	87	+ 3,5	Mittelwert aus je 2 Versuchen
	173, 174	25	300	8,90	342	~2400	5	119	120,5	+ 1	

Wie Vergleichsrechnungen zeigen, kommen für diese Untersuchung bei den mit 8 Rundeisen von 16 mm Durchm. bewehrten Säulen die Versuche mit Außermittigkeiten der Druckkraft bis zu 20 cm ($e = 0,5 d$), bei den mit 8 Rundeisen von 22 mm Durchm. bewehrten Säulen sogar die Versuche mit Außermittigkeiten der Druckkraft bis zu 30 cm ($e = 0,75 d$) in Betracht.

Diese Außermittigkeiten überschreiten demnach erheblich die sich nach den D. B. für die Berechnungsweise nach Zustand I ergebende Begrenzung der Außermittigkeiten mit rd. 0,3 bzw. 0,4 d (vgl. S. 55).

Tafel 10a enthält die näheren Einzelheiten der Versuche sowie alle zur Ermittlung der rechnermäßigen Bruchlasten nach Gl. 23a notwendigen Angaben. Außerdem enthält die Tafel die in Hundertteilen ausgedrückten Abweichungen Δ zwischen $P_{r_{\max}}$ und $P_{t_{\max}}$.

Weiter ist in Tafel 10a der von der französischen Kommission für Eisenbeton (7) an einer mit 4 Rundeisen von 16 mm Durchm. bewehrten quadratischen Säule von 40 cm Seitenlänge und 5 m Höhe vorgenommene Versuch mit einer Außermittigkeit der Druckkraft von 5 cm angeführt¹⁾. Die in der Tafel in Klammern genannte Würfel-
festigkeit des bei diesem Versuch verwendeten Betons wurde dabei aus der ermittelten Prismenfestigkeit von 250 kg/cm² umgerechnet.

Aus Tafel 10a geht hervor, daß eine als recht befriedigend anzusprechende Übereinstimmung zwischen rechnermäßigen und tatsächlichen Bruchlasten besteht. Die Abweichungen Δ schwanken lediglich zwischen 1 und 6,5%.

¹⁾ Ein weiterer gleichlaufender Versuch, bei dem die Säule mit 4 Rundeisen von 45 mm Durchm. bewehrt war, ist in Tafel 10a deshalb nicht angeführt, weil infolge der sehr starken Bewehrung die Eiseneinlagen nur teilweise ausgenutzt wurden.

Damit ist die Richtigkeit der Berücksichtigung von $\sigma_{w_{30}}$ in Gl. 23a sowie die Brauchbarkeit des in dieser Gleichung festgelegten Verhältnisses $n = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sigma_q}{\sigma_{w_{30}}}$ erwiesen. Wäre nämlich in dieser Gleichung $\sigma_{w_{30}}$ eingesetzt worden, so hätten sich die Abweichungen Δ bis zu 17% nach der für die Sicherheit ungünstigen Seite hin ergeben.

Versuche an Säulen mit einfacher Bügelbewehrung und einer geringen Außermittigkeit der Druckkraft, bei denen die Druckfestigkeit des verwendeten Betons gleichzeitig an Würfeln von 20 cm Kantenlänge nachgewiesen wurde, sind in Heft 3 des österr. Eisenbetonausschusses (24) enthalten. In Tafel 10b sind dieselben mit allen notwendigen Einzelheiten angeführt. Für die rechnermäßige Ermittlung der Bruchlasten kommt Gl. 23b in Betracht.

Das Alter der baumäßig hergestellten Versuchskörper betrug am Tage der Prüfung bei der Säule Nr. 55 57 Tage, bei den Säulen Nr. 163 und 164 98 Tage und bei den Säulen Nr. 173 und 174 148 Tage. Bei den letzten beiden Säulen bestand die Längsbewehrung aus Winkeleisen.

Wie aus Tafel 10b hervorgeht, besteht auch bei diesen Versuchen eine als recht befriedigend anzusehende Übereinstimmung zwischen rechnermäßigen und tatsächlichen Bruchlasten. Die Abweichungen schwanken lediglich zwischen 1 und 6%.

Damit ist die Richtigkeit des Beiwertes 0,9 der Gl. 23b und die Brauchbarkeit des in dieser Gleichung festgelegten Verhältnisses $n = \frac{3}{2} \cdot \frac{\sigma_q}{\sigma_{w_{30}}}$ erwiesen. Wäre nämlich der genannte Beiwert nicht berücksichtigt worden, so hätten sich die Abweichungen Δ bis zu 18% nach der für die Sicherheit ungünstigen Seite hin ergeben.

Wird noch untersucht, inwieweit mit der die Berechnungsweise nach Zustand II berücksichtigenden Gl. 28a die tatsächliche Bruchlast erfaßt wird, so kommen für diese Untersuchung wiederum die weiter oben behandelten Versuche von Bach und Graf in Betracht, nachdem die Zerstörung der mit 8 Rundeisen von 16 mm und 22 mm Durchm. bewehrten Säulen bei einer Außermittigkeit der Druckkraft von 30 und 50 cm in der Hauptsache durch Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen in der Zugzone eingeleitet wurde.

Tafel 11 enthält die näheren Einzelheiten der Versuche sowie die zur Ermittlung der rechnermäßigen Bruchlasten nach Gl. 28a notwendigen Angaben, wobei im Hinblick auf die Ausführungen S. 56 für die Ableitung von $x n = 10$ berücksichtigt wurde. Außerdem enthält die Tafel die in Hundertteilen ausgedrückten Abweichungen Δ zwischen $P_{r_{max}}$ und $P_{t_{max}}$.

Tafel 11. Vergleich zwischen rechnermäßiger und tatsächlicher Bruchlast von quadratischen Säulen mit einfacher Bügelbewehrung bei größerer Außermittigkeit der Druckkraft

Veröffentlichung	Versuchsbezeichnung	Abmessungen und Eiseneinlagen der Säulen			$\sigma_{w_{30}}$ kg/cm ²	σ_s kg/cm ²	e cm	$P_{r_{max}}$ aus Gl. 28a t	$P_{t_{max}}$ t	Δ %	Bemerkungen
		Querschnittsseite cm	Höhe cm	$F_e = F'_e$ cm ²							
Forschungsarbeiten	100, 103	40	250	8,04	225	3773	30	62,5	69,6	+ 11	} Mittelwert aus je 2 Versuchen
Heft 166 bis 169	101, 104	40	250	8,04	225	3773	50	30	32,4	+ 8	
(Versuche	123, 138	40	250	15,21	225	3672	30	99	105	+ 6	
von Bach u. Graf)	124, 139	40	250	15,21	225	3672	50	49	53,5	+ 9	

Wie aus Tafel 11 hervorgeht, stimmen die rechnungsmäßigen und tatsächlichen Bruchlasten recht gut überein. Die Abweichungen λ schwanken lediglich zwischen 6 und 11%.

Aus dieser guten Übereinstimmung läßt sich folgern, wie zutreffend $n = 10$ berücksichtigt wurde. Wäre nämlich nach den D.B. mit $n = 15$ gerechnet worden, so hätten sich die Abweichungen λ bis zu 15% nach der für die Sicherheit ungünstigen Seite hin ergeben.

Da die Zerstörung der mit 8 Rundeisen von 22 mm Durchm. bewehrten Säulen bei einer Außermittigkeit der Druckkraft von 30 cm derart erfolgte, daß gleichzeitig mit dem Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen in der Zugzone die Zerstörung des Betons in der Druckzone erfolgte, so kann für diesen Fall die rechnungsmäßige Bruchlast auch nach Gl. 28b abgeleitet werden. Wird in derselben $\sigma_{w_{20}} = \sim 250 \text{ kg/cm}^2$ eingesetzt, so errechnet sich mit $n = 10$ $P_{r_{\max}} = 92 \text{ t}$. Dieser Wert weicht also von $P_{r_{\max}} = 105 \text{ t}$ nur um 12,5% ab.

Es sei noch bemerkt, daß sich bei Anwendung der die Berechnungsweise nach Zustand II berücksichtigenden Gl. 28b bei geringeren Außermittigkeiten der Druckkraft als etwa $e = 0,75$ bzw. $0,5 d$ (vgl. S. 58) beträchtliche Unterschiede zwischen rechnungsmäßiger und tatsächlicher Bruchlast ergeben.

Zusammengefaßt zeigen die angeführten Versuche, daß bei geringerer Außermittigkeit der Druckkraft die Gl. 23, bei größerer Außermittigkeit der Druckkraft die Gl. 28 zweifellos eine zuverlässige Grundlage für die Sicherheitsberechnung von außermittig beanspruchten Säulen mit einfacher Bügelbewehrung bieten.

Es kann also unter Umgehung der Gl. 2 die Ableitung des tatsächlichen Sicherheitsgrades bei geringerer Außermittigkeit der Druckkraft genügend genau mittels der Gl. 32 vorgenommen werden. Es ergibt sich dann folgendes Bild:

Soweit bei hochbeanspruchten Säulen mit einfacher Bügelbewehrung und geringerer Außermittigkeit der Druckkraft die Zerstörung des Verbundes infolge Überwindung der Druckfestigkeit des Betons eingeleitet wird, ist bei voller Ausnutzung der zulässigen Betondruckspannung für die Einhaltung des nach den Ausführungen S. 6 vorgesehenen 3fachen Sicherheitsgrades bei Verwendung von Würfeln mit 30 cm Kantenlänge unter der Voraussetzung sorgfältiger Bauausführung eine Betondruckfestigkeit von etwa

$$(34a) \quad \sigma_{w_{20}} = 3,0 \cdot \sigma_{b_{d_{zul}}}$$

bei Verwendung von Würfeln mit 20 cm Kantenlänge unter der gleichen Voraussetzung eine Betondruckfestigkeit von etwa

$$(34b) \quad \sigma_{w_{20}} = 3,3 \cdot \sigma_{b_{d_{zul}}}$$

nachzuweisen¹⁾.

Es ist also nach einer etwa 28tägigen Erhärtungszeit des Betons (vgl. S. 5)

für $\sigma_{b_{d_{zul}}} = 60 \text{ kg/cm}^2$ eine Würfelfestigkeit von etwa 200 kg/cm^2

„ $\sigma_{b_{d_{zul}}} = 80$ „ „ „ „ „ 265 „ und

„ $\sigma_{b_{d_{zul}}} = 100$ „ „ „ „ „ 300 „

nachzuweisen.

¹⁾ Nach den D.B. (§ 29, Tafel IV) genügt der Nachweis einer Würfelfestigkeit von $\sigma_{w_{20}} = 3 \cdot \sigma_{b_{d_{zul}}}$, womit sich als unterer Grenzfall ein 2,7facher Sicherheitsgrad ergibt.

Für hochbeanspruchte Säulen mit geringerer Außermittigkeit der Druckkraft wird jedoch Beton gleicher Festigkeit verwendet wie für mittig belastete Säulen. Es kann also für bestimmte zulässige Betondruckspannungen mit mindestens denselben Würfelfestigkeiten gerechnet werden, wie sie S. 26 angeführt wurden. Damit ergibt sich eine beträchtliche, mindestens 35% betragende Überschreitung der vorstehend angeführten Würfelfestigkeiten und statt eines 3fachen ein mindestens 4facher Sicherheitsgrad.

Bei größerer Außermittigkeit der Druckkraft kann unter Umgehung der Gl. 2 der tatsächliche Sicherheitsgrad genügend genau mittels der Gl. 33 abgeleitet werden.

Soweit dabei die Zerstörung des Verbundes infolge Überwindung der Druckfestigkeit des Betons eingeleitet wird und deshalb für die Ableitung des Sicherheitsgrades Gl. 33a in Betracht kommt, wird ein 3facher Sicherheitsgrad auf jeden Fall erzielt, wenn bei Verwendung von Würfeln mit 20 cm Kantenlänge unter der Voraussetzung sorgfältiger Bauausführung eine Betondruckfestigkeit von etwa

$$(34c) \quad \sigma_{w20} = 3,0 \cdot \sigma_{b\text{zul}}$$

nachgewiesen wird.

Gewöhnlich dürfte jedoch aus dem weiter oben angeführten Grunde eine weit höhere Würfelfestigkeit nachgewiesen werden, so daß sich ein größerer als 3facher Sicherheitsgrad ergibt.

Soweit die Zerstörung des Verbundes durch Überschreiten der Streckgrenze der Eiseneinlagen in der Zugzone eingeleitet wird und deshalb für die Ableitung des Sicherheitsgrades Gl. 33b in Betracht kommt, wird bei Verwendung von hochwertigem Beton der aus dieser Gleichung ermittelte Sicherheitsgrad gewöhnlich überschritten. Nach Tafel 11 war z. B. der tatsächliche Sicherheitsgrad um 6 bis 11% größer als der sich aus dieser Gleichung ergebende Sicherheitsgrad.

Wird für die Ableitung des Sicherheitsgrades bei geringerer Außermittigkeit der Druckkraft von der unter der Bruchlast tatsächlich vorhandenen Beanspruchung des Betons ausgegangen, so läßt sich dieselbe bei bekannter Kräfteverteilung zwischen Beton und Eisen ermitteln. Dabei ergibt sich die Abweichung λ zwischen dieser Beanspruchung und der in Größe der Würfelfestigkeit angenommenen Beanspruchung des Betons unter der Bruchlast naturgemäß ebenso groß wie zwischen $P_{r\text{max}}$ und $P_{t\text{max}}$. Der tatsächlich vorhandene Sicherheitsgrad läßt sich dann nach Gl. 2 ableiten, wenn der rechnermäßige Sicherheitsgrad aus Gl. 32 bekannt ist.

Die Abweichungen zwischen rechnermäßigen und tatsächlichen Betondruckspannungen gehen für eine geringere Außermittigkeit der Druckkraft aus folgender Tafel 12 hervor. In derselben sind für die in Heft 166 bis 169 der Forschungsarbeiten enthaltenen und mit 8 Rundeisen von 16 mm Durchm. bewehrten Säulen Nr. 107 und 108 die unter verschiedenen Belastungsstufen bei $e = 10$ cm tatsächlich vorhandenen Betondruckspannungen σ_{bt} eingetragen, die aus den an diesen Säulen vorgenommenen Stauchungsmessungen ermittelt wurden. Das Nähere über die Versuchskörper, über die Versuchsdurchführung und über die Auswertung der Stauchungsmessungen wurde bereits ausgeführt. Außerdem sind in Tafel 12 die jeweils zugehörigen,

Tafel 12. Vergleich zwischen rechnermäßigen und tatsächlichen Querschnittsbeanspruchungen von quadratischen Säulen mit einfacher Bügelbewehrung bei geringerer Außer-mittigkeit der Druckkraft.

Ermittelt aus den in Heft 166 bis 169 der Forschungsarbeiten für die Säulen Nr. 107 und 108 bei $e = 10$ cm angeführten Stauchungsmessungen.

P	Bewehrungsstärke $\mu = \mu' = 0,5\%$			
	Betondruckspannungen in kg/cm ²		Eisendruckspannungen in kg/cm ²	
	σ_{bt}	σ_{bd_r} Gl. 29 a mit $n = 22$	σ'_{et}	σ'_{ed_r} Gl. 30 a mit $n = 22$
t				
26	34,2	30,2	251	548
56	73,0	65,1	583	1180
86	109,9	100,0	978	1810
116	144,9	135,0	1489	2630

Die Abweichungen zwischen rechnermäßigen und tatsächlichen Betondruckspannungen gehen für eine größere Außer-mittigkeit der Druckkraft aus folgender Tafel 13 hervor. In derselben sind für die in Heft 166 bis 169 der Forschungsarbeiten enthaltenen und wiederum mit 8 Rundeseisen von 16 mm Durchm. bewehrten Säulen Nr. 101 u. 104 die unter verschiedenen Belastungsstufen bei $e = 50$ cm tatsächlich vorhandenen Betondruckspannungen eingetragen, die aus den an diesen Säulen vorgenommenen Stauchungsmessungen ermittelt wurden. Das Nähere über diese Versuche wurde bereits ausgeführt. Außerdem sind in Tafel 13 die aus Gl. 27 a sowohl mit $n = 10$ wie mit $n = 15$ ermittelten Betondruckspannungen σ_{b_r} enthalten.

Der Tafel 13 ist zu entnehmen, daß die aus Gl. 27 a mit $n = 10$ ermittelten Betondruckspannungen um 4 bis 10 % größer, die mit $n = 15$ ermittelten Betondruckspannungen dagegen um 11 bis 14 % kleiner sind als die tatsächlichen Betondruckspannungen.

Bei Verwendung von hochwertigem Beton werden demnach die tatsächlichen Betondruckspannungen aus Gl. 27 a mit $n = 10$ zutreffender erfaßt als mit $n = 15$.

Tafel 13. Vergleich zwischen rechnermäßigen und tatsächlichen Querschnittsbeanspruchungen von quadratischen Säulen mit einfacher Bügelbewehrung bei größerer Außer-mittigkeit der Druckkraft.

Ermittelt aus den in Heft 166 bis 169 der Forschungsarbeiten für die Säulen Nr. 101 und 104 bei $e = 50$ cm angeführten Stauchungsmessungen.

P	Bewehrungsstärke $\mu = \mu' = 0,5\%$								
	Betondruckspannungen in kg/cm ²			Eisendruckspannungen in kg/cm ²			Eisenzugspannungen in kg/cm ²		
	σ_{bt}	σ_{b_r} Gl. 27 a mit $n = 10$	σ_{b_r} Gl. 27 a mit $n = 15$	σ'_{et}	σ'_{e_r} Gl. 31 c mit $n = 10$	σ'_{e_r} Gl. 31 c mit $n = 15$	σ_{et}	σ_{e_r} Gl. 31 d mit $n = 10$	σ_{e_r} Gl. 31 d mit $n = 15$
t									
12	76,8	79,3	66,4	525	585	765	1130	1540	1620
18	113,7	118,9	99,6	851	878	1150	2145	2310	2430
24	144,3	158,5	132,8	1231	1170	1530	3180	3080	3240

mittels der Fläche F_i und dem Widerstandsmoment W_i aus der Beziehung

$$(29a) \quad P = \sigma_{bd} \cdot \frac{F_i}{1 + e \cdot \frac{F_i}{W_i}}$$

rechnermäßig ermittelten Betondruckspannungen σ_{bd_r} eingetragen. Dabei wurde $n = 22$ berücksichtigt (vgl. S. 27).

Der Tafel 12 ist zu entnehmen, daß σ_{bd_r} bis zu 10 % kleiner ist als σ_{bt} . Diese Abweichungen sind also geringer als die S. 27 für die gleichen Säulen bei mittiger Druckkraft angeführten Abweichungen.

Wird die Bewehrungsstärke der vorbehandelten Säulen vergrößert, so ändern sich die angeführten Ergebnisse nur geringfügig. Dies läßt die Auswertung der übrigen in Heft 166 bis 169 der Forschungsarbeiten enthaltenen und mit 8 Rundeseisen von 22 mm Durchm. bewehrten Säulen erkennen.

In den Tafeln 12 und 13 sind noch die unter verschiedenen Belastungsstufen als tatsächlich vorhanden anzusprechenden Eisendruckspannungen σ_{e_t}' angeführt, sowie die jeweils zugehörigen, in Tafel 12 mit $n = 22$ aus der Beziehung

$$(30a) \quad \sigma_{e_d_r}' = n \cdot \sigma_{b_d_r} \cdot \frac{x_d - a}{x_d}$$

und in Tafel 13 sowohl mit $n = 10$ wie mit $n = 15$ aus der Beziehung

$$(31c) \quad \sigma_{e_r}' = n \cdot \sigma_{b_r} \cdot \frac{x - a}{x}$$

rechnungsmäßig ermittelten Eisendruckspannungen.

In Tafel 13 sind außerdem die unter verschiedenen Belastungsstufen als tatsächlich vorhanden anzusprechenden Eisenzugspannungen σ_{e_t} angeführt, sowie die sowohl mit $n = 10$ wie mit $n = 15$ aus der Beziehung

$$(31d) \quad \sigma_{e_r} = \frac{n \cdot \sigma_{b_r}}{x} \cdot (h - x)$$

rechnungsmäßig ermittelten Eisenzugspannungen.

Wie aus Tafel 12 hervorgeht, sind die rechnungsmäßigen Eisendruckspannungen durchweg beträchtlich größer als die tatsächlichen Eisendruckspannungen. So ergeben sich zwischen σ_{e_t}' und $\sigma_{e_d_r}'$ mit zunehmender Belastung Abweichungen, die von rd. 120 bis 75 % abnehmen. Diese Abweichungen sind jedoch geringer als die S. 29 für die gleichen Säulen bei mittiger Druckkraft angeführten Abweichungen.

Wie weiter aus Tafel 13 hervorgeht, besteht zwischen den aus Gl. 31c mit $n = 10$ ermittelten Eisendruckspannungen σ_{e_r}' und den tatsächlichen Eisendruckspannungen σ_{e_t}' eine vorzügliche Übereinstimmung. Dagegen überschreiten die aus derselben Gleichung mit $n = 15$ ermittelten Eisendruckspannungen die tatsächlichen Eisendruckspannungen mit zunehmender Belastung um rd. 45 bis 25 %.

Auch besteht, wie ebenfalls aus Tafel 13 hervorgeht, zwischen den aus Gl. 31d mit $n = 10$ ermittelten Eisenzugspannungen σ_{e_r} und den tatsächlichen Eisenzugspannungen σ_{e_t} im Durchschnitt eine bessere Übereinstimmung als zwischen den aus dieser Gleichung mit $n = 15$ ermittelten Eisenzugspannungen.

Es sei noch darauf verwiesen, daß es für die Anwendung von hochbeanspruchten Säulen mit größerer Außermittigkeit der Druckkraft notwendig ist, die Rissesicherheit des Betons nachzuweisen. Versuchsmäßig ermittelte sich z.B. die Rißlast bei den in Tafel 12 angeführten und mit 8 Rundeseisen von 16 mm Durchm. bewehrten Säulen zu etwa $\frac{1}{3}$, bei den übrigen mit 8 Rundeseisen von 22 mm Durchm. bewehrten Balken zu etwa $\frac{1}{4}$ der Bruchlast. Damit ergibt sich, wenn für diese Säulen die Gebrauchslast $\frac{1}{3}$ der Bruchlast beträgt, daß nur noch eine etwa 1,0- bzw. 0,75fache Rissesicherheit gegenüber dieser Gebrauchslast vorhanden ist. Allerdings wies der zur Herstellung dieser Säulen verwendete Beton eine Biegezugfestigkeit von nur 30 kg/cm² auf.

Im übrigen wird bei Behandlung der auf Biegung beanspruchten Eisenbetonkonstruktionen auf die Rissesicherheit des Betons und auf die möglichen Wege zu einer Erhöhung derselben näher eingegangen.