

Zur Auswirkung abgeminderter
Teilsicherheitsbeiwerte für Beton und
Bewehrung auf die Tragfähigkeit von
Stützen

T 2493

T 2493

Dieser Forschungsbericht wurde mit modernsten Hochleistungskopierern auf Einzelanfrage hergestellt.

Die in dieser Forschungsarbeit enthaltenen Darstellungen und Empfehlungen geben die fachlichen Auffassungen der Verfasser wieder. Diese werden hier unverändert wiedergegeben, sie geben nicht unbedingt die Meinung des Zuwendungsgebers oder des Herausgebers wieder.

Die Originalmanuskripte wurden reprototechnisch, jedoch nicht inhaltlich überarbeitet. Die Druckqualität hängt von der reprototechnischen Eignung des Originalmanuskriptes ab, das uns vom Autor bzw. von der Forschungsstelle zur Verfügung gestellt wurde.

© by Fraunhofer IRB Verlag

Vervielfältigung, auch auszugsweise,
nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Verlages.

Fraunhofer IRB Verlag

Fraunhofer-Informationszentrum Raum und Bau

Postfach 80 04 69
70504 Stuttgart

Nobelstraße 12
70569 Stuttgart

Telefon (07 11) 9 70 - 25 00
Telefax (07 11) 9 70 - 25 08

E-Mail irb@irb.fraunhofer.de

www.baufachinformation.de

Institut für Bautechnik
Reichpietschufer 72-76

1000 Berlin 30

Denickestraße 15 u. 17 Behördennetz
2100 Hamburg 90 (BN) 9.78.
Tel. 040 / 77 18 Fax 7718 2969
Durchwahl: Fax (BN) 9.78.2969
- 3022
- 3222

Datum und Zeichen Ihres Schreibens

Geschäftszeichen (bei Antwort bitte angeben)

Datum

Betreff IV/1-5-

Q/q

20.12.92

Eurocode 2, ENV 1992-1-3, Fertigteile, Entwurf August 1992

Zur Auswirkung abgeminderter Teilsicherheitsbeiwerte für Beton und Bewehrung auf die Tragfähigkeit von Stützen

Inhaltsübersicht	Seite
1 Veranlassung	2
2 Vorgehensweise zur Darstellung der Auswirkungen	2
3 Auswirkung abgeminderter Teilsicherheitsbeiwerte	3
Moment/Verkrümmungs-Linien	5, 6
Zulässige Momente in Abhängigkeit der Stützenlänge	8
Tabellen 1 bis 4	9
4 Zusammenfassung	10

Die auszugsweise Wiedergabe des Berichtes bedarf der Zustimmung des Verfassers.

1 Veranlassung

Der Entwurf August 1992 zu ENV 1992-1-3, "Eurocode 2 – Design of Concrete Structures", "Supplementary Rules for Precast Concrete Elements and Structures" sieht in Abschn. 2.3.3.2 eine Abminderung der Teilsicherheitsbeiwerte gegenüber ENV 1992-1-1 vor. In 2.3.3.2 (4) wird die Abminderung bei gleichzeitigem Vorliegen mehrerer Gegebenheiten,

- ständige Fertigungskontrolle,
- unabhängige Überwachung des Qualitätssicherungs-Systems, welches insbesondere die Aussonderung nicht konformer Produkte vorsieht und
- Verringerung der ungünstigen Abmaße auf 50% der Regelwerte,

für Beton von $\gamma_c = 1.50$ auf 1.40 und für Bewehrung von $\gamma_s = 1.15$ auf 1.10 vorgeschlagen. Eine weitergehende Abminderung auf $\gamma_c = 1.30$ und $\gamma_s = 1.05$ wird in 2.3.3.2 (5) vorgeschlagen, wenn die Serien-Bauteile in ihrer Festigkeit unmittelbar statistisch überwacht werden und die tatsächlich erforderlichen Vorhaltemaße in der Bemessung berücksichtigt werden. Diese Abminderung hebt die sonst vorzusehende Sicherheit für Abweichungen zwischen Festigkeit der Güteprüfkörper einerseits und der tatsächlichen Bauteilfestigkeit andererseits auf.

Die Auswirkungen dieser Abminderungen auf die Tragfähigkeit und Sicherheit von verformungsbeeinflussten Stützen sind unbekannt. Zur sachgerechten Beratung und Entscheidung über diesen Vorschlag müssen die Auswirkungen bekannt sein.

2 Vorgehensweise zur Darstellung der Auswirkungen

Die Nachrechnung nur einzelner Stützenbeispiele kann erfahrungsgemäß keinen umfassenden Überblick über die möglichen Auswirkungen ergeben. Am geeignetsten wird für den hier gegebenen Zweck die Darstellung mit dimensionslosen Parametern angesehen. Es werden deshalb ausgewählte Moment/Verkrümmungs-Beziehungen berechnet, zu denen dann die zulässigen Beanspruchungen in Form der Endmomente μ_{Sd1} für schlanke Stützen in Abhängigkeit ihrer bezogenen Stützenlänge l_0/h durch Zweifachintegration mit variierten Anfangsbedingungen hinsichtlich des Gesamtmomentes $\text{tot } \mu_{Sd}$ im Gleichgewichtszustand nach Theorie 2. Ordnung ermittelt werden. Die Berechnungen werden mit den Spannung/Dehnungs-Linien für die Querschnitts-Bemessung nach ENV 1992-1-1, 4.2.1.3 b), Bild 4.2, Standard-Parabel/Rechteck-Diagramm, für Beton und Bild 4.5 mit horizontalem Verlauf in Höhe der Streckgrenze f_{yd} für Betonstahl durchgeführt. Die Zug-Grenzdehnung $\epsilon_{s1, u}$ wird auf 4 mm/m begrenzt, weil sich dies bezüglich der Stützentragfähigkeit überhaupt nicht auswirkt und die

Darstellung überlanger horizontaler Linien in den Moment/Verkrümmungs-Beziehungen vermieden wird.

Das bezogene Bewehrungsverhältnis wird zu $\omega = 0.50$ gewählt. Es entspricht weitgehend den baupraktisch interessierenden Fällen. In Abhängigkeit der Betonfestigkeitsklasse entspricht dies folgenden geometrischen Bewehrungsverhältnissen ρ :

Betonfestigkeitsklasse	C 30/37	C 40/50	C 50/60
$\rho = A_s / A_c$	2.3%	3.1%	3.8%

Es werden Stützen mit Rechteckquerschnitt und Bewehrung an zwei Seiten mit einem Randabstand $h_1 / h = 0.10$ berechnet; die Kurzbezeichnung für diese Standardquerschnittsform ist R2-10-0.50.

3 Auswirkung abgeminderter Teilsicherheitsbeiwerte

Die Auswirkungen unterschiedlicher Teilsicherheitsbeiwerte werden für drei verschiedene Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte γ_c für Beton und γ_s für Betonstahl ermittelt. Zur Ausgangskombination $\gamma_c / \gamma_s = 1.50 / 1.15$ nach ENV 1992-1-1 wird zunächst nur γ_c auf den kleinsten vorgeschlagenen Wert 1.30 abgemindert. Zu dieser Kombination 1.30 / 1.15 wird dann noch die Kombination 1.30 / 1.05 untersucht. Auf diese Weise können die größten Auswirkungen abgeminderter Teilsicherheitsbeiwerte für Beton und Betonstahl getrennt ersehen werden. Insbesondere wird es hierdurch ermöglicht, auch die Bereiche zu erkennen, in denen sich die Auswirkung des abgeminderten Beton-Teilsicherheitsbeiwertes und des abgeminderten Betonstahl-Teilsicherheitsbeiwertes jeweils mehr oder weniger groß bemerkbar machen.

Weil sich der Teilsicherheitsbeiwert γ_s für Betonstahl nur auf den Rechenwert der Festigkeit und nicht auch auf den Rechenwert der Steifigkeit (E-Modul) auswirkt, kann gefolgert werden, daß die Unterschiede hinsichtlich zulässiger Momente μ_{Sd1} mit zunehmender Stützenschlankheit kleiner werden. Der Teilsicherheitsbeiwert für Beton wirkt sich sowohl auf den Rechenwert der Festigkeit als auch auf den Rechenwert der Steifigkeit aus. Folglich werden zwischen den Auswirkungen des Beton-Teilsicherheitsbeiwertes und des Betonstahl-Teilsicherheitsbeiwertes Unterschiede bestehen.

Zu beachten ist, daß die Vergleiche der zulässigen Momente μ_{Sd1} ziffernmäßig größer ausfallen als die Unterschiede der Sicherheit bei gleicher Lastausmitte e_1 / h . Die Betrachtung unterschiedlich großer zulässiger Momente μ_{Sd1} für gleiche Längskräfte v_{Sd} kann bei unabhängigen Einwirkungen geboten sein.

Bei mittigem Druck kann der Bemessungswert der Betonstahlfestigkeit f_{yd} nicht voll ausgenutzt werden, wenn die Querschnittstauchung auf -2 mm/m begrenzt wird und Umlagerungen der Beanspruchung infolge Kriechen und Schwinden nicht betrachtet werden. Für die Kombination der Teilsicherheitsbeiwerte $1.50 / 1.15$ ergibt sich bei gleichem A_c und A_s einmal

$$v = -0.85 - (2 / 2.174) \cdot 0.50 = -0.85 - 0.46 = -1.31$$

und das andere Mal für die Kombination $1.30 / 1.05$

$$v = -0.85 \cdot 1.50 / 1.30 - (2 / 2.174) \cdot 0.50 = -0.98 - 0.46 = -1.44,$$

was 110% sind.

Bei voller Ausnutzung der Stahlfestigkeit mit entsprechender Berücksichtigung von Umlagerungen infolge Kriechen und Schwinden ergibt sich einmal

$$v = -0.85 - 0.50 = -1.35$$

und das andere Mal

$$v = -0.85 \cdot 1.50 / 1.30 - 0.50 \cdot 1.15 / 1.05 = -0.98 - 0.55 = -1.53,$$

was 113% sind.

In den folgenden Bildern 1 und 4 sind die Moment/Verkrümmungs-Linien für jeweils konstante Längskräfte v_{Sd} dargestellt; in den auf den Seiten oben angeordneten Bildern 1 und 3 für den Druckbruchbereich mit $|v_{Sd}| > 0.4$ und in den unten angeordneten Bildern 2 und 4 für den Zugbruchbereich mit $|v_{Sd}| \leq 0.4$.

In den Bildern 1 und 2 gelten die jeweils oberen Linien für die Kombination der Teilsicherheitsbeiwerte $1.30 / 1.15$ und die jeweils unteren Linien für $1.50 / 1.15$. Die Bilder 1 und 2 zeigen die Auswirkungen des Teilsicherheitsbeiwertes für Beton: Mit abnehmender bezogener Längskraft v_{Sd} nimmt die Auswirkung des abgeminderten Wertes für den Beton-Teilsicherheitsbeiwert ab. Der Teil-Sicherheitsbeiwert wirkt sich auf die Querschnittstragfähigkeit und den Verlauf der Moment/Verkrümmungs-Linie aus.

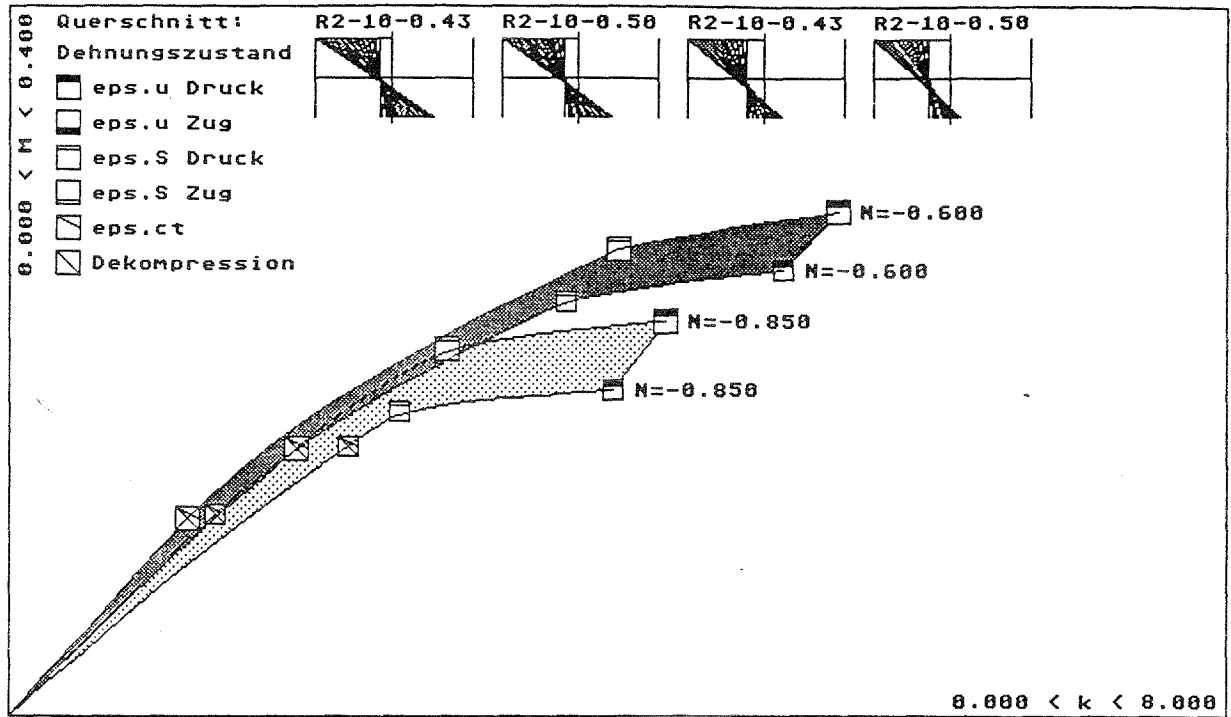


Bild 1 Moment/Verkrümmungs-Linie in dimensionsloser Form, Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_c / \gamma_s = 1.30 / 1.15$ und $1.50 / 1.15$, Druckbruchbereich

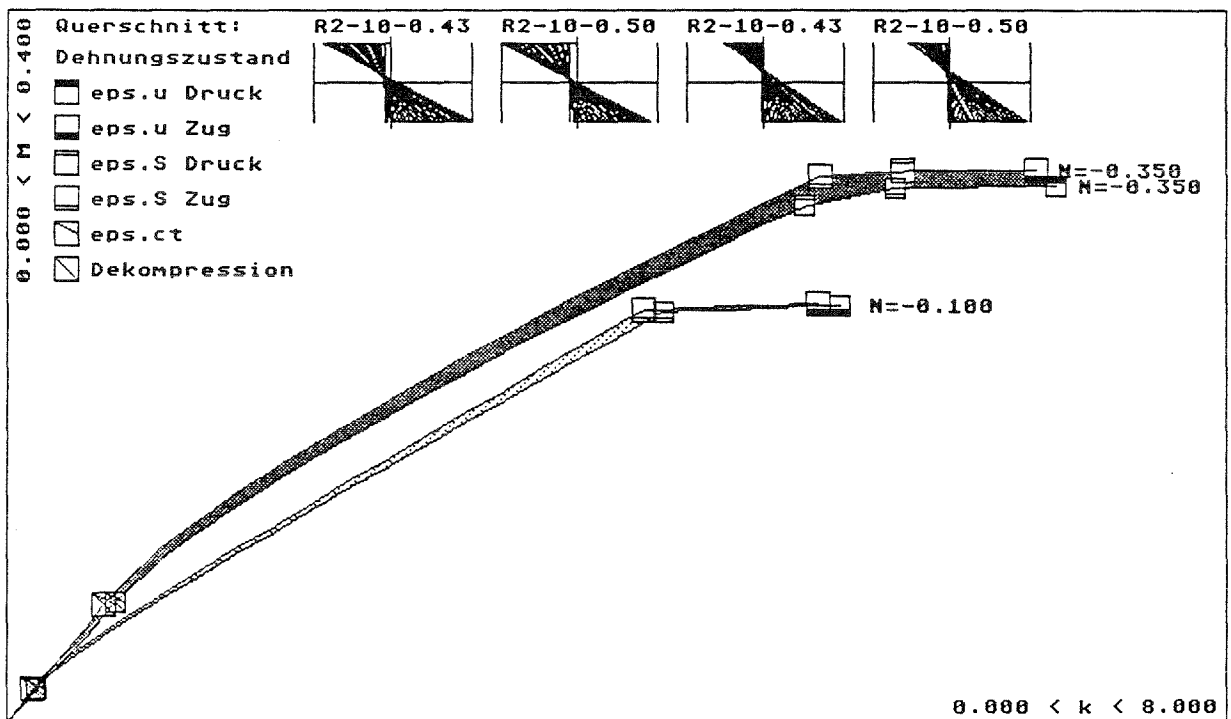


Bild 2 Moment/Verkrümmungs-Linie in dimensionsloser Form, Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_c / \gamma_s = 1.30 / 1.15$ und $1.50 / 1.15$, Zugbruchbereich

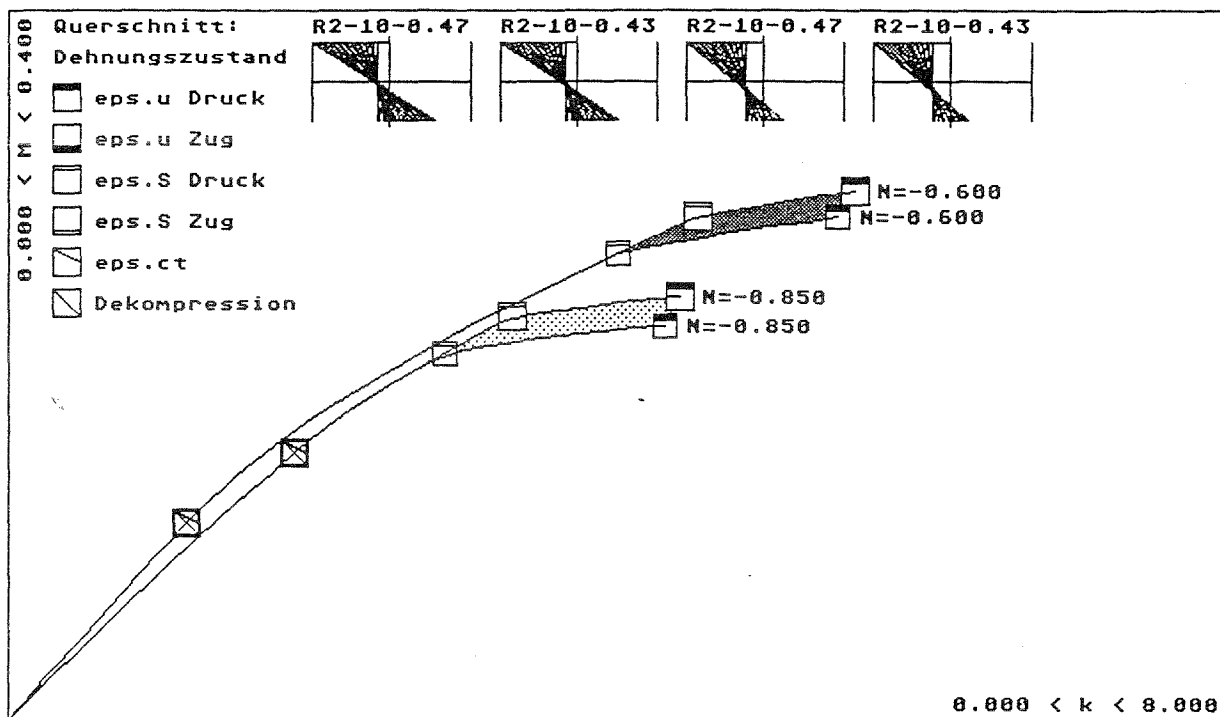


Bild 3 Moment/Verkrümmungs-Linie in dimensionsloser Form, Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_c / \gamma_s = 1.30 / 1.05$ und $1.30 / 1.15$, Druckbruchbereich

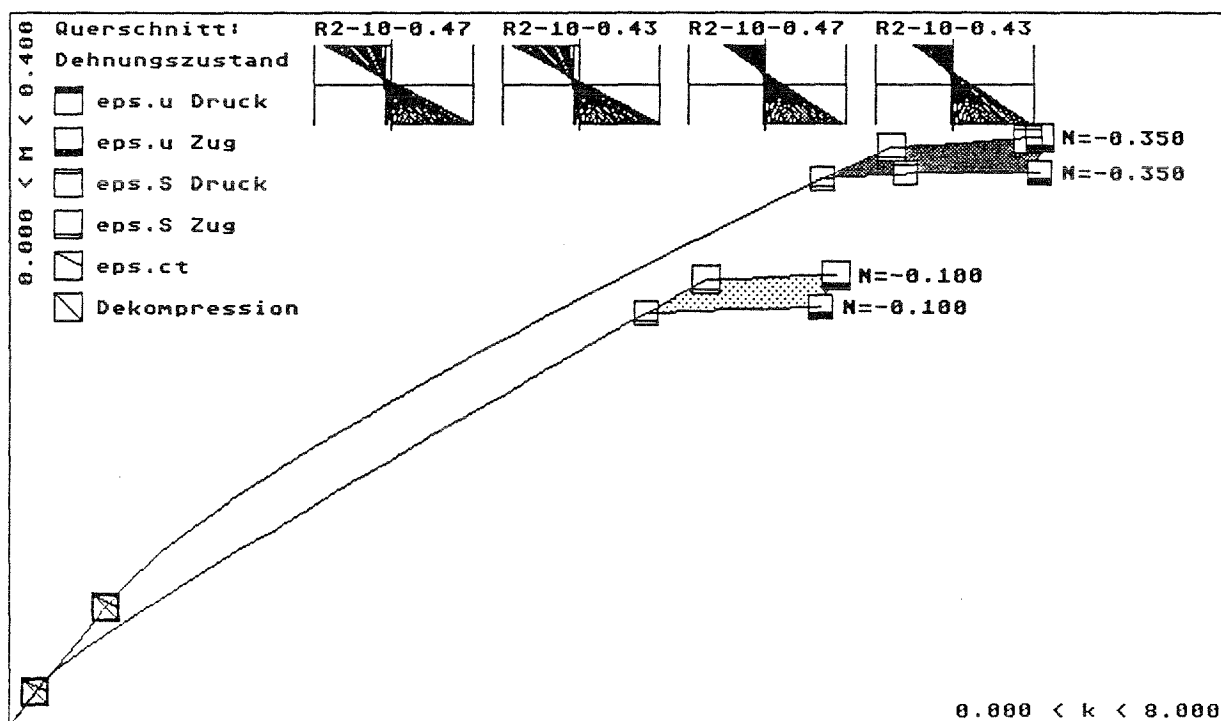


Bild 4 Moment/Verkrümmungs-Linie in dimensionsloser Form, Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte $\gamma_c / \gamma_s = 1.30 / 1.15$ und $1.30 / 1.05$, Zugbruchbereich

In den Bildern 3 und 4 gelten die jeweils oberen Linien für die Kombination der Teilsicherheitsbeiwerte 1.30 / 1.05 und die jeweils unteren Linien für 1.30 / 1.15. Die Bilder 3 und 4 zeigen die Auswirkungen des Teilsicherheitsbeiwertes für Betonstahl: Mit abnehmender bezogener Längskraft v_{Sd} nimmt die Auswirkung des abgeminderten Betonstahl-Teilsicherheitsbeiwertes zu. Er wirkt sich praktisch nur auf die Querschnittstragfähigkeit aus und auf den Verlauf der Moment/Verkrümmungs-Linie nur nach Überschreiten des Bemessungswertes der Dehnung ϵ_{yD} bei Erreichen der Streckgrenze.

Die zulässigen bezogenen Momente μ_{Sd1} für schlanke Stützen sind in Abhängigkeit der bezogenen Längskraft v_{Sd} und der bezogenen Stützenlänge l_0 / h für die untersuchten Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte in den Bildern 5 und 6 dargestellt. Bild 5 zeigt die Auswirkung der Abminderung des Betonstahl-Teilsicherheitsbeiwertes von $\gamma_s = 1.15$ auf 1.05. Die Auswirkung nimmt mit zunehmender Stützenschlankheit l_0 / h ab und verschwindet für kleine bezogene Momente μ_{Sd1} vollkommen.

Bild 6 zeigt die Auswirkung der Abminderung des Beton-Teilsicherheitsbeiwertes von $\gamma_c = 1.50$ auf 1.30. Die Auswirkung nimmt mit abnehmender bezogener Längskraft v_{Sd} ab.

Um die durch die Rasterung kenntlich gemachten Unterschiede in ihrer Größe nicht falsch zu bewerten, sind in den nachfolgenden Tabellen 1 und 3 die Unterschiede hinsichtlich des zulässigen bezogenen Momentes μ_{Sd1} für $l_0 / h = 0$ und 20 auch ziffernmäßig in Abhängigkeit der bezogenen Längskraft v_{Sd} angegeben. Die Spalte 5 zeigt die Auswirkung des abgeminderten Beton-Teilsicherheitsbeiwertes allein. Spalte 6 zeigt die Auswirkung des abgeminderten Betonstahl-Teilsicherheitsbeiwertes allein und Spalte 7 zeigt die Auswirkung für beide Abminderungen zusammen.

Die Tabellen 2 und 4 zeigen die Auswirkungen abgeminderter Teilsicherheitsbeiwerte bezüglich der zulässigen bezogenen Längskraft v_{Sd} in Abhängigkeit der bezogenen Lastausmitte e_1 / h . In dieser Form entsprechen sie auch den Auswirkungen in Bezug auf die Sicherheit beziehungsweise auf die Tragfähigkeit. Die Auswirkungen getrennt für Beton- und Betonstahl-Teilsicherheitsbeiwert können wie oben erläutert aus den Spalten 5 und 6 ersehen werden. Für die Querschnittstragfähigkeit ist der Größtwert der Tragfähigkeitssteigerung 114% und für die Steigerung der Stützentragsfähigkeit 111%.

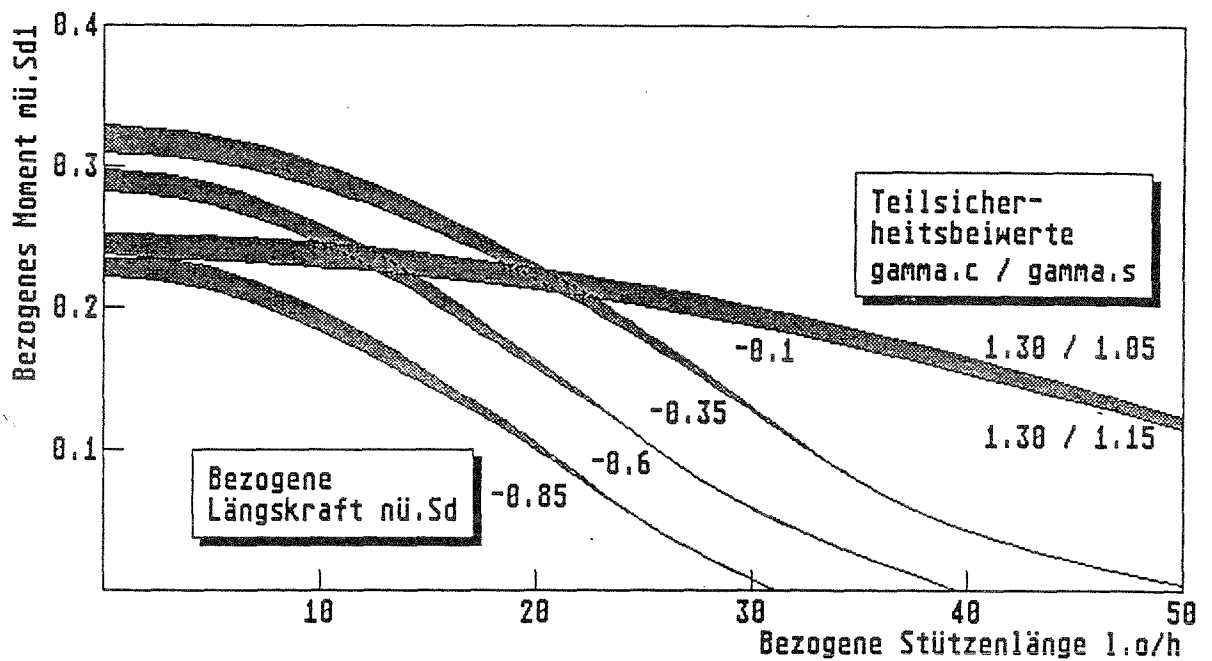


Bild 5 Zulässige bezogene Momente μ_{Sd1} für verschiedene bezogene Längskräfte ν_{Sd} und für zwei verschiedene Teilsicherheitsbeiwerte γ_s für Betonstahl in Abhängigkeit der bezogenen Stützenlänge l_0/h

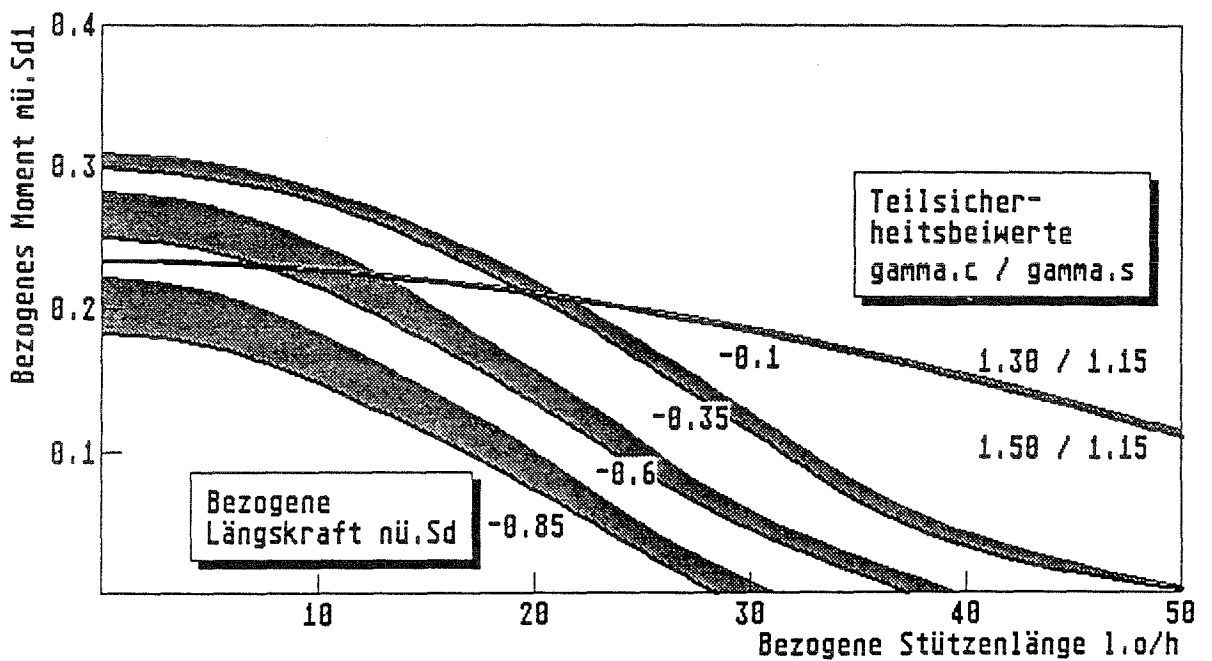


Bild 6 Zulässige bezogene Momente μ_{Sd1} für verschiedene bezogene Längskräfte ν_{Sd} und für zwei verschiedene Teilsicherheitsbeiwerte γ_c für Beton in Abhängigkeit der bezogenen Stützenlänge l_0/h

Tabelle 1 Zulässige bezogene Momente μ_{Sd1} für unterschiedliche Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte γ_c und γ_s für Beton und Betonstahl nach ENV 1992

$I_o / h = 0$ Querschnitt	Teil 1-1	Teil 1-3	Teil 1-3	Verhältnisse in %			
	1.50 / 1.15	1.30 / 1.15	1.30 / 1.05	3 / 2	4 / 3	4 / 2	
	1	2	3	4	5	6	7
$v_{Sd} = -0.85$	0.1837	0.2224	0.2381	121	107	130	
-0.60	0.2507	0.2830	0.2979	113	105	119	
-0.35	0.3009	0.3102	0.3292	103	106	109	
-0.10	0.2342	0.2351	0.2527	100	107	108	

Tabelle 2 Zulässige bezogene Längskräfte v_{Sd} für unterschiedliche Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte γ_c und γ_s für Beton und Betonstahl nach ENV 1992

$I_o / h = 0$ Querschnitt	Teil 1-1	Teil 1-3	Teil 1-3	Verhältnisse in %			
	1.50 / 1.15	1.30 / 1.15	1.30 / 1.05	3 / 2	4 / 3	4 / 2	
	1	2	3	4	5	6	7
$e_1 / h = 0.2$	-0.8716	-0.9286	-0.9490	107	102	109	
0.5	-0.5247	-0.5727	-0.5966	109	104	114	
0.8	-0.3687	-0.3834	-0.4012	104	105	109	

Tabelle 3 Zulässige bezogene Momente μ_{Sd1} für unterschiedliche Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte γ_c und γ_s für Beton und Betonstahl nach ENV 1992

$I_o / h = 20$ Stütze	Teil 1-1	Teil 1-3	Teil 1-3	Verhältnisse in %			
	1.50 / 1.15	1.30 / 1.15	1.30 / 1.05	3 / 2	4 / 3	4 / 2	
	1	2	3	4	5	6	7
$v_{Sd} = -0.85$	0.0736	0.0992	0.1041	135	105	141	
-0.60	0.1344	0.1563	0.1621	116	104	121	
-0.35	0.2084	0.2196	0.2304	105	105	111	
-0.10	0.2107	0.2123	0.2286	101	108	108	

Tabelle 4 Zulässige bezogene Längskräfte v_{Sd} für unterschiedliche Kombinationen der Teilsicherheitsbeiwerte γ_c und γ_s für Beton und Betonstahl nach ENV 1992

$I_o / h = 20$ Stütze	Teil 1-1	Teil 1-3	Teil 1-3	Verhältnisse in %			
	1.50 / 1.15	1.30 / 1.15	1.30 / 1.05	3 / 2	4 / 3	4 / 2	
	1	2	3	4	5	6	7
$e_1 / h = 0.2$	-0.6381	-0.6971	-0.7108	109	102	111	
0.5	-0.3761	-0.3929	-0.4007	104	102	107	
0.8	-0.3039	-0.3050	-0.3168	101	104	104	

4 Zusammenfassung

Abgeminderte Teilsicherheitsbeiwerte für Beton von $\gamma_c = 1.30$ gegenüber 1.50 und für Bewehrung von $\gamma_s = 1.05$ gegenüber 1.15 führen in Abhängigkeit der Stützenparameter zu unterschiedlich großen Unterschieden in der Tragfähigkeit bzw. in der Tragsicherheit.

Bei gleichen Stützenabmessungen und üblichen Bewehrungsverhältnissen können sich die zulässigen bezogenen Momente μ_{Sd1} für Fertigteilstützen zu 130 bis 140% gegenüber denen für Ortbetonstützen ergeben.

Die Steigerung der Querschnittstragfähigkeit infolge abgeminderter Teilsicherheitsbeiwerte ist geringfügig größer als die Steigerung der Stützentragsfähigkeit. Die Querschnittstragfähigkeit kann für die untersuchten Fällen für Fertigteile 114% gegenüber Ortbetonbauteilen betragen. Die Tragfähigkeit von Fertigteilstützen kann gegenüber der Tragfähigkeit von Ortbetonstützen 111% betragen. Infolge der Abminderung des Beton-Teilsicherheitsbeiwertes allein ergeben sich die entsprechenden Werte in beiden Fällen zu 109%.

Unterschiedlich große Beton-Teilsicherheitsbeiwerte für Ortbeton- und Fertigteilstützen lassen sich mit den Bemessungshilfsmitteln im Heft 425 des DAfStb ohne Probleme berücksichtigen, weil der Teilsicherheitsbeiwert γ_c in den Eingangsparametern der bezogenen Einwirkungen enthalten ist.

Infolge geringerer Teilsicherheitsbeiwerte für Betonstahl ergeben sich größere Bemessungswerte für Festigkeit f_{yd} und Dehnung ϵ_{yd} bei Erreichen der Streckgrenze, woraus größere Zusatzausmitteln e_2 infolge Stützenverformung folgen. Hierzu müssen besondere Bemessungshilfsmittel erstellt werden. Dies ist bei der Entscheidung zu bedenken, ob der Abminderung des Beton-Teilsicherheitsbeiwertes gefolgt werden soll; der Abminderung des Betonstahl-Teilsicherheitsbeiwertes aber nicht.

2100 Hamburg-Harburg, den 20. Dezember 1992

