

Deutsche
Demokratische
Republik

Betonbau
Schnittgrößen- und Verformungsberechnung
Hilfsmittel

TGL
33404/02

Gruppe 20000

Бетонное и железобетонное строительство
Расчет внутренних сил
и деформаций
Вспомогательные пособия

Concrete Construction
Calculation of Internal Forces
and Deformations
Tables and Data for Calculation

Deskriptoren: Betonbau; Schnittgrösse; Verformung (Baumechanik)

Für neu auszuarbeitende Projektlösungen und Angebotsprojekte, ausgenommen für Straßen- und Eisenbahnbrücken sowie Betondeckschichten für Straßen verbindlich ab 1. 7. 1981

Für bestehende Angebotsprojekte und wiederverwendungsfähige Projektlösungen verbindlich ab deren planmäßiger Überarbeitung, spätestens jedoch ab 1. 1. 1986

Verbindlich ab 1. 1. 1986

Dieser Standard gilt für Bauwerke, Bauwerksteile und Bauteile aus Beton, Leichtbeton, Gasbeton und dichtem Silikatbeton ohne oder mit schlaffer oder vorgespannter Bewehrung.

Dieser Standard gilt nur in Verbindung mit TGL 33404/01; er wird zur Anwendung empfohlen.

Vorbemerkung

Für die Umrechnung der bisher gebräuchlichen Einheiten gilt folgende Beziehung:

$$10 \text{ kp/cm}^2 = 1 \text{ N/mm}^2 \text{ (gerundeter Wert)}$$

Inhaltsverzeichnis	Seite
1. Begriffe und Formelzeichen	2
2. Mitwirkende Breite	2
3. Steifigkeitsannahmen	2
3.1. Biegesteifigkeit	2
3.2. Torsionssteifigkeit	8
4. Schnittgrößenberechnung für Stabtragwerke	8
4.1. Momentenumlagerung, allgemeiner Fall	8
4.2. Momentenwerte für Durchlaufträger	13
4.3. Näherungswerte für Stützkräfte von Durchlaufträgern	13
4.4. Momentenkorrektur bei Einspannung von Rahmenriegeln in Randstützen	13
5. Schnittgrößenberechnung für Plattentragwerke	14
5.1. Einachsig gespannte Vollplatten	14
5.2. Zweiaxsig gespannte Vollplatten	14
5.3. Pilz- und Flachdecken	19
5.4. Einzel-, Teilflächen- und Linienlasten	21
5.5. Örtlich fehlendes Auflager	23
6. Schnittgrößenberechnung für Scheibentragwerke	25
7. Schnittgrößenberechnung bei örtlicher Lasteintragung	30
7.1. Allgemeines	30
7.2. Primäre Spaltzugkräfte	32
7.3. Sekundäre Spaltzugkräfte	32
7.4. Randzugkräfte	32

Fortsetzung Seite 2 bis 42

Verantwortlich/bestätigt: 30. 5. 1980, VEB Betonleichtbaukombinat, Dresden

	Seite
8. Verformungsberechnung für Stabtragwerke	32
8.1. Annahmen	32
8.2. Allgemeine Angaben zur Verformungsberechnung	32
8.3. Rißbildungs- und Rißöffnungsbeanspruchung (M_R, M_{R0})	33
8.4. Wirksame Biegesteifigkeit und wirksame Krümmung	35
8.5. Kurzzeitverformung	36
8.6. Verformungszuwachs infolge Schwindens und Kriechens	38
9. Verformungsberechnung für Plattentragwerke	41
9.1. Allseitig gelagerte Rechteckplatten	41
9.2. Pilz- und Flachdecken	41

1. BEGRIFFE UND FORMELZEICHEN

nach TGL 33404/01

2. MITWIRKENDE BREITE

Die mitwirkende Breite (b_{ef}) ist sowohl für die Schnittgrößen- und Verformungsberechnung als auch für Spannungs- und Tragfähigkeitsnachweise (Bemessung) anzuwenden.

Die Anteile b_{efi} nach Bild 1 sind auf der Grundlage der folgenden Angaben genauer zu ermitteln, wenn das aus Gründen der Materialökonomie oder wegen hoher Anforderungen in bezug auf die Gewährleistung von Zustand I erforderlich erscheint. Ersteres gilt z. B. bei stark beanspruchten Stahlbetonquerschnitten, gekennzeichnet durch erforderliche Ausnutzung der Stegspannungen, letzteres bei Spannungsnachweisen für Spannbeton.

Bei statisch bestimmten Einfeldträgern sind die Werte $b_{efi,j}$ jeder Gurtseite in Feldmitte für die zugeordneten Schnittgrößenanteile M_j aus Lasten und Vorspannung unter Berücksichtigung des betrachteten Grenzzustandes und abhängig von der Form der Momentenflächen nach den Tabellen 1 bis 3 zu ermitteln. Dabei darf für die weitere Berechnung der Mittelwert b_{efi} nach Gleichung (1) angenommen werden.

$$b_{efi} = \frac{\sum M_j}{\sum \frac{M_j}{b_{efi,j}}} \quad (1)$$

Genauere Nachweise sind bei Vorliegen von Zustand I möglich, wenn der Berechnung für die Anteile M_j die Querschnittswerte mit den zugehörigen Werten $b_{efi,j}$ zugrunde gelegt werden.

Bei statisch unbestimmten Systemen, z. B. Durchlaufträger, ist analog zu verfahren, wobei die zugeordneten Abstände der Momentennullpunkte (l_0) in Feld- und Auflagerbereichen verwendet werden dürfen.

Unabhängig vom statischen System ist bei Längskräften, z. B. infolge Vorspannung, für l_0 der Abstand der Kräfteinleitungsstellen anzunehmen.

Bei Feldquerträgern von Trägerrosten gilt für l_0 der Achsabstand der Randhauptträger.

Für Längskräfte ergibt sich b_{efi} nach Tabelle 3, wobei der Verlauf von b_{efi} im Einleitungsbereich nach Bild 2 angenommen werden darf.

Ist b_i über die Trägerlänge veränderlich, kann b_{efi} für jede Breite b_i bestimmt werden.

Die Werte α , β und γ können auch für Platten veränderlicher Dicke Verwendung finden, wenn diese durch Gurte konstanter Dicke bei gleicher Fläche ersetzt werden.

Vereinfachend darf für Einfeld- und Durchlaufträger mit vorwiegend gleichmäßig verteilten Lasten unabhängig von der Lastanordnung und dem jeweiligen Lastfall der Verlauf b_{efi}/b_i in Stablängsrichtung nach Tabelle 4 vorgesehen werden, wobei unter Berücksichtigung der zugeordneten Werte l_0

in Feldern	$b_{efi} = \alpha b_i$ nach Tabelle 1
über Auflagern	$b_{efi} = \beta b_i$ nach Tabelle 2

anzunehmen ist.

Trägheitsmoment und Schwerachsenlage von Plattenbalkenquerschnitten siehe Bild 4.

3. STEIFIGKEITSANNAHMEN

3.1. Biegesteifigkeit

3.1.1. Biegesteifigkeit für die Schnittgrößenberechnung

Für Lastschnittgrößen darf die Biegesteifigkeit B_I von Rechteck- und Plattenbalkenquerschnitten für $\mu_s = 0$ nach den Bildern 3 und 4 bestimmt werden.

Für Zwangschnittgrößen darf die wirksame Biegesteifigkeit B von Stahlbeton nach Tabelle 5 angenommen werden, wenn sich der Zwang vergrößernd auf die Schnittgrößen aus Lasten auswirkt.

Diese Werte B/B_I liegen auf der sicheren Seite, und der Einfluß von Zwang auf die Rißbreiten braucht bei ihrer Anwendung nicht gesondert berücksichtigt zu werden.

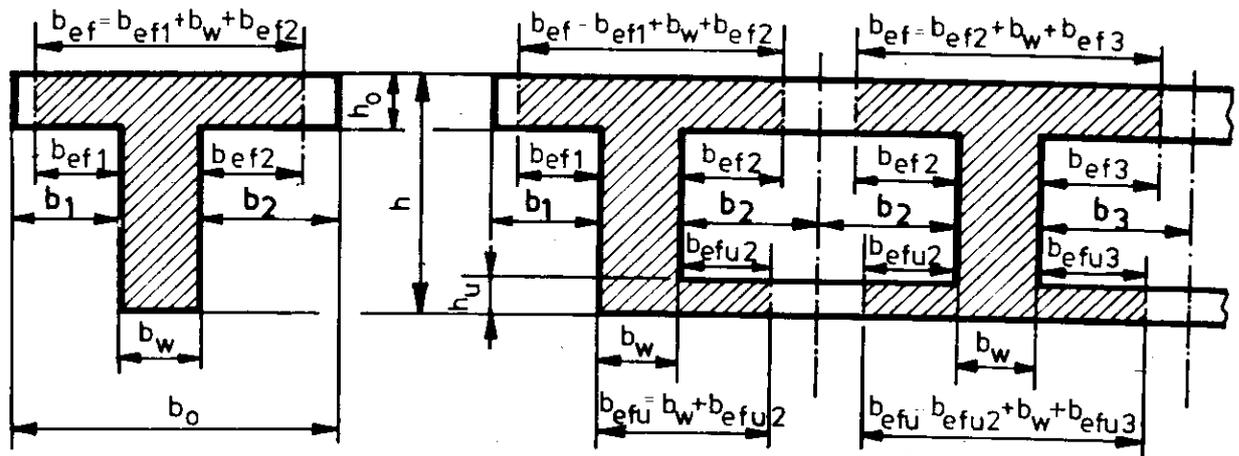


Bild 1 Mitwirkende Breite b_{eff}

Tabelle 1 $\alpha = b_{eff}/b_i$ (Momentenfläche: parabolisch)

$\frac{h_0}{h}, \frac{h_u}{h}$	α für $b_i/l_0 =$							
	1.0	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.025
0.10	0.20	0.40	0.49	0.62	0.78	0.94	1.00	1.00
0.15								
0.20	0.23	0.43	0.52	0.64				
0.30	0.33	0.56	0.63	0.72	0.83			

Tabelle 2 $\beta = b_{eff}/b_i$ (Momentenfläche: symmetrisches Dreieck)

$\frac{h_0}{h}, \frac{h_u}{h}$	β für $b_i/l_0 =$							
	1.0	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.025
0.10	0.12	0.23	0.30	0.38	0.50	0.74	0.97	1.00
0.15								
0.20	0.13	0.25						
0.30	0.22	0.36	0.40	0.47	0.57			

Tabelle 3 $\gamma = b_{eff}/b_i$ (Momentenfläche: Dreieck mit Größtwert am Auflager oder Rechteck; gültig auch für Längskräfte)

$\frac{h_0}{h}, \frac{h_u}{h}$	γ für $b_i/l_0 =$							
	1.0	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.025
0.10	0.26	0.55	0.67	0.83	0.95	1.00	1.00	1.00
0.15								
0.20	0.32	0.60	0.71	0.87				
0.30	0.51	0.78	0.87					

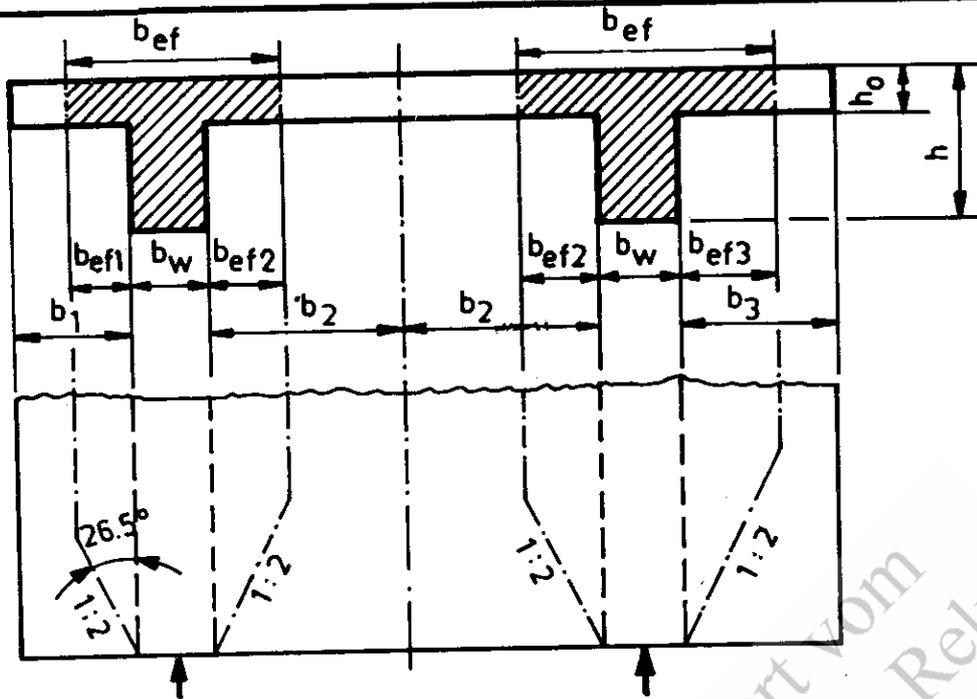


Bild 2 Verlauf von b_{eff} im Einleitungsbereich von Längskräften

Tabelle 4 Verlauf von b_{eff}/b_i in Stablängsrichtung bei vorwiegend gleichmäßig verteilten Lasten

Nr.	System	Verlauf von $\frac{b_{effi}}{b_i}$	a	c	Abstand der Momentennullpunkte l_0
1	Einfeld-träger		$= b_i$ jedoch $\leq 0.25l$	—	
2	Durchlaufträger	Endfeld	$= b_i$ jedoch $\leq 0.19l$	$= 0.1l$	
3		Innenfeld	—	$= 0.1l$	
4	Kragarm	gilt nur für den Belastungs- anteil des Kragarmes 	$= b_i$ jedoch $\leq 0.25l$	—	

Tabelle 5 Wirksame Biegesteifigkeit (B) bei Zwang

$\frac{N}{A_{b0} R_b^0}$	μ_s	B/B_I für R_s^n	
		$\leq 240 \text{ N/mm}^2$	300 bis 500 N/mm^2
< -0.2	nicht begrenzt	1.0	1.0
- 0.2 bis + 0.2	≤ 0.005	0.8	0.8
	> 0.005	0.8	0.5
$> +0.2$	nicht begrenzt	0.8	$0.15 + 5(\mu_s + \mu'_s)$

In Tabelle 5 bedeuten:

- N Normalkraft infolge Rechenlasten und Zwang für $B = B_I$
- A_{b0} Fläche des Betonquerschnitts, bei Plattenbalken unter Berücksichtigung von b_{ef}
- R_b^0 Grundwert der Rechenfestigkeit nach TGL 33403
- B_I Biegesteifigkeit im Zustand I nach Bild 3 für $\mu_s = 0$
- μ_s $A_s/b h_s$; $\mu'_s = A'_s/b h_s$; gilt auch für Plattenbalken mit b_w anstelle b

Werden Lastschnittgrößen durch Zwang vermindert, ist ein unterer Grenzwert der Steifigkeit im Zustand II zu berücksichtigen, z. B. B_{II} nach Bild 3.

Dieser Fall tritt jedoch selten auf, da in der Regel eine Beanspruchungskombination ohne entlastenden Zwang maßgebend ist.

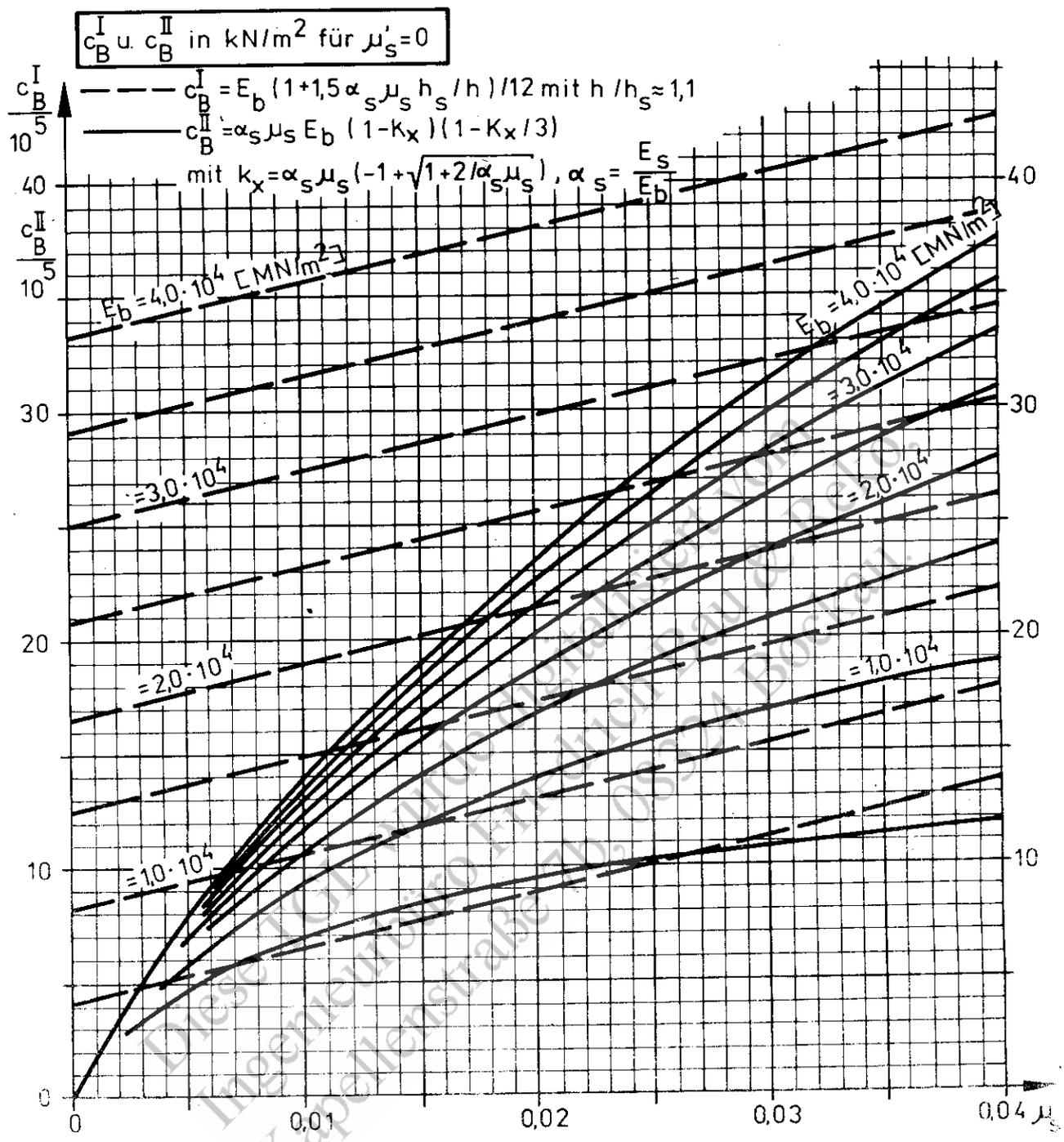
3.1.2. Biegesteifigkeit für die Verformungsberechnung

Die Grenzwerte der Biegesteifigkeit B_I , B_{II} ergeben sich nach Bild 3 und 4.

Die wirksame Biegesteifigkeit (B), die sich unter Berücksichtigung der Mitwirkung des Betons zwischen Rissen ergibt, ist nach Abschnitt 8.4. zu berechnen.

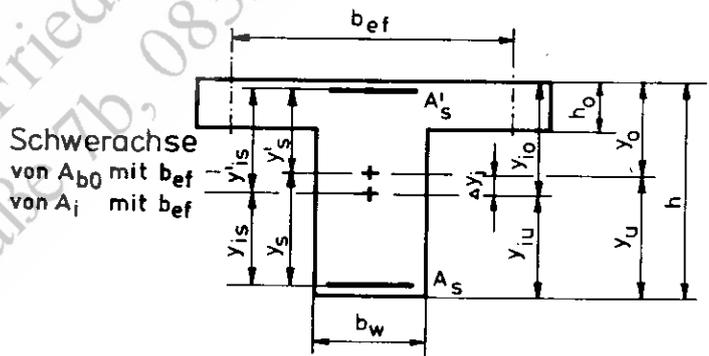
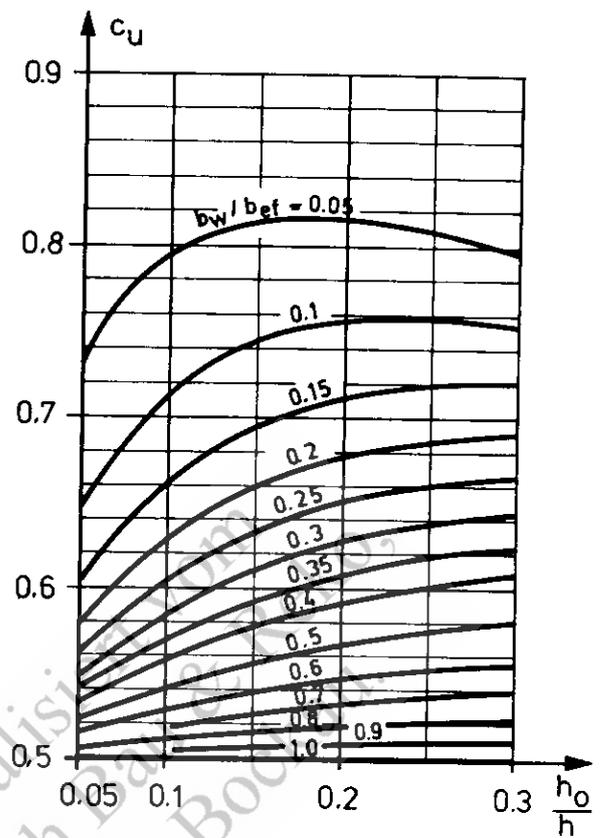
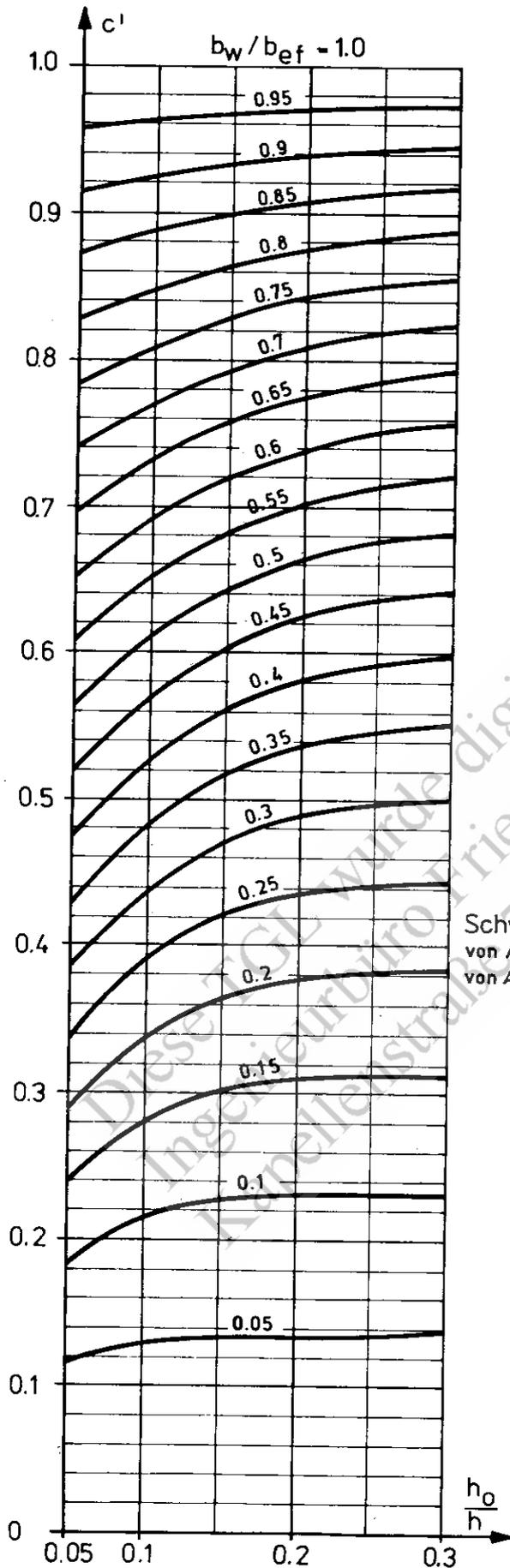
Bild 3 ist auch für kleinere E_b -Werte, z. B. für Gasbeton anwendbar. Dabei erfolgt die Ableseung für die 10fachen μ_s - und E_b -Werte, und die sich so ergebenden Werte c_B^I , c_B^{II} sind durch 10 zu teilen.

Vorgespannte Bewehrung (A_p) ist wie nicht vorgespannte Bewehrung (A_s) zu berücksichtigen.



Zustand	Grenzwerte der Biegesteifigkeit für	
	Rechteckquerschnitte	Plattenbalkenquerschnitte
I	$B_I = c_B^I b h^3$ mit $\mu_s = A_s / b h_s$	$B_I = c_B^I b_{ef} h_s^3$ mit $\mu_s = A_s / b_{ef} h_s$
II	$B_{II} = c_B^{II} b h_s^3$ mit $\mu_s = A_s / b h_s$	$B_{II} = c_B^{II} b_{ef} h_s^3$ mit $\mu_s = A_s / b_{ef} h_s$

Bild 3 Grenzwerte der Biegesteifigkeit B_I, B_{II}



Für den reinen Betonquerschnitt gilt:

$$c' = \frac{12 J_I}{b_{ef} h^3} \quad ; \quad J_I = c' \left(\frac{b_{ef} h^3}{12} \right)$$

$$y_u = c_u h \quad ; \quad y_o = (1 - c_u) h$$

Die Verschiebung Δy_i der Schwerachse des ideellen Querschnitts gegenüber der des reinen Betonquerschnittes ergibt sich unter Beachtung des Vorzeichens zu

$$\Delta y_i = \frac{[A_s y_s - A'_s y'_s] (\alpha_s - 1)}{b_{ef} h_o + b_w (h - h_o) + (\alpha_s - 1) (A_s + A'_s)}$$

$$y_{iu} = y_u - \Delta y_i \quad ; \quad y_{io} = h - y_{iu}$$

$$y_{is} = y_s - \Delta y_i \quad ; \quad y_{is}' = y'_s + \Delta y_i$$

Gilt für A_p, A'_p sinngemäß

Bild 4 c' , c_u und J_I für Plattenbalkenquerschnitte

3.2. Torsionssteifigkeit

Bei der Schnittgrößenermittlung für statisch unbestimmte Systeme gehen die Biege- und Torsionssteifigkeit in die Berechnung ein. Wird der Einfluß der Bewehrung nicht genauer erfaßt, darf vereinfachend angenommen werden:

bei überwiegendem Zustand I im Bereich der Stablänge

$$B = B_I \text{ und } D = D_I \approx 0,75 G_b J_t = 0,30 E_b J_t \quad (2)$$

bei Zustand II, wenn vorwiegend Biegerisse zu erwarten sind

$$B = B_{II} \approx 0,6 B_I \text{ und } D = D_{II} \approx 0,10 E_b J_t \quad (3)$$

bei Zustand II, wenn infolge hoher Querkraftbeanspruchung zusätzlich mit ausgeprägter Schrägrißbildung zu rechnen ist

$$B = B_{II} \approx 0,6 B_I \text{ und } D = D_{II} \approx 0,05 E_b J_t \quad (4)$$

Zustand I darf angenommen werden, wenn im betrachteten Grenzzustand infolge der Einwirkungen keine ausgeprägte Rißbildung zu erwarten ist oder wenn vorhandene Risse geschlossen sind, z. B. in der Regel bei vorgespannten Konstruktionen.

Die Näherungen für die Torsionssteifigkeit (D) dürfen für die Verformungsberechnung im Nutzungszustand verwendet werden. Dabei darf Zustand I auch dann angenommen werden, wenn bei überwiegender Torsionsbeanspruchung Zustand II zu erwarten und rechnerisch erforderliche Torsionsbewehrung vorhanden ist.

4. SCHNITTGRÖSSENBERECHNUNG FÜR STABTRAGWERKE

4.1. Momentenumlagerung, allgemeiner Fall

Der allgemeine Fall ist gekennzeichnet durch unterschiedliche Stützweiten sowie beliebige Lastanordnung und Lastgröße je Feld.

Tabelle 6 orientiert auf Ausnutzung der zulässigen Abminderung für Stützmomente als ein mögliches Teilziel der Umlagerung. Andere Lösungen im Rahmen der durch die Grundsätze fixierten Grenzen nach TGL 33404/01 sind zulässig.

Der Ort $x_j = \xi_j l_j'$ bzw. $x_j = \xi_j l_j$ des Momentenmaximums (Querkraftnullpunkt) eines Feldes ist für die Gleichgewichtskontrolle mit den Stützmomenten nach Tabelle 6, Nr. 3 zu berechnen. Es gilt $\xi_j' = 1 - \xi_j$.

Bei Feldern mit gleichmäßig verteilter Last ergibt sich

$$\xi_j = 0,5 + \left(\frac{M_S^r - M_S^l}{f l_j^2} \right)$$

wobei M_S^r bzw. M_S^l das zum betrachteten Feld gehörige rechte bzw. linke Stützmoment nach Tabelle 6, Nr. 3 unter Beachtung des Vorzeichens ist.

In Abhängigkeit von der Berechnungsweise für die Momente der Tabelle 6, Nr. 1 sind zweckmäßig zwei Verfahren für die Berechnung der Umlagerungen zu unterscheiden.

Erfolgt die Berechnung nach Tabelle 6, Nr. 1 mit der rechnerischen Stützweite $l' < l$, dann entfallen Nr. 9 und 10 der Tabelle 6 (Regelfall).

Erfolgt die Berechnung nach Tabelle 6, Nr. 1 ausnahmsweise abweichend von TGL 33404/01 mit der rechnerischen Stützweite $l' = l$ (z. B. zwecks rationeller Überarbeitung vorhandener Projekte), dann sind die Feldmomente mit dem zugeordneten k_j -Wert und Stützmomente mit dem jeweils größeren k_j -Wert der anliegenden Felder abzumindern.

Für das betrachtete Feld gilt

$$\beta_j = 1,0 \text{ bei Einzellast in Feldmitte,}$$

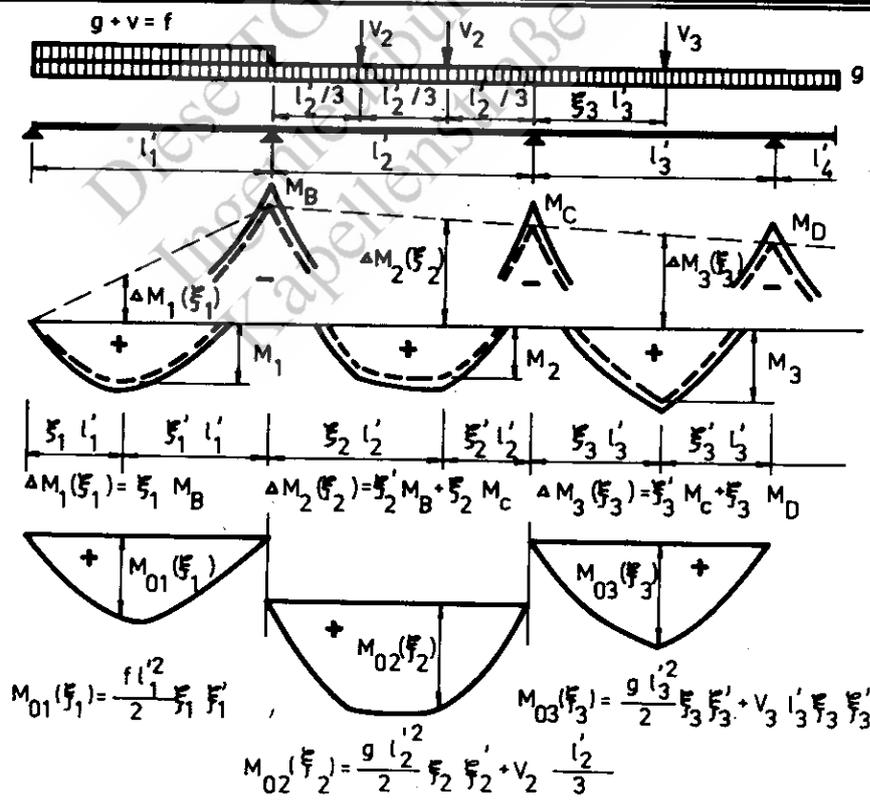
$$\beta_j = 2,0 \text{ bei gleichmäßig verteilter Last,}$$

$$1,0 < \beta_j < 2,0 \text{ in allen anderen Fällen, z. B. bei Mischbelastung.}$$

Eine grobe Abschätzung für β_j ist ausreichend, $\beta_j = 1,0$ auf der sicheren Seite. Bei unterschiedlichen k_j -Werten in Tabelle 6, Nr. 9 und angestrebter Vereinheitlichung der Momente darf vereinfachend der größte k_j -Wert für alle Momente verwendet werden.

Tabelle 6 Berechnungsablauf für Momentenumlagerung (Formblatt)

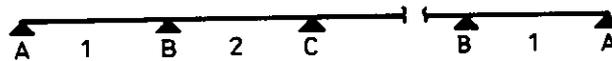
Nr.	Berechnungsablauf	Momente und Werte ξ_j, ξ'_j						
		M_1	M_B	M_2	M_C	M_3	M_D	M_4
1	Werte der Momente nach der Elastizitätstheorie (aus Momentengrenzlinie)							
2	Grenzwerte bei maximaler Umlagerung (bei 20% Umlagerung z.B. $0,8 \times$ (1))							
2'	falls angestrebt, Vereinheitlichung von Stützmomenten ($ 2' \geq 2 $)	X	X	X	X	X	X	X
3	Gleichgewichtskontrolle	Maßgebende Stützmomente (2) oder (2')						
4		bezogener Abstand des Momentenmaximums $\frac{\xi_j}{l_j}$						
5		$\Delta M_j(\xi_j)$, berechnet mit Stützmomenten (3), siehe unten						
6		$M_{0j}(\xi_j)$, siehe unten						
7		erforderliches Feldmoment für Gleichgewicht: (5) + (6)						
8	Zusammenstellung maßgebender Momente: Stützmomente nach (3), Feldmomente nach (2) od. (7) (GrößtWert)							
8'	falls angestrebt, Vereinheitlichung von Feldmomenten ($ 8' \geq 8 $)							
Zulässige Abminderung bei Berechnung der Momente mit $\eta = 1$ (Hinweise zur Tabelle beachten)								
9	Abminderungsfaktor $k_j = (l_j' / l_j)^{\beta_j}$		X		X		X	
10	Maßgebende Momente (8) x (9) oder (8') x (9)							



(1), (2) ... Symbol für Zahlenwerte in den Nr. 1, 2, ...
 Lasten und System
 — Momente nach Elastizitätstheorie (M_{el})
 - - - Momente nach Umlagerung (M_{pl})
 $M_{pl} > < M_{el}$ möglich
 ξ_j, ξ'_j sh. Hinweise z. Tabelle
 $\Delta M_j(\xi_j)$ für Nr 5 mit Stützmomenten (3)
 $M_{0j}(\xi_j)$ für Nr 6

Tabelle 7 Momente von Durchlaufträgern über beliebig viele Felder mit gleicher Stützweite n. d. Elastizitätstheorie, $EJ = \text{konst.}$ für alle Felder

Bezeichnungen:

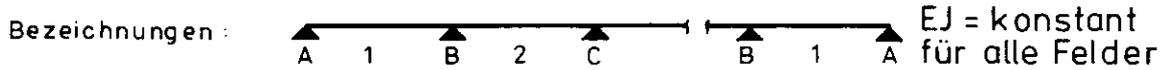


Näherung: M_1 und M_B entsprechen dem Endfeld des Trägers über 4 Felder
 M_2 und M_C entsprechen dem Träger über unendlich viele Felder

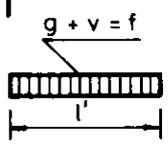
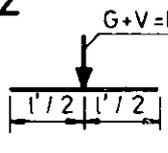
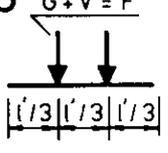
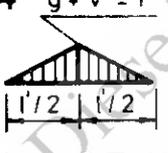
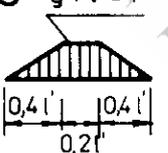
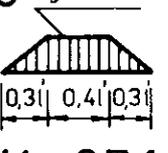
Lastanordnung	Momente	g/f oder G/F ; für min. M_2 g/f' oder G/F' *2)										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1 	$+M_1/f l'^2$	0,100	0,098	0,095	0,093	0,091	0,089	0,086	0,084	0,082	0,079	0,077
	*1) $-M_B/f l'^2$	0,121	0,120	0,118	0,117	0,115	0,114	0,113	0,111	0,110	0,108	0,107
	$+M_2/f l'^2$	0,083	0,079	0,075	0,071	0,067	0,063	0,058	0,054	0,050	0,046	0,042
	$-M_C/f l'^2$	0,114	0,111	0,108	0,105	0,102	0,099	0,095	0,092	0,089	0,086	0,083
	$-\text{min. } M_2/f l'^2$	0,042	0,034	0,025	0,017	0,008	0	-0,008	-	-	-	-0,042
2 	$+M_1/F l'$	0,210	0,206	0,202	0,198	0,194	0,190	0,186	0,182	0,178	0,174	0,170
	*1) $-M_B/F l'$	0,181	0,179	0,177	0,175	0,173	0,171	0,169	0,167	0,165	0,163	0,161
	$+M_2/F l'$	0,188	0,181	0,175	0,169	0,163	0,156	0,150	0,144	0,138	0,131	0,125
	$-M_C/F l'$	0,171	0,166	0,162	0,157	0,153	0,148	0,143	0,139	0,134	0,130	0,125
	$-\text{min. } M_2/F l'$	0,063	0,044	0,025	0,007	-0,012	-	-	-	-	-	-0,125
3 	$+M_1/F l'$	0,286	0,281	0,276	0,272	0,267	0,262	0,257	0,252	0,248	0,243	0,238
	*1) $-M_B/F l'$	0,321	0,318	0,314	0,311	0,308	0,304	0,300	0,297	0,293	0,290	0,286
	$+M_2/F l'$	0,222	0,211	0,200	0,189	0,178	0,167	0,155	0,144	0,133	0,122	0,111
	$-M_C/F l'$	0,304	0,296	0,288	0,280	0,271	0,263	0,255	0,247	0,238	0,230	0,222
	$-\text{min. } M_2/F l'$	0,111	0,089	0,067	0,044	0,022	0	-0,022	-	-	-	-0,111
4 	$+M_1/K l'$	0,134	0,131	0,128	0,125	0,122	0,119	0,116	0,113	0,110	0,107	0,104
	*1) $-M_B/K l'$	0,151	0,149	0,148	0,146	0,144	0,143	0,141	0,139	0,137	0,136	0,134
	$+M_2/K l'$	0,114	0,109	0,104	0,098	0,093	0,088	0,083	0,078	0,072	0,067	0,062
	$-M_C/K l'$	0,142	0,138	0,134	0,131	0,127	0,123	0,119	0,115	0,112	0,108	0,104
	$-\text{min. } M_2/K l'$	0,052	0,041	0,029	0,018	0,006	-0,005	-	-	-	-	-0,062
5 	$+M_1/K l'$	0,132	0,129	0,126	0,123	0,120	0,118	0,115	0,112	0,109	0,106	0,103
	*1) $-M_B/K l'$	0,150	0,148	0,147	0,145	0,143	0,142	0,140	0,138	0,136	0,135	0,133
	$+M_2/K l'$	0,112	0,107	0,102	0,096	0,091	0,086	0,081	0,075	0,070	0,065	0,060
	$-M_C/K l'$	0,141	0,137	0,133	0,130	0,126	0,122	0,118	0,114	0,111	0,107	0,103
	$-\text{min. } M_2/K l'$	0,052	0,041	0,030	0,018	0,007	-0,004	-	-	-	-	-0,060
6 	$+M_1/K l'$	0,126	0,123	0,120	0,118	0,115	0,112	0,109	0,106	0,104	0,101	0,098
	*1) $-M_B/K l'$	0,146	0,144	0,143	0,141	0,140	0,138	0,136	0,135	0,133	0,132	0,130
	$+M_2/K l'$	0,107	0,102	0,097	0,092	0,087	0,082	0,077	0,072	0,067	0,062	0,057
	$-M_C/K l'$	0,137	0,133	0,130	0,126	0,123	0,119	0,115	0,112	0,108	0,105	0,101
	$-\text{min. } M_2/K l'$	0,051	0,040	0,029	0,019	0,008	-0,003	-	-	-	-	-0,057

* 1) Für Zweifeldträger ergeben sich die Zahlenwerte für M_B unabhängig von $\frac{g}{f}$ oder $\frac{G}{F}$ in der Reihenfolge der Lastanordnung 1 bis 6 zu 0,125 ; 0,188 ; 0,333 ; 0,156 ; 0,155 ; 0,151
 * 2) Spalte gilt auch bei Annahme gleichzeitiger Vollbelastung aller Felder

Tabelle 8 Momente von Durchlaufträgern über beliebig viele Felder m. gleicher Stützweite und Berücksichtigung von Umlagerungen b. 20 %



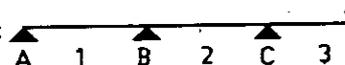
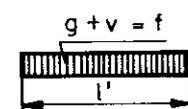
Näherung M_1 und M_B entsprechen dem Endfeld des Trägers über 4 Felder
 M_2 und M_C entsprechen dem Träger über unendlich viele Felder

Lastanordnung	Momente	g/f oder G/F ; für min. M_2 g/f' oder G/F' *2										
		0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
1 	$+ M_1 / f l'^2$	0,081	0,082	0,082	0,083	0,083	0,084	0,084	0,084	0,085	0,085	0,086
	*3) $- M_B / f l'^2$	0,097	0,096	0,095	0,093	0,092	0,091	0,090	0,089	0,088	0,087	0,086
	$+ M_2 / f l'^2$	0,067	0,064	0,060	0,057	0,054	0,050	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047
	$- M_C / f l'^2$	0,091	0,089	0,086	0,084	0,081	0,079	0,078	0,078	0,078	0,078	0,078
	min. $M_2 / f l'^2$	0,042	0,034	0,025	0,017	0,008	0	-0,008	-	-	-	-0,042
2 	$+ M_1 / F l'$	0,178	0,178	0,179	0,180	0,181	0,182	0,182	0,183	0,184	0,185	0,186
	*3) $- M_B / F l'$	0,145	0,143	0,142	0,140	0,139	0,137	0,135	0,134	0,132	0,131	0,129
	$+ M_2 / F l'$	0,150	0,145	0,140	0,135	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130	0,130
	$- M_C / F l'$	0,137	0,133	0,130	0,126	0,122	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120	0,120
	min. $M_2 / F l'$	0,063	0,044	0,025	0,007	-0,012	-	-	-	-	-	-0,125
3 	$+ M_1 / F l'$	0,248	0,249	0,250	0,250	0,251	0,252	0,253	0,254	0,255	0,256	0,257
	*3) $- M_B / F l'$	0,257	0,254	0,251	0,249	0,246	0,243	0,240	0,237	0,235	0,232	0,229
	$+ M_2 / F l'$	0,178	0,169	0,160	0,151	0,142	0,133	0,127	0,127	0,127	0,127	0,127
	$- M_C / F l'$	0,243	0,237	0,230	0,224	0,217	0,211	0,206	0,206	0,206	0,206	0,206
	min. $M_2 / F l'$	0,111	0,089	0,067	0,044	0,022	0	-0,022	-	-	-	-0,111
4  $K = 0,5 f l'$	$+ M_1 / K l'$	0,110	0,110	0,111	0,112	0,112	0,113	0,114	0,114	0,115	0,115	0,116
	*3) $- M_B / K l'$	0,121	0,120	0,118	0,117	0,116	0,114	0,113	0,111	0,110	0,109	0,107
	$+ M_2 / K l'$	0,091	0,087	0,083	0,078	0,074	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070
	$- M_C / K l'$	0,114	0,111	0,108	0,105	0,101	0,098	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097
	min. $M_2 / K l'$	0,052	0,041	0,029	0,018	0,006	-0,005	-	-	-	-	-0,062
5  $K = 0,6 f l'$	$+ M_1 / K l'$	0,108	0,109	0,109	0,110	0,110	0,111	0,112	0,112	0,113	0,113	0,114
	*3) $- M_B / K l'$	0,120	0,119	0,117	0,116	0,115	0,113	0,112	0,111	0,109	0,108	0,106
	$+ M_2 / K l'$	0,090	0,085	0,081	0,077	0,073	0,069	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
	$- M_C / K l'$	0,113	0,110	0,107	0,104	0,101	0,098	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097
	min. $M_2 / K l'$	0,052	0,041	0,030	0,018	0,007	-0,004	-	-	-	-	-0,060
6  $K = 0,7 f l'$	$+ M_1 / K l'$	0,103	0,104	0,105	0,105	0,106	0,106	0,107	0,107	0,108	0,109	0,109
	*3) $- M_B / K l'$	0,117	0,116	0,114	0,113	0,112	0,111	0,109	0,108	0,107	0,105	0,104
	$+ M_2 / K l'$	0,086	0,082	0,078	0,074	0,070	0,066	0,064	0,064	0,064	0,064	0,064
	$- M_C / K l'$	0,110	0,107	0,104	0,101	0,098	0,095	0,093	0,093	0,093	0,093	0,093
	min. $M_2 / K l'$	0,051	0,040	0,029	0,019	0,008	-0,003	-	-	-	-	-0,057

*3) Für Zweifeldträger ergeben sich die Zahlenwerte für M_B unabhängig von $\frac{g}{f}$ oder $\frac{G}{F}$ in der Reihenfolge der Lastanordnung 1 bis 6 zu 0,1 ; M_B 0,15 ; 0,266 ; 0,125^f ; 0,124^F ; 0,121

*2) siehe Seite 10

Tabelle 9 Momente von Durchlaufträgern über 2, 3 und 4 Felder mit gleicher Stützweite nach der Elastizitätstheorie; $EJ = \text{konstant}$ für alle Felder

Bezeichnungen:  Lastanordnung: 

Träger über	Momente	g/f , für min. M_2 g/f' *2)										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
2 Felder $M_2 = M_1$	$+M_1/fl'^2$	0.096	0.093	0.091	0.088	0.086	0.083	0.080	0.078	0.075	0.073	0.070
	$-M_B/fl'^2$	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125	0.125
3 Felder $M_3 = M_1$ $M_C = M_B$	$+M_1/fl'^2$	0.101	0.099	0.097	0.095	0.093	0.091	0.088	0.086	0.084	0.082	0.080
	$-M_B/fl'^2$	0.117	0.115	0.114	0.112	0.110	0.109	0.107	0.105	0.103	0.102	0.100
	$+M_2/fl'^2$	0.075	0.070	0.065	0.060	0.055	0.050	0.045	*4)	*4)	*4)	*4)
	$-\text{min.}M_2/fl'^2$	0.050	0.043	0.035	0.028	0.020	0.013	0.005	-0.003	-	-	-0.025
4 Felder $M_4 = M_1$ $M_D = M_B$ $M_3 = M_2$	$+M_1/fl'^2$	0.100	0.098	0.095	0.093	0.091	0.089	0.086	0.084	0.082	0.079	0.077
	$-M_B/fl'^2$	0.121	0.120	0.118	0.117	0.115	0.114	0.113	0.111	0.110	0.108	0.107
	$+M_2/fl'^2$	0.080	0.076	0.071	0.067	0.062	0.058	0.054	0.049	0.045	*4)	*4)
	$-M_C/fl'^2$	0.107	0.103	0.100	0.096	0.093	0.089	0.085	0.082	0.078	0.075	0.071
	$-\text{min.}M_2/fl'^2$	0.045	0.037	0.029	0.021	0.013	0.005	-0.004	-	-	-	-0.036

Tabelle 10 Momente von Durchlaufträgern über 2, 3 und 4 Felder mit gleicher Stützweite unter Berücksichtigung von Umlagerungen bis zu 20 %; $EJ = \text{konstant}$ für alle Felder

Bezeichnungen:  Lastanordnung: 

Träger über	Momente	g/f , für min. M_2 g/f' *2)										
		0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
2 Felder $M_2 = M_1$	$+M_1/fl'^2$	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080	0.080
	$-M_B/fl'^2$	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
3 Felder $M_3 = M_1$ $M_C = M_B$	$+M_1/fl'^2$	0.082	0.083	0.084	0.084	0.085	0.085	0.086	0.087	0.087	0.087	0.087
	$-M_B/fl'^2$	0.094	0.092	0.091	0.090	0.088	0.087	0.085	0.084	0.083	0.083	0.083
	$+M_2/fl'^2$	0.060	0.056	0.052	0.048	0.044	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
	$-\text{min.}M_2/fl'^2$	0.050	0.043	0.035	0.028	0.020	0.013	0.005	-0.003	-	-	-0.025
4 Felder $M_4 = M_1$ $M_D = M_B$ $M_3 = M_2$	$+M_1/fl'^2$	0.081	0.082	0.082	0.083	0.083	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084
	$-M_B/fl'^2$	0.097	0.096	0.095	0.093	0.092	0.091	0.090	0.090	0.090	0.090	0.090
	$+M_2/fl'^2$	0.064	0.061	0.057	0.054	0.050	0.047	0.045	0.045	0.045	0.045	0.045
	$-M_C/fl'^2$	0.086	0.083	0.080	0.077	0.074	0.071	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070
	$-\text{min.}M_2/fl'^2$	0.045	0.037	0.029	0.021	0.013	0.005	-0.004	-	-	-	-0.036

* 2) siehe Seite 10

* 4) für $l_0/l > 0.1$ ist 0.042 anzunehmen

4.2. Momentenwerte für Durchlaufträger

Biegemomente nach der Elastizitätstheorie sind in den Tabellen 7 und 9 angegeben. Die Tabellen 8 und 10 berücksichtigen Momentenumlagerungen bis zu 20 % bei gleichzeitiger Einhaltung der Gleichgewichtsbedingungen. Allen Momentenwerten liegt feldweise Vollbelastung einzelner Felder in ungünstigster Anordnung zum untersuchten Schnitt zugrunde. Als Lasten sind die Rechenlasten des jeweils betrachteten Grenzzustandes einzuführen, als rechnerische Stützweite $l' = l$ oder $l' < l$.

Für die negativen Feldmomente min. M_2 gilt bei biegesteifer Verbindung zwischen Träger und Unterstützung $f' = g + (2/3) v$, bei Auflagerung auf Mörtelfuge $f' = f$.

Die Zahlenwerte für min. M_2 sind nur bis zum Übergang in positive Momente angegeben sowie zusätzlich für $g/f' = 1,0$, da dieser Wert bei unterschiedlichen Stützweiten benötigt wird.

Für Lastanordnung 2 nach Tabelle 7 oder 8 erhält man dann z. B.

$$\text{min. } M_2 = +0,125 G l' - 0,063 \left(\frac{2}{3}\right) v l'$$

Ist die Stützweite eines anliegenden Feldes größer als die des betrachteten Feldes, ist beim Verkehrslastanteil diese größere Stützweite einzusetzen. Zugleich ist beim Eigenlastanteil die Verminderung des Momentes gegenüber dem Tabellenwert zu berücksichtigen (Näherung über Stützmomente aus Eigenlast möglich).

Bei gleichen Stützweiten entnimmt man zweckmäßig den Zahlenwert für das entsprechende Verhältnis G/F' , z. B. für $G/F' = 0,2$

$$\text{min. } M_2 = -0,025 F' l'$$

Bei Trapezlasten ergibt sich K oder K' mit dem entsprechenden f oder f' , siehe Tabelle 7 und 8.

4.3. Näherungswerte für Stützkkräfte von Durchlaufträgern

Sind die Bedingungen für eine vereinfachte Stützkraftermittlung nach TGL 33404/01 erfüllt, darf bei Lastanordnungen nach den Tabellen 7 bis 10 die Stützkraft vereinfachend nach Tabelle 11 angenommen werden. Der Index "0" kennzeichnet dabei die Stützkraft bei Vernachlässigung der Durchlaufwirkung.

Tabelle 11 Stützkkräfte für linke Trägerhälfte

Träger über			
	A	Stützkraft B	C
2 Felder	A_0	$1.25 B_0$	—
3 Felder	A_0	$1.10 B_0$	—
4 und mehr Felder	A_0	$1.15 B_0$	C_0

4.4. Momentenkorrektur bei Einspannung von Rahmenriegeln in Randstützen

Erfolgt die Berechnung des Rahmenriegels nach Bild 5 zunächst bei Annahme frei drehbarer Lagerung, sind die maßgebenden Momente an den Knoten A, D und C vereinfachend nach den Gleichungen (5) bis (9) zu ermitteln.

Das Volleinspannmoment \bar{M}_{AB} ist entsprechend der gewählten Berechnungsweise mit der rechnerischen Stützweite $l' < l$ oder $l' = l$ zu ermitteln.

Das Feldmoment des Riegelendfeldes, berechnet bei Annahme gelenkiger Auflagerung, darf um den Betrag ΔM nach Bild 5 vermindert werden, wobei a der Abstand des Momentenmaximums vom Knoten A ist.

Knotenrandmomente dürfen für die weitere Berechnung nur verwendet werden, wenn der Verdrehungseinfluß des Knotens A bei Annahme endlicher Knotenabmessungen berücksichtigt wird.

Tabelle 12 Verhältnis der Feldmomente

l'_y/l'_x	m_{Fy}/m_{Fx}	l'_y/l'_x	m_{Fy}/m_{Fx}	l'_y/l'_x	m_{Fy}/m_{Fx}
1,0	1,0 bis 0,8	1,4	0,6 bis 0,4	1,8	0,4 bis 0,2
1,1	0,9 bis 0,7	1,5	0,55 bis 0,35	1,9	0,35 bis 0,2
1,2	0,8 bis 0,6	1,6	0,5 bis 0,3	2,0	0,30 bis 0,15
1,3	0,7 bis 0,5	1,7	0,45 bis 0,25		

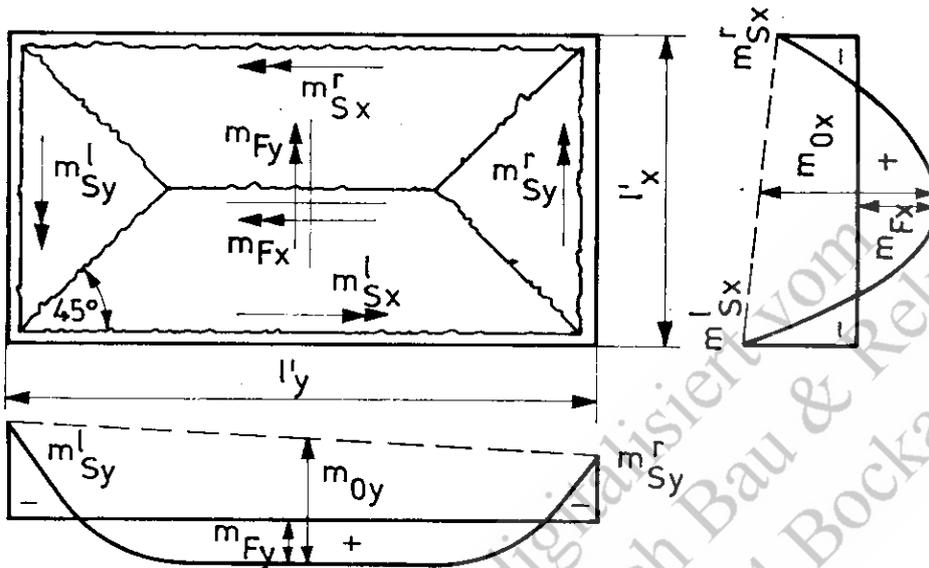


Bild 6 Momente nach der Fließgelenklinienmethode

Die kinematische Arbeitsgleichung nach der Fließgelenklinienmethode für vierseitig gelagerte Rechteckplatten mit gleichmäßig verteilter Last lautet mit den Bezeichnungen nach Bild 6:

$$\frac{1}{24} f l_x'^2 (3 l_y' - l_x') = m_{0x} (l_y' - 0,2 l_x') + m_{0y} 0,8 l_x' \quad (10)$$

mit

$$m_{0x} = - \frac{m_{Sx}^l + m_{Sx}^r}{2} + m_{Fx} \cdot m_{Fx} \left[1 - 0,5 \left(\frac{m_{Sx}^l}{m_{Fx}} + \frac{m_{Sx}^r}{m_{Fx}} \right) \right] \quad (11)$$

und

$$m_{0y} = - \frac{m_{Sy}^l + m_{Sy}^r}{2} + m_{Fy} \cdot m_{Fy} \left(\frac{m_{Fy}}{m_{Fx}} \right) \left[1 - 0,5 \left(\frac{m_{Sy}^l}{m_{Fy}} + \frac{m_{Sy}^r}{m_{Fy}} \right) \right] \quad (12)$$

Die Momente m_F und m_S sind unter Beachtung ihres Vorzeichens einzusetzen.

In den Arbeitsgleichungen ist zwecks Anpassung an den elastizitätstheoretischen Momentenverlauf eine auf die Hälfte verminderte Bewehrung in den Randstreifen der Breite $l_x'/5$ berücksichtigt.

Aus Gleichung (10) ist ersichtlich, daß Momentenveränderungen für beide Tragrichtungen unabhängig voneinander vorgenommen werden können. Dieser Sachverhalt darf auch bei Anwendung der Trägerrostanalogie genutzt werden, wenn die Momentenverhältnisse nach Tabelle 12 eingehalten sind.

5.2.2. Momentenwerte allseitig gelagerter Rechteckplatten

Die Tabellen 13 und 14 enthalten die Momentenbeiwerte k_F , k_S , wobei der Kopfindex die Lagerungsart kennzeichnet.

Sie gelten unter der Bedingung, daß die freien Ecken der Lagerungsarten 1, 2a, 2b und 4 gegen Abheben gesichert sind.

Mit den Bezeichnungen nach Bild 6 ergibt sich:

$$m_{F_x} = k_{F_x} f l_x^2, m_{F_y} = k_{F_y} f l_x^2, m_{S_x} = k_{S_x} f l_x^2, m_{S_y} = k_{S_y} f l_x^2 \quad (13)$$

Eine Sicherung freier Ecken gegen Abheben ist gegeben, wenn in diesen Eckbereichen eine der theoretischen Eckkraft entsprechende ständige Auflast und/oder Verankerungskraft wirkt. Vereinfachend darf für die Größe der Eckkraft angenommen werden:

$$F_E = \frac{1}{16} f l_x l_y \quad (14)$$

Sollen Platten nach der Elastizitätstheorie berechnet und ohne Drillbewehrung ausgeführt werden oder sind die freien Ecken solcher Platten nicht gegen Abheben gesichert, sind für die Feldmomente die entsprechenden größeren Werte k_{F_x} und k_{F_y} nach Tabelle 14 zu verwenden. Die Werte nach Tabelle 14 stellen eine der möglichen Lösungen nach Gleichung (10) dar.

5.2.3. Momente von Durchlaufplatten mit annähernd gleichen Stützweiten

Bei Durchlaufplatten mit annähernd gleichen Stützweiten in beiden Richtungen dürfen Biegemomente an stellvertretenden Einzelplatten, z. B. nach den Tabellen 13 oder 14, berechnet werden.

Bei biegesteifer Verbindung der Durchlaufplatte mit Innenstützen gilt:

Die größten Feldmomente sind durch Superposition der Momentenanteile infolge der Belastung $f' = g + v/2$ und $f'' = +v/2$ zu ermitteln.

Für die kleinsten Feldmomente darf $f' = g + v/4$ und $f'' = -v/4$ angenommen werden.

Die Anteile infolge f' sind für jede Einzelplatte unter Berücksichtigung voller Einspannung an den Innenstützen und die Anteile infolge f'' bei Annahme frei drehbarer Lagerung längs aller Ränder zu berechnen.

Diese Festlegungen entsprechen der "Schachbrettanalogie".

Die Stützmomente sind für $f' = g + v$ bei Annahme voller Einspannung an den Innenstützen zu ermitteln.

Für eine stellvertretende Einzelplatte erhält man mit den Bezeichnungen nach Bild 6 und den Momentenbeiträgen der Tabellen 13 oder 14 unter diesen Bedingungen

in der Haupttragrichtung

$$\max. m_{F_x} = \left[k_{F_x}^n f + \frac{1}{2} (k_{F_x}^1 - k_{F_x}^n) v \right] l_x^2 \quad (15)$$

$$\min. m_{F_x} = \left[k_{F_x}^n f - \left(\frac{1}{4} k_{F_x}^1 + \frac{3}{4} k_{F_x}^n \right) v \right] l_x^2 \quad (16)$$

$$m_{S_x} = k_{S_x}^n f l_x^2 \quad (17)$$

in der Nebentragrichtung

$$\max. m_{F_y} = \left[k_{F_y}^n f + \frac{1}{2} (k_{F_y}^1 - k_{F_y}^n) v \right] l_x^2 \quad (18)$$

$$\min. m_{F_y} = \left[k_{F_y}^n f - \left(\frac{1}{4} k_{F_y}^1 + \frac{3}{4} k_{F_y}^n \right) v \right] l_x^2 \quad (19)$$

$$m_{S_y} = k_{S_y} f l_x^2 \quad (20)$$

Der Index n bezeichnet die entsprechende Lagerungsart nach den Tabellen 13 und 14. Die Werte $k_{F_x}^1$, $k_{F_y}^1$ dürfen dabei stets Tabelle 13 entnommen werden, auch wenn keine Drillbewehrung vorgesehen ist. Bei Auflagerung auf Mauerwerk gilt für die kleinsten Feldmomente $f' = g + v/2$ und $f'' = -v/2$. In den Gleichungen (16) und (19) ist dabei anstelle der Faktoren $1/4$ und $3/4$ der Wert $1/2$ einzusetzen. Bei Durchlaufplatten mit gleichen Stützweiten ergeben sich mit Tabelle 14 für benachbarte Platten unterschiedlicher Lagerungsart annähernd gleiche Stützmomente.

Als maßgebendes Stützmoment darf bei Berechnung nach der Elastizitätstheorie für eine betrachtete Unterstützung der Mittelwert der Stützmomente der anliegenden Plattenränder angenommen werden. Bei Berechnung nach der Plastizitätstheorie ist das jeweils größere Stützmoment maßgebend, wenn keine genauere Untersuchung erfolgt.

Tabelle 14 Momentenbeiträge für gleichmäßig verteilte Lasten; Fließgelenklinnenmethode, ohne Drillbewehrung

l_y/l_x	1			2a			2b			3a			3b		
	$\frac{x}{l_x}$			$\frac{x}{l_x}$			$\frac{x}{l_x}$			$\frac{x}{l_x}$			$\frac{x}{l_x}$		
	1	2	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3
1.0	0.0521	0.0406	0.0521	0.0406	0.0406	0.0459	0.0406	0.0406	0.0459	0.0296	0.0296	0.0296	0.0296	0.0296	0.0451
1.1	0.0607	0.0459	0.0390	0.0519	0.0489	0.0415	0.0466	0.0466	0.0320	0.0272	0.0369	0.0369	0.0369	0.0314	0.0469
1.2	0.0677	0.0500	0.0375	0.0568	0.0561	0.0420	0.0466	0.0466	0.0338	0.0253	0.0438	0.0438	0.0438	0.0328	0.0479
1.3	0.0746	0.0485	0.0349	0.0613	0.0632	0.0411	0.0460	0.0460	0.0352	0.0229	0.0512	0.0512	0.0512	0.0333	0.0473
1.4	0.0813	0.0447	0.0315	0.0655	0.0708	0.0389	0.0433	0.0433	0.0364	0.0200	0.0593	0.0593	0.0593	0.0326	0.0452
1.5	0.0879	0.0395	0.0273	0.0694	0.0784	0.0353	0.0393	0.0393	0.0373	0.0168	0.0679	0.0679	0.0679	0.0306	0.0414
1.6	0.0920	0.0368	0.0251	0.0719	0.0834	0.0334	0.0371	0.0371	0.0378	0.0151	0.0738	0.0738	0.0738	0.0295	0.0392
1.7	0.0960	0.0336	0.0226	0.0743	0.0883	0.0309	0.0342	0.0342	0.0382	0.0134	0.0796	0.0796	0.0796	0.0279	0.0363
1.8	0.0997	0.0299	0.0199	0.0763	0.0929	0.0279	0.0309	0.0309	0.0384	0.0115	0.0854	0.0854	0.0854	0.0256	0.0327
1.9	0.1031	0.0258	0.0170	0.0783	0.0974	0.0243	0.0270	0.0270	0.0385	0.0096	0.0911	0.0911	0.0911	0.0228	0.0284
2.0	0.1063	0.0213	0.0139	0.0801	0.1017	0.0203	0.0224	0.0224	0.0385	0.0077	0.0965	0.0965	0.0965	0.0193	0.0237

l_y/l_x	4			5a			5b			6		
	$\frac{x}{l_x}$			$\frac{x}{l_x}$			$\frac{x}{l_x}$			$\frac{x}{l_x}$		
	4	4	4	5	5	5	5	5	5	6	6	6
1.0	0.0330	0.0382	0.0382	0.0250	0.0250	0.0362	0.0250	0.0250	0.0362	0.0177	0.0177	0.0344
1.1	0.0384	0.0446	0.0378	0.0278	0.0235	0.0419	0.0301	0.0256	0.0427	0.0176	0.0176	0.0400
1.2	0.0429	0.0496	0.0373	0.0297	0.0222	0.0468	0.0346	0.0260	0.0481	0.0172	0.0172	0.0447
1.3	0.0472	0.0547	0.0355	0.0314	0.0204	0.0514	0.0393	0.0255	0.0534	0.0164	0.0164	0.0493
1.4	0.0515	0.0596	0.0328	0.0329	0.0181	0.0559	0.0442	0.0243	0.0585	0.0152	0.0152	0.0537
1.5	0.0556	0.0645	0.0289	0.0342	0.0154	0.0602	0.0491	0.0221	0.0637	0.0134	0.0134	0.0580
1.6	0.0583	0.0675	0.0270	0.0346	0.0139	0.0633	0.0525	0.0210	0.0667	0.0125	0.0125	0.0607
1.7	0.0608	0.0704	0.0246	0.0351	0.0123	0.0661	0.0558	0.0195	0.0694	0.0114	0.0114	0.0634
1.8	0.0631	0.0730	0.0220	0.0352	0.0106	0.0689	0.0590	0.0177	0.0718	0.0102	0.0102	0.0658
1.9	0.0653	0.0756	0.0189	0.0354	0.0089	0.0714	0.0622	0.0156	0.0739	0.0088	0.0088	0.0670
2.0	0.0673	0.0780	0.0156	0.0355	0.0071	0.0738	0.0652	0.0130	0.0759	0.0072	0.0072	0.0692

5.3. Pilz- und Flachdecken

Bei rechteckigem Stützenraster mit einem Stützweitenverhältnis $0,7 \leq l_y/l_x \leq 1,4$ darf für vorwiegend vertikale Lasten wie folgt verfahren werden:

Biegemomente sind an sich kreuzenden stellvertretenden Rahmen oder Durchlaufträgern zu ermitteln, die in Richtung beider Stützenfluchten verlaufen.

Als Riegelbreite ist jeweils der senkrecht zur betrachteten Riegelstützweite vorhandene Stützenabstand anzusetzen.

Die Belastung ist für die stellvertretenden Rahmen oder Durchlaufträger beider Richtungen in voller Größe und in ungünstigster Stellung vorzusehen.

Die so berechneten Biegemomente sind über die zugehörige Riegelbreite in Annäherung an die wirkliche Beanspruchung zu verteilen.

Eine Ausrundung der Stützmomente ist unzulässig.

Für Innenfelder von Pilz- und Flachdecken darf bei Einhaltung dieses Stützweitenverhältnisses näherungsweise die Momentenverteilung nach Bild 7a zugrunde gelegt werden, wenn in jeder Stützenflucht jeweils gleiche Stützweiten vorhanden sind.

Bei abweichendem Stützweitenverhältnis gilt Bild 7b, wobei l_y stets die größere Stützweite ist.

Für Randfelder mit stetiger Untersützung entlang der Außenränder sind folgende Korrekturen gegenüber Bild 7 vorzunehmen:

- Die Vergrößerung der Momente im Feld und an der ersten Innenstütze ist zu berücksichtigen; nach Bild 7a erfolgt das zweckmäßig über die Momentenwerte der stellvertretenden Durchlaufträger, nach Bild 7b vereinfachend durch Vergrößerung aller Feld- und Stützenmomente des Randfeldes im gleichen Verhältnis, wie sich diese Momente im Randfeld der einachsrig gespannten Durchlaufplatte zu den Werten eines Innenfeldes verhalten, z. B. nach Tabelle 7 oder 9.
- Im Falle $0,7 < l_y/l_x < 1,4$ sind für den parallel zum Außenrand verlaufenden und an diesem anliegenden Gurtstreifen sowie für den benachbarten Feldstreifen die 0,75fachen Momente eines Feldstreifens von Innenfeldern anzunehmen; im Falle $l_y/l_x > 1,4$ gilt diese Festlegung nur für die Tragrichtung l_y . In Richtung l_x ist das nicht abgeminderte Moment des Feldstreifens im angegebenen Bereich maßgebend. Bei Eckfeldern ist sinngemäß zu verfahren.

Lochrandgestützte Platten, z. B. Hub- oder Senkdecken, dürfen ebenfalls nach diesen Angaben berechnet werden, wenn eine genauere Untersuchung nicht erforderlich erscheint. Die im Öffnungsbereich nicht aufnehmbaren Momente sind im verbleibenden Gurtstreifenbereich zu berücksichtigen. Aus ungleichem Hub- oder Senkvorgang entstehende Schnittgrößen sind zu beachten.

Stützenkopfverstärkungen sind bei der Schnittgrößenermittlung als Vouten zu berücksichtigen, wenn ihr eingeschriebener Durchmesser größer als $0,3 \text{ min. } l$ ist und dabei je nach Form der Verstärkung eine gedachte eingeschriebene oder eine vorhandene Kegelneigung von mindestens 1:3 auftritt, siehe Bild 8.

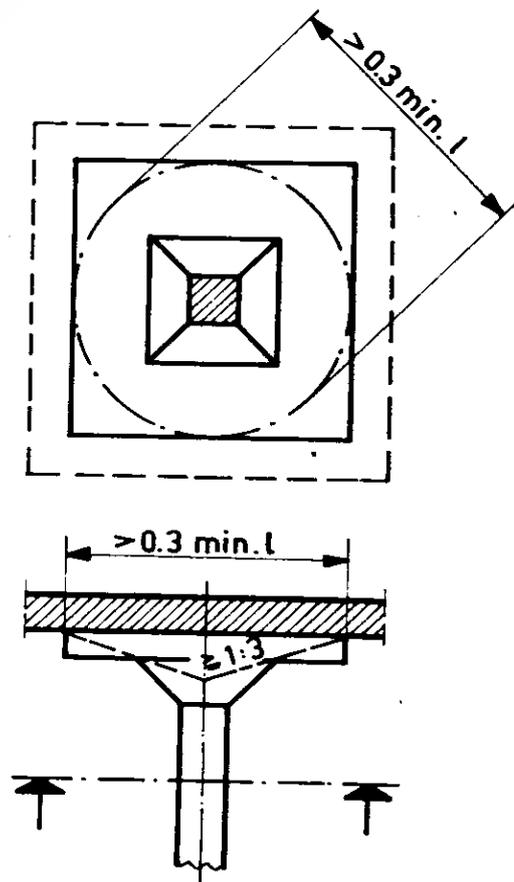


Bild 8 Stützenkopfverstärkung

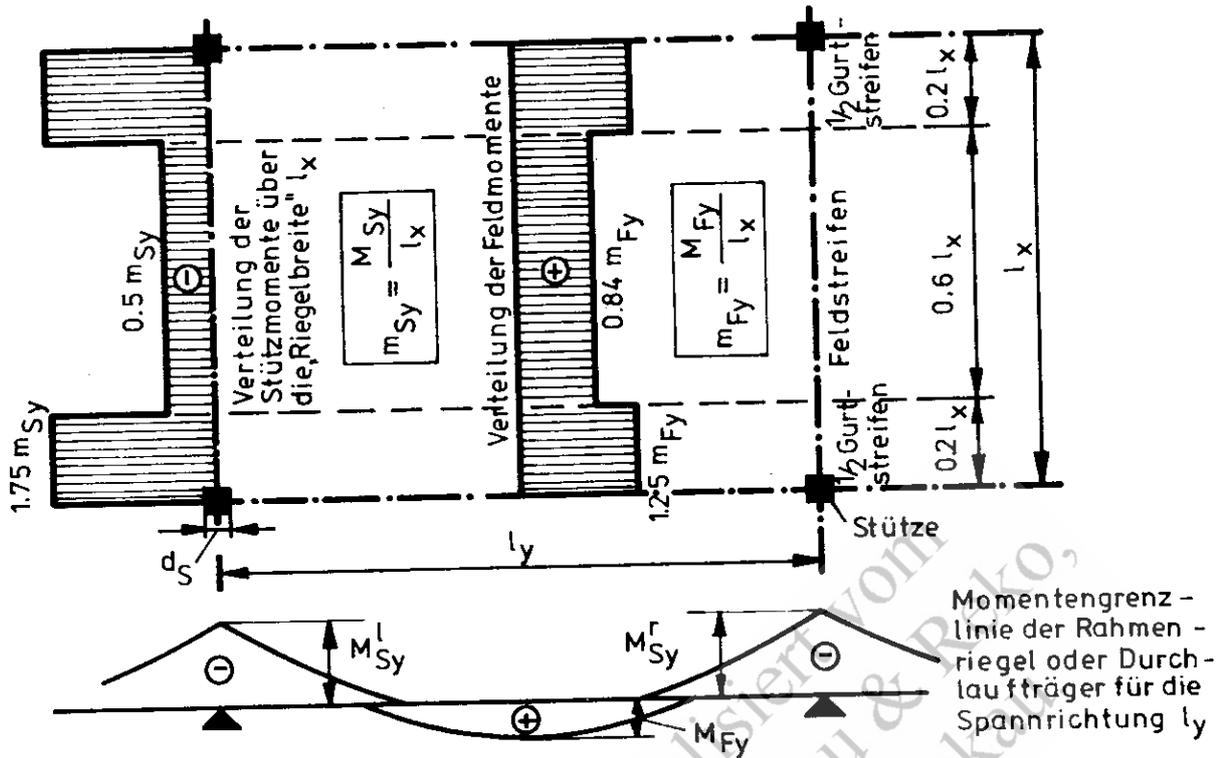
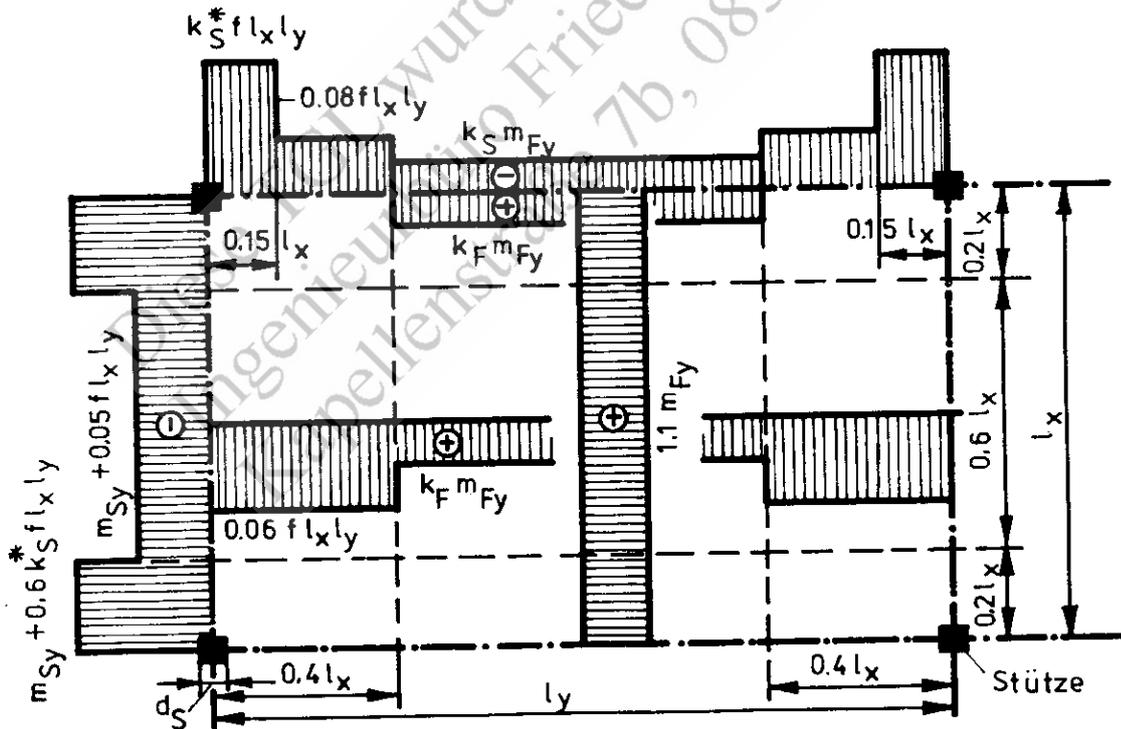


Bild 7a) Momente von Innenfeldern bei Pilz- und Flachdecken für $0,7 \leq \frac{l_y}{l_x} \leq 1,4$ am Beispiel der Spannrichtung l_y



m_{Sy}, m_{Fy} = Stütz- bzw. Feldmoment des Innenfeldes einer einachsig in Richtung l_y gespannten Platte

d_S / l_x	0.05	0.10	0.15
k_S^*	-0.25	-0.17	-0.13

l_y / l_x	1.4	1.6	1.8	≥ 2.0
k_S	-0.30	-0.15	0	0
k_F	0.35	0.30	0.25	0.20

Bild 7b) Momente von Innenfeldern bei Pilz- und Flachdecken in beiden Spannrichtungen für $\frac{l_y}{l_x} > 1,4$

5.4. Einzel-, Teilflächen- und Linienlasten

5.4.1. Mitwirkende Breite (b_{ef}) bei monolithischen Platten

Bei einachsig gespannten monolithischen Vollplatten dürfen Momente und Querkräfte, die für diese Lasten nach der Statik der Stabtragwerke ermittelt wurden, auf eine zugeordnete mitwirkende Breite (b_{ef}) entsprechend den folgenden Angaben verteilt werden. Die Lasten dürfen unter einem Winkel von 45° bis zur Plattenmittelfläche nach Bild 9 gleichmäßig verteilt werden. Die Verteilungsbreite beträgt

$$t = a_f + 2s + h, \quad (21)$$

wobei a_f die zugeordnete Abmessung der Aufstandsfläche ist. Je Breitereinheit ergeben sich die Schnittgrößenanteile

$$m = \frac{M}{b_{efM}} \quad (22)$$

$$q = \frac{Q}{b_{efQ}} \quad (23)$$

$$\text{mit } b_{efM} = t_y + k_M l \leq \text{vorh. } b_{ef} \quad (24)$$

$$\text{und } b_{efQ} = t_y + k_Q l \leq \text{vorh. } b_{ef} \quad (25)$$

k_M und k_Q sind Bild 10 in Abhängigkeit vom bezogenen Randabstand des Lastschwerpunktes x/l zu entnehmen.

Die verfügbare Breite $\text{vorh. } b_{ef}$ ergibt sich für randnahe oder dicht beieinanderliegende Lasten nach Bild 11. Schnittgrößen aus gleichzeitig wirkenden Lasten sind grundsätzlich zu überlagern. Für benachbarte Lasten mit annähernd gleicher Lastgröße und annähernd gleichem Randabstand x/l , sowie für Lasten nahe einem freien Rand dürfen die Schnittgrößen mit der reduzierten Breite $\text{vorh. } b_{ef}$ nach Bild 11 berechnet werden.

Die mitwirkende Breite b_{efM} für über die Stützweite reichende schmale Linienlasten auf monolithischen Vollplatten, z. B. für Wandlasten, enthält Tabelle 15. Die für den gleichen Fall im Vergleich zu Tabelle 15 geringeren b_{efM} -Werte nach Bild 10 sind durch den größeren Gültigkeitsbereich des Bildes bedingt und sind auf der sicheren Seite.

Tabelle 15 b_{efM} für durchgehende Linienlasten

Lagerungsart	b_{efM} für $t_x/l = 1.0$ und $t_y/l = 0.05$	
	Feldquerschnitt	Stützenquerschnitt
1 	1,35 l	—
2 	1,04 l	0,65 l
3 	0,86 l	0,53 l
4 	—	1,35 l

Bei zweiachsig gespannten rechteckigen Vollplatten darf die Schnittgrößenberechnung für die Haupttragrichtung nach diesen Angaben erfolgen.

Die zusätzlichen Schnittgrößenanteile der Nebentragrichtung sind zumindest konstruktiv zu berücksichtigen.

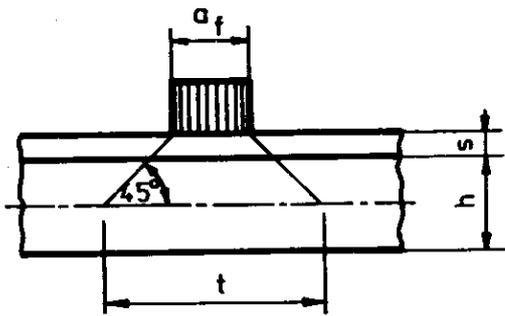
Sinngemäß ist bei Hohlplatten, zweiachsig gespannten Rippendecken und Glasstahlbeton vorzugehen.

Spezielle Einschränkungen für diese Plattenarten in bezug auf Art und Größe von Lasten sowie besondere Forderungen hinsichtlich des Festigkeitsnachweises bleiben hiervon unberührt.

Für einachsig gespannte Rippendecken und für Stahlsteindecken ist nur $b_{ef} = t_y$ zulässig, wenn nicht durch Querrippen oder Vollbetonabschnitte eine ausreichende Querverteilung gewährleistet ist.

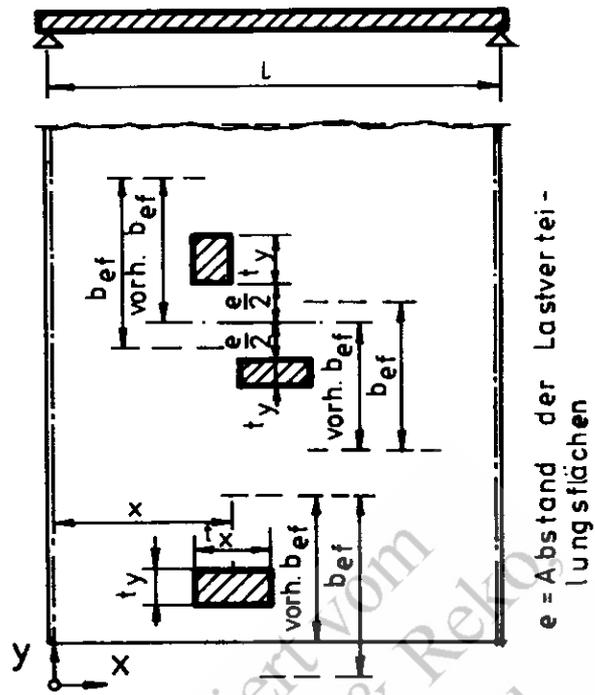
5.4.2. Lastenteil- und Verteilungsfaktoren k_L , k_V bei Fertigteilplattensystemen

Bei Fertigteilplattensystemen nach Tabelle 16, deren einzelne Fertigteile zwei- oder dreiseitig aufliegen und als gelenkig gelagerte Einfeldträger berechnet werden, dürfen für das betrachtete Fertigteil sowie für die Auflagerkräfte A und B die Lastanteile k_{LF} , k_{LF} bzw. k_{LF} zugrunde gelegt werden. Voraussetzung dafür ist, daß die sich aus dieser Lastverteilung ergebenden Querkräfte in den Fugen übertragen werden können.



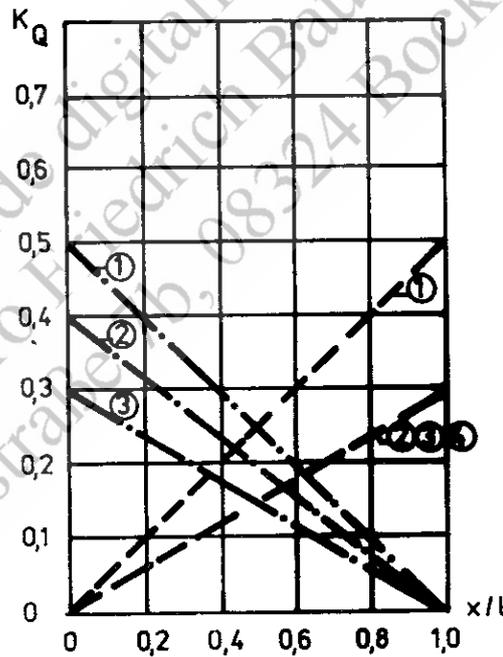
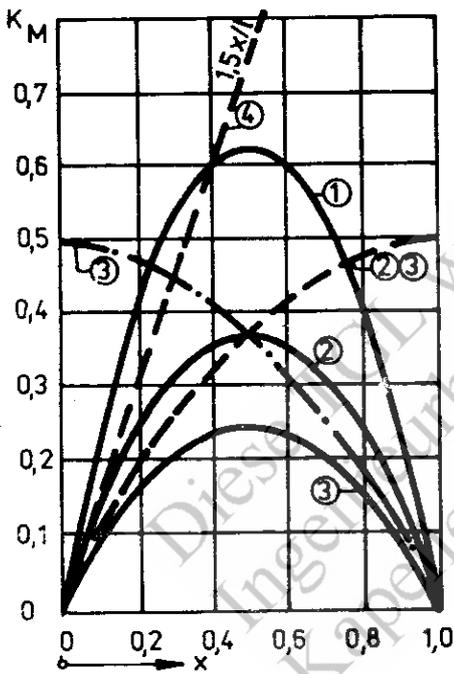
s = Dicke einer lastverteilenden Schicht
h = Plattendicke

Bild 9 Lastverteilung



e = Abstand der Lastverteilungsflächen

Bild 11 Annahmen für vorh. b_{eff}



— $K_{M,F}$ für Feldquerschnitt
- - - $K_{M,A}$, $K_{Q,A}$ für Stützenquerschnitt; $x = 0$
- · - · $K_{M,B}$, $K_{Q,B}$ für Stützenquerschnitt; $x = l$

Lagerungsart		Analytische Beziehungen für				
		$K_{M,F}$	$K_{M,A}$	$K_{M,B}$	$K_{Q,A}$	$K_{Q,B}$
①		$2,5 \frac{x}{l} (1 - \frac{x}{l})$	—	—	$0,5 \frac{x}{l}$	$0,5 (1 - \frac{x}{l})$
②		$1,5 \frac{x}{l} (1 - \frac{x}{l})$	$0,5 \frac{x}{l} (2 - \frac{x}{l})$	—	$0,3 \frac{x}{l}$	$0,4 (1 - \frac{x}{l})$
③		$\frac{x}{l} (1 - \frac{x}{l})$	$0,5 \frac{x}{l} (2 - \frac{x}{l})$	$0,5 [1 - (\frac{x}{l})^2]$	$0,3 \frac{x}{l}$	$0,3 (1 - \frac{x}{l})$
④		$1,5 \frac{x}{l}$	—	—	$0,3 \frac{x}{l}$	—

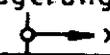
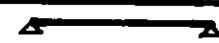
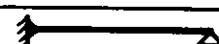
Lagerungsart 		Anwendungsbedingungen für					
		K_M				K_Q	
		Feld		Stütze		t_x/l	t_y/l
		t_x/l	t_y/l	t_x/l	t_y/l	t_x/l	t_y/l
①		$\leq 1,0$	$\leq 0,8$	—	—	$\leq 1,0$	$\leq 0,8$
②		$\leq 1,0$	$\leq 0,8$	$\leq 1,0$	$\leq 0,8$	$\leq 0,2$	$\leq 0,4$
③		$\leq 1,0$	$\leq 0,8$	$\leq 1,0$	$\leq 0,4$	$\leq 0,2$	$\leq 0,4$
④		—	—	$\leq 1,0$	$\leq 0,8$	$\leq 0,2$	$\leq 0,4$

Bild 10 K_M und K_Q

Das maßgebende Moment (m) in Längsrichtung eines Fertigteiltes für einen 1 m breiten Plattenstreifen ergibt sich unter Berücksichtigung des Verteilungsfaktors k_V nach Tabelle 16. k_V erfährt mit Rücksicht auf die Grenzzustände der Nutzungsfähigkeit näherungsweise die ungleichmäßige Verteilung des Momentes über die Breite (b) infolge unterschiedlicher Durchbiegungen. Durch k_L wird der Lastanteil und damit nur die resultierende Größe des Momentes für das Fertigteil ausgewiesen.

Eine abgestufte Bewehrungsanordnung zur Berücksichtigung der Querverteilung dieses Momentes ist bei dreiseitig aufliegenden Fertigteilen zulässig, wenn falsches Verlegen des Fertigteiltes ausgeschlossen ist.

Momente in Querrichtung des Fertigteiltes sind durch konstruktive Querbewehrung nach TGL 33405/01 aufzunehmen.

Die in einer Fuge je Längeneinheit zu übertragende Querkraft (q) ergibt sich näherungsweise mit Tabelle 16 aus der Summe der über diese Fuge vom belasteten Fertigteil weiterzuleitenden Lastanteile einschließlich des gegebenenfalls vorhandenen Lastanteils der Auflagerkraft A oder B.

Die nach den Nr. 2, 5 und 6 der Tabelle 16 sich für einen betrachteten Fall ergebende Summe der k_L -Werte ist größer oder kleiner als 1,0, da die allseitige Lagerung eine andere Lastabtragung bedingt als die Fälle der Nr. 1, 3, 4 und 7 der Tabelle 16.

Bei verteilter Last f oder Linienlast \bar{f} darf von einer gleichmäßigen Verteilung der Querkräfte und Auflagerkräfte A und B über die ganze Fugenlänge ausgegangen werden. Bei Einzellasten F ist eine wirksame Fugenlänge $l_{eff} = 2a \leq l$ anzunehmen, wenn a der Abstand der betrachteten Fuge von der Einzellast F ist.

Damit ergibt sich

$$q \approx f \cdot b \sum k_L, \quad q \approx \bar{f} \sum k_L \text{ bzw. } q \approx (F \cdot l_{eff}) \sum k_L$$

wenn $\sum k_L > 1$ Summe der k_L -Werte der an der Lastabtragung hinter der betrachteten Fuge beteiligten unbelasteten Platten einschließlich einer dabei vorhandenen Auflagerkraft A oder B ist.

Für das System und die Lastanordnung nach Nr. 5 der Tabelle 16 erhält man z. B. bei verteilter Last f und $b/l = 0,3$ für die Fuge zwischen den Platten 1 und 2

$$q = f \cdot b (0,086 + 0,025 + 0,071) = 0,182 f \cdot b$$

Bei Lasten an mehreren Fertigteilen dürfen Feillösungen überlagert werden, wobei gegebenenfalls die nicht gleichzeitige Wirkung der Lasten sowie der Richtungssinn der jeweiligen Querkräfte zu beachten sind.

Die Überlagerung der Momente (m) führt in manchen Fällen zu sehr reichlichen Werten, da der Faktor k_V sich in der Regel nur auf einen der beiden Fugenränder des Fertigteiltes bezieht.

Bei Systemen mit vier und mehr Fertigteilen dürfen in Abhängigkeit von der Randlagerung und der Lage des zu betrachtenden Fertigteiltes im System (Randplatte, Innenplatte) für das jeweils betrachtete Fertigteil näherungsweise die Werte der Nr. 3 bis 7 der Tabelle 16 verwendet werden. Nr. 7 der Tabelle 16 gilt stets für Innenplatten mit Last auf Innenplatten.

Der Lösung für die Einzellast F liegt eine Verteilungslänge und -breite von 0,11 zugrunde.

Die Angaben für verteilte Last f gelten näherungsweise auch für in Richtung Stützweite verlaufende Linienlast f , die in Fertigteilmitte bei $b/2$ wirkt. In diesem Falle ist für das Moment m die Last $f \cdot b$ zu berücksichtigen.

5.5. Örtlich fehlendes Auflager

Für örtlich fehlendes Auflager der Länge $l_x \leq l_y$ entsprechend den Bedingungen nach Bild 12 ist vereinfachend eine Berechnung nach Bild 7b zulässig. Dabei gelten in Richtung l_x

die Momente m_x für den Gurtstreifen der Breite $0,8 l_x$

in Richtung l_y

die Stützmomente m_y , wobei die Feldstreifenbreite $0,6 l_x$ und die Gurtstreifenbreite je Seite $0,4 l_x$ beträgt.

Der Einfluß des fehlenden Auflagers auf die Feldmomente darf vernachlässigt werden.

Tabelle 16 k_L, k_V für Fertigteilplattensysteme

Nr.	System im Querschnitt und Grundriss	b/l	k_L k_V	gleichmäßig verteilter Last f auf einer Platte		k_L und k_V bei Einzellast F in Mitte einer Platte		Linienlast \bar{f} auf Fuge oder Rand											
				$m = 0,125 k_V k_L f l^2$	$m = 0,25 k_V k_L F \frac{l}{b}$	$m = 0,125 k_V k_L \bar{f} l^2$	$m = 0,125 k_V k_L \bar{f} l^2$												
1		0,2	k_L	0,527	0,473	0,563	0,437	0,548	0,452										
			k_V	1,04	1,06	1,00	1,07	1,14	1,06										
			0,3	k_L	0,558	0,442	0,606	0,394	0,602	0,398									
			k_V	1,08	1,14	1,02	1,16	1,28	1,14										
0,5	k_L	0,633	0,367	0,690	0,310	0,726	0,274												
	k_V	1,17	1,39	1,15	1,40	1,57	1,47												
	0,8	k_L	0,731	0,269	0,796	0,204	0,866	0,134											
	k_V	1,22	1,92	1,33	1,97	2,09	1,95												
2		0,2	k_L	0,645	0,029	0,024	0,190	0,403	0,048	0,048	0,403								
			k_V	1,65	1,99	1,70	2,76	2,07	2,07	0,343	0,102	0,102	0,343						
			0,3	k_L	0,603	0,064	0,051	0,158	0,734	0,149	0,063	0,226	2,02	2,02					
			k_V	1,60	2,07	1,35	2,15	0,663	0,281	0,101	0,152	0,229	0,226	0,229					
0,5	k_L	0,514	0,157	0,109	0,102	0,563	0,281	0,101	0,152	2,70	2,70								
	k_V	1,46	2,11	1,52	2,78	0,515	0,470	0,122	0,062	0,111	0,366	0,366	0,111						
	0,8	k_L	0,402	0,304	0,157	0,044	0,515	0,470	0,122	0,062	2,33	2,33							
	k_V	1,34	2,41	1,67	2,41	0,403	0,048	0,048	0,403	0,111	0,366	0,366	0,111						
3		0,2	k_L	0,407	0,326	0,267	0,462	0,309	0,229	0,434	0,312	0,254							
			k_V	1,07	1,75	1,06	1,07	1,19	1,03	1,91	1,75	1,07							
			0,3	k_L	0,477	0,317	0,206	0,539	0,288	0,171	0,530	0,286	0,184						
			k_V	1,12	1,30	1,15	1,04	1,34	1,11	1,33	1,30	1,15							
0,5	k_L	0,604	0,289	0,107	0,668	0,246	0,086	0,705	0,216	0,079									
	k_V	1,19	1,62	1,40	1,16	1,64	1,33	1,60	1,64	1,41									
	0,8	k_L	0,726	0,238	0,036	0,793	0,182	0,026	0,863	0,119	0,018								
	k_V	1,22	2,12	1,95	1,33	2,11	1,85	2,09	2,17	1,95									
4		0,2	k_L	0,326	0,348	0,326	0,309	0,382	0,309	0,373	0,344	0,283							
			k_V	1,06	1,00	1,06	1,08	1,00	1,08	1,06	1,14	1,06							
			0,3	k_L	0,317	0,366	0,317	0,289	0,422	0,289	0,408	0,357	0,235						
			k_V	1,14	1,01	1,14	1,18	1,07	1,18	1,13	1,29	1,15							
0,5	k_L	0,289	0,422	0,289	0,246	0,508	0,246	0,460	0,392	0,148									
	k_V	1,38	1,03	1,38	1,42	1,24	1,42	1,35	1,59	1,41									
	0,8	k_L	0,238	0,524	0,238	0,181	0,638	0,181	0,491	0,441	0,068								
	k_V	1,91	1,07	1,91	1,93	1,45	1,93	1,84	2,05	1,95									
5		0,2	k_L	0,691	0,036	0,045	0,014	0,002	0,828	0,092	0,064	0,016	0,147	0,498	0,061	0,090	0,029	0,216	
			k_V	1,70	1,36	2,07	1,28	1,59	1,95	0,402	0,122	0,173	0,051	0,154	2,01	1,37	2,01		
			0,3	k_L	0,630	0,074	0,086	0,025	0,071	0,777	0,157	0,094	0,022	0,109	0,247	0,224	0,313	0,069	0,065
			k_V	1,66	1,43	2,05	1,33	1,61	2,02	0,678	0,288	0,134	0,027	0,044	2,10	1,64	2,16		
0,5	k_L	0,522	0,165	0,150	0,033	0,029	0,678	0,288	0,134	0,027	0,044	0,247	0,224	0,313	0,069	0,065			
	k_V	1,57	1,65	2,12	1,57	1,75	2,00	0,516	0,472	0,139	0,015	0,008	0,113	0,374	0,425	0,050	0,015		
	0,8	k_L	0,403	0,307	0,181	0,021	0,006	0,516	0,472	0,139	0,015	0,008	0,113	0,374	0,425	0,050	0,015		
	k_V	1,34	2,13	2,47	1,86	2,14	2,35	2,38	2,10	2,46									
6		0,2	k_L	0,334	0,045	0,096	0,045	0,334	0,461	0,064	0,169	0,064	0,461	0,216	0,029	0,090	0,061	0,498	
			k_V	2,01	1,03	2,01	2,06	1,07	2,06	0,154	0,051	0,173	0,122	0,402	0,051	0,173	0,122	0,402	
			0,3	k_L	0,257	0,086	0,185	0,086	0,257	0,378	0,094	0,273	0,094	0,378	0,154	0,204	1,43	2,03	
			k_V	2,02	1,03	2,02	2,08	1,14	2,08	0,065	0,069	0,313	0,244	0,247	2,16	1,64	2,16		
0,5	k_L	0,139	0,150	0,348	0,150	0,139	0,208	0,334	0,448	0,134	0,208	0,065	0,069	0,313	0,244	0,247			
	k_V	2,12	1,05	2,12	2,15	1,29	2,15	0,015	0,050	0,425	0,374	0,113	0,050	0,425	0,374	0,113			
	0,8	k_L	0,050	0,181	0,510	0,181	0,050	0,071	0,139	0,637	0,139	0,071	0,015	0,050	0,425	0,374	0,113		
	k_V	2,47	1,08	2,47	2,42	1,49	2,42	2,46	2,10	2,38									
7		0,2	k_L	2' ≥ 2	0,210	0,172	0,123	0,100	2' ≥ 2	0,266	0,175	0,108	0,084	1' ≥ 1	0,217	0,156	0,127		
			k_V	1,07	1,20	1,75	1,07	1,08	1,36	1,79	1,08	1,19	1,75	1,07	1,19	1,75	1,07		
			0,3	k_L	3' ≥ 3	0,270	0,195	0,104	0,067	3' ≥ 3	0,344	0,185	0,088	0,055	2' ≥ 2	0,266	0,143	0,092	
			k_V	1,02	1,34	1,31	1,15	1,17	1,50	1,34	1,16	1,33	1,37	1,15	1,33	1,37	1,15		
0,5	k_L	4' ≥ 4	0,387	0,224	0,083	—	4' ≥ 4	0,479	0,193	0,067	—	3' ≥ 3	0,352	0,108	0,039				
	k_V	1,04	1,67	1,40	—	1,26	1,67	1,34	—	1,67	1,65	1,41	1,67	1,65	1,41				
	0,8	k_L	0,516	0,210	0,032	—	0,633	0,161	0,023	—	0,432	0,059	0,009	0,432	0,059	0,009			
	k_V	1,08	2,12	1,94	—	1,45	2,13	1,95	—	2,06	2,17	1,95							

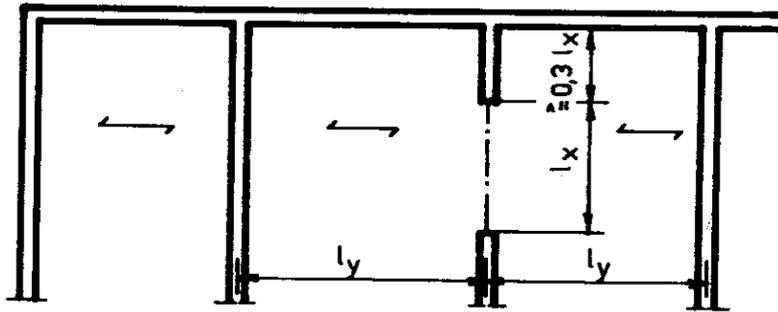


Bild 12 Örtlich fehlendes Auflager

6. SCHNITTGRÖSSENBERECHNUNG FÜR SCHEIBENTRAGWERKE

Die Schnittgrößenberechnung hat als Scheibe nach den Angaben gemäß a) oder b) zu erfolgen, wenn die Schlankheitsgrenze nach TGL 33404/01 für eine Berechnung als Stabtragwerk unterschritten ist.

a) Auf der Grundlage der Elastizitätstheorie sind in den Tabellen 17 bis 20 für Krag-, Einfeld- und Mehrfeldscheiben

- resultierende Zugkräfte (N_{tF} , N_{tS}) in den Feld- und Stützenquerschnitten,

- Spaltzugkräfte unter Einzellasten (N_{t1}) und Randzugkräfte (N_{t3})

angegeben.

Beispiele für Lage und näherungsweise Verteilung dieser Kräfte sind Bild 13 zu entnehmen.

Die Tabellen gelten für unmittelbar gestützte Scheiben ohne Randverstärkung; sie dürfen jedoch näherungsweise auch angewendet werden, wenn Randverstärkungen vorhanden sind sowie auch im Falle mittelbarer Stützung.

Für andere als in den Tabellen aufgeführte Lastanordnungen dürfen die Schnittgrößen näherungsweise durch Interpolation der Schnittgrößen aus benachbarten Lastanordnungen abgeschätzt werden.

b) Näherungsweise dürfen die resultierenden Zugkräfte in den maßgebenden Schnitten (Feld, Stütze) aus den entsprechenden Feld- und Stützmomenten von Stabtragwerken ermittelt werden, wenn die folgenden angepaßten Hebelarme für die inneren Kräfte verwendet werden. Die resultierende Zugkraft beträgt dabei mit dem Hebelarm z nach Tabelle 21

im Feld:

$$N_{tF} = \frac{M_F}{z_F} \quad (26)$$

über den Innenstützen von Mehrfeldscheiben sowie bei Kragstischen:

$$N_{tS} = \frac{M_S}{z_S} \quad (27)$$

Unabhängig von der Berechnung nach den Angaben unter a) oder b) dürfen die Auflagerkräfte von Mehrfeldscheiben näherungsweise wie für Durchlaufträger ermittelt werden, wenn für die Randstütze und die erste Innenstütze in Abhängigkeit von der Schlankheit die Korrekturfaktoren nach Tabelle 22 berücksichtigt werden.

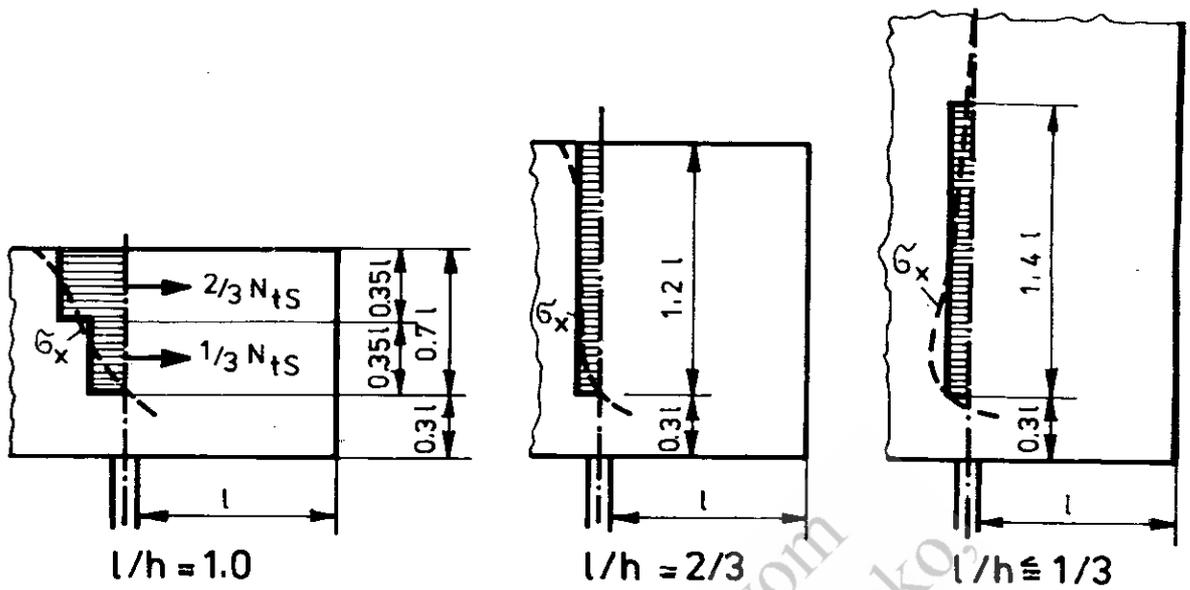


Bild 13a) Zugkräfte bei Kragstreifen

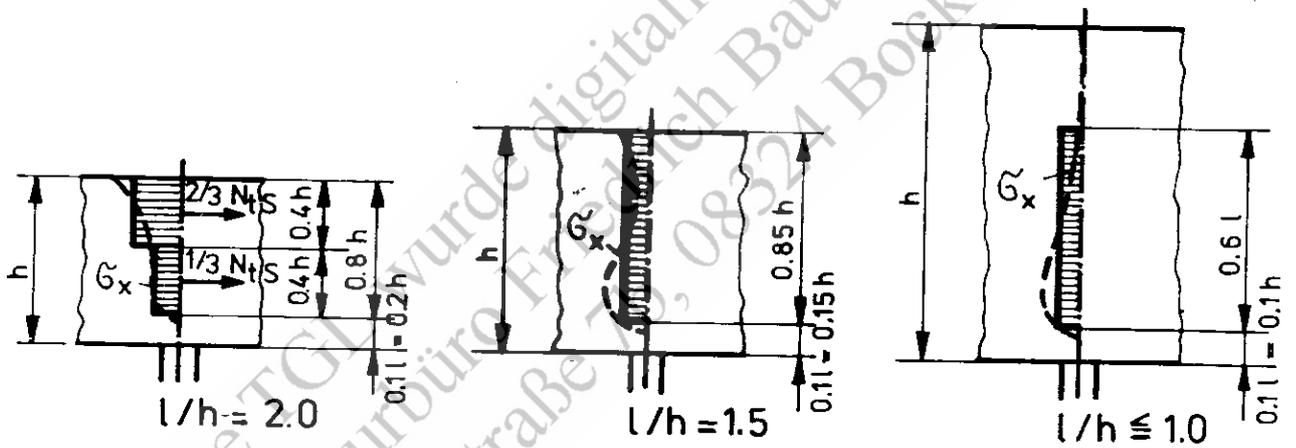


Bild 13b) Zugkräfte bei Mehrfeldstreifen über Stützen, verteilte Last

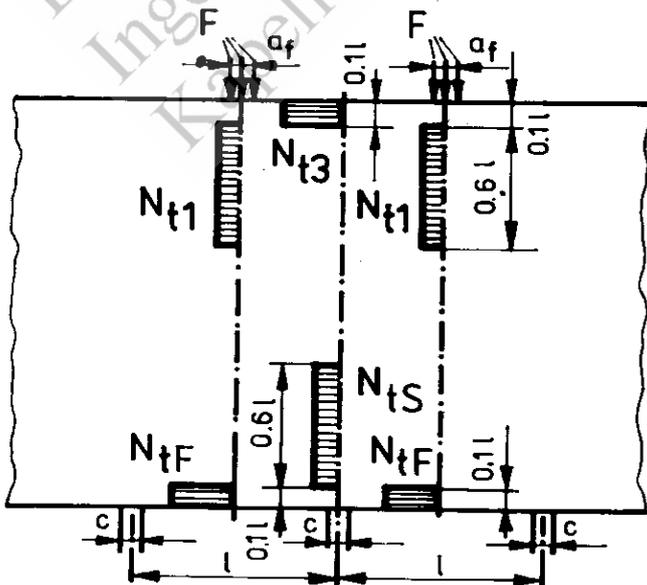


Bild 13c) Zugkräfte bei Mehrfeldstreifen, Einzellasten, $l/h = 0,5$

Tabelle 17 Resultierende Zugkräfte für Krag­scheiben

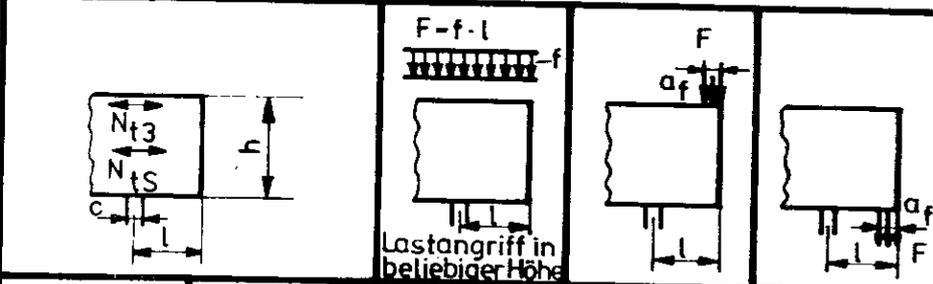


Diagram showing a cantilever slab of height h and length l . The top edge is fixed. Forces N_{t3} and N_{tS} are shown at the top edge. The distance from the fixed end to the point of interest is c . A uniformly distributed load f is applied over the length l . A point load F is applied at the free end at a height a_f .

h/l	N_{tS}/F N_{t3}/F bzw.	$c/l = a_f/l$		
		$\geq 0,2$	$\geq 0,2$	$\geq 0,2$
1,0	N_{tS}/F N_{t3}/F	0,63 —	— 1,16	1,16 —
1,1	N_{tS}/F N_{t3}/F	0,58 —	— 1,04	1,05 —
1,2	N_{tS}/F N_{t3}/F	0,56 —	— 0,94	0,98 —
1,5	N_{tS}/F N_{t3}/F	0,55 —	— 0,71	0,87 —
2,0	N_{tS}/F N_{t3}/F	0,54 —	0,13 0,48	0,86 —
3,0	N_{tS}/F N_{t3}/F	0,54 —	0,35 0,38	0,86 —
$\geq 4,0$	N_{tS}/F N_{t3}/F	0,54 —	0,48 0,38	0,86 —

Tabelle 18 Resultierende Zugkräfte für Einfeldscheiden

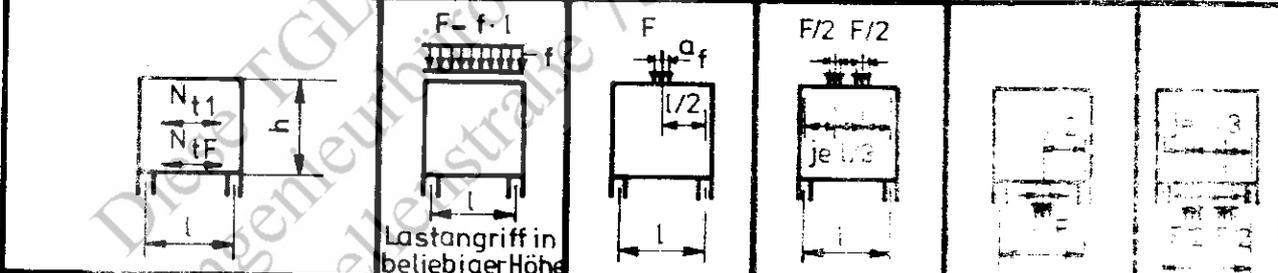


Diagram showing a single-field slab of height h and length l . The top edge is fixed. Forces N_{t1} and N_{tF} are shown at the top edge. A uniformly distributed load f is applied over the length l . A point load F is applied at the free end at a height a_f . The load is divided into $F/2$ and $F/2$ at the top edge, and $je l/3$ is shown at the bottom edge.

h/l	N_{t1}/F N_{tF}/F bzw.	$c/l = a_f/l$				
		—	0,1	$\geq 0,2$	≥ 3	≥ 4
0,5	N_{tF}/F	0,37	0,66	0,64	0,50	0,48
0,6	N_{tF}/F	0,31	0,55	0,53	0,41	0,40
0,7	N_{tF}/F	0,27	0,45	0,44	0,35	0,34
0,8	N_{tF}/F	0,24	0,38	0,37	0,28	0,27
0,9	N_{tF}/F	0,22	0,32	0,31	0,24	0,23
1,0	N_{tF}/F	0,21	0,27	0,26	0,19	0,18
1,1	N_{tF}/F	0,21	0,24	0,24	0,17	0,16
1,2	N_{tF}/F N_{t1}/F	0,20 —	0,22 0,04	0,22 0,03	0,16	0,15
1,5	N_{tF}/F N_{t1}/F	0,20 —	0,20 0,11	0,20 0,09	0,15	0,14
$\geq 2,0$	N_{tF}/F N_{t1}/F	0,20 —	0,20 0,20	0,20 0,17	0,15	0,14

Tabelle 19 Resultierende Zugkräfte für Endfelder von Mehrfeldscheiben

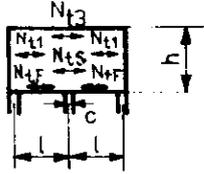
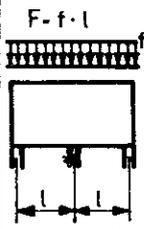
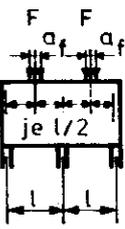
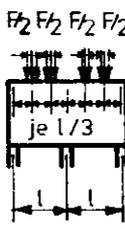
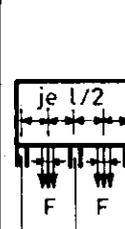
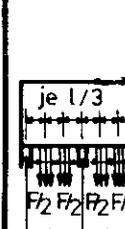
		 $F \cdot f \cdot l$ Lastangriff in beliebiger Höhe	 $F \quad F$ $a_f \quad a_f$ je $l/2$	 $F/2 \quad F/2 \quad F/2 \quad F/2$ je $l/3$	 je $l/2$ $F \quad F$	 je $l/3$ $F/2 \quad F/2 \quad F/2 \quad F/2$
h / l	N_{tF}/F bzw. N_{tS}/F bzw. N_{t1}/F bzw. N_{t3}/F	c / l = a _f / l				
		≥ 0,1	≥ 0,1	≥ 0,1	≥ 0,1	≥ 0,1
0,4	N_{tF}/F N_{tS}/F	0,26 0,27	0,55 0,44	0,39 0,37	0,55 0,44	0,39 0,39
0,5	N_{tF}/F N_{tS}/F	0,22 0,24	0,47 0,31	0,35 0,29	0,47 0,32	0,35 0,32
0,6	N_{tF}/F N_{tS}/F	0,19 0,22	0,41 0,25	0,31 0,24	0,43 0,27	0,32 0,28
0,7	N_{tF}/F N_{tS}/F	0,18 0,21	0,36 0,23	0,29 0,22	0,40 0,27	0,30 0,27
0,8	N_{tF}/F N_{tS}/F N_{t1}/F N_{t3}/F	0,17 0,20 — —	0,33 0,24 — 0,01	0,27 0,22 — 0,01	0,38 0,30 — —	0,29 0,28 — —
0,9	N_{tF}/F N_{tS}/F N_{t1}/F N_{t3}/F	0,16 0,19 — —	0,30 0,25 — 0,02	0,25 0,22 — 0,02	0,37 0,32 — —	0,28 0,30 — —
1,0	N_{tF}/F N_{tS}/F N_{t1}/F N_{t3}/F	0,16 0,19 — —	0,28 0,26 0,01 0,02	0,23 0,23 — 0,02	0,36 0,34 — —	0,27 0,31 — —
1,5	N_{tF}/F N_{tS}/F N_{t1}/F N_{t3}/F	0,14 0,19 — —	0,20 0,27 0,10 0,03	0,19 0,24 0,01 0,03	0,36 0,34 — —	0,25 0,32 — —
≥ 2,0	N_{tF}/F N_{tS}/F N_{t1}/F N_{t3}/F	0,14 0,19 — —	0,18 0,27 0,15 0,05	0,17 0,24 0,04 0,05	0,36 0,34 — —	0,25 0,32 — —

Tabelle 21 Hebelarme z bei beliebiger Lastanordnung

System	Schlankheit l/h	Rechnerischer Hebelarm z
Krag­scheiben	0,5 bis 1,0	$z_S = 0,65 l + 0,10 h$
	≤ 0,5	$z_S = 0,85 l$
Einfeldscheiben	1,0 bis 2,0	$z_F = 0,3 h (3 - h/l)$
	≤ 1,0	$z_F = 0,6 l$
Endfelder von Mehrfeldscheiben	1,0 bis 2,5	$z_F = z_S = 0,5 h (1,9 - h/l)$
	≤ 1,0	$z_F = z_S = 0,45 l$
Innenfelder von Mehrfeldscheiben	1,0 bis 3,3	$z_F = z_S = 0,5 h (1,8 - h/l)$
	< 1,0	$z_F = z_S = 0,4 l$

Tabelle 20 Resultierende Zugkräfte für Innenfelder von Mehrfeldscheiben

h / l	N _{tF} /F bzw. N _{tS} /F bzw. N _{t1} /F bzw. N _{t3} /F	c / l = a _f / l								
		0,05	0,1	≥ 0,2	≥ 0,1	≥ 0,1	0,05	0,1	≥ 0,2	≥ 0,1
0,3	N _{tF} /F	0,21	0,21	0,21	0,56	0,28	0,59	0,56	0,50	0,28
	N _{tS} /F	0,38	0,35	0,29	0,56	0,49	0,59	0,56	0,50	0,49
0,4	N _{tF} /F	0,16	0,16	0,16	0,37	0,17	0,44	0,42	0,37	0,17
	N _{tS} /F	0,29	0,27	0,22	0,37	0,29	0,44	0,42	0,37	0,30
0,5	N _{tF} /F	0,12	0,12	0,12	0,30	0,14	0,33	0,32	0,29	0,13
	N _{tS} /F	0,26	0,23	0,19	0,30	0,24	0,33	0,32	0,29	0,26
0,6	N _{tF} /F	0,10	0,10	0,10	0,26	0,12	0,31	0,29	0,26	0,12
	N _{tS} /F	0,25	0,22	0,18	0,26	0,20	0,31	0,29	0,26	0,25
0,7	N _{tF} /F	0,09	0,09	0,09	0,23	0,11	0,30	0,28	0,24	0,11
	N _{tS} /F	0,25	0,21	0,17	0,23	0,18	0,30	0,28	0,24	0,25
0,8	N _{tF} /F	0,09	0,09	0,09	0,21	0,10	0,30	0,28	0,24	0,10
	N _{tS} /F	0,25	0,21	0,16	0,21	0,10	0,30	0,28	0,24	0,25
	N _{t1} /F	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	N _{t3} /F	—	—	—	—	0,08	—	—	—	—
1,0	N _{tF} /F	0,09	0,09	0,09	0,10	0,09	0,30	0,28	0,24	0,10
	N _{tS} /F	0,25	0,21	0,16	0,11	0,14	0,30	0,28	0,24	0,25
	N _{t1} /F	—	—	—	0,11	0,02	—	—	—	—
	N _{t3} /F	—	—	—	0,10	0,07	—	—	—	—
1,5	N _{tF} /F	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,30	0,28	0,24	0,10
	N _{tS} /F	0,25	0,21	0,16	0,19	0,19	0,30	0,28	0,24	0,25
	N _{t1} /F	—	—	—	0,19	0,02	—	—	—	—
	N _{t3} /F	—	—	—	0,09	0,06	—	—	—	—
≥ 2,0	N _{tF} /F	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,30	0,28	0,24	0,10
	N _{tS} /F	0,26	0,21	0,16	0,20	0,20	0,30	0,28	0,24	0,25
	N _{t1} /F	—	—	—	0,20	0,02	—	—	—	—
	N _{t3} /F	—	—	—	0,09	0,06	—	—	—	—

Tabelle 22 Korrekturfaktoren für die Auflagerkräfte

Schlankheit l/h	3,3	2,5	1,5	1,0
Randstütze	1,0	1,08	1,12	1,15
erste Innenstütze	1,0	0,96	0,94	0,93

7. SCHNITTGRÖSSENBERECHNUNG BEI ÖRTLICHER LASTEINTRAGUNG

7.1. Allgemeines

Ein räumlicher Spannungszustand mit Querzugspannungen in allen Richtungen entsteht, wenn eine Teilflächenlast im Bauteil allseitig ausstrahlen kann. Vereinfachend darf in diesem Fall die Untersuchung in zwei zueinander orthogonalen Richtungen als ebenes Problem erfolgen. Dabei sind in der Regel die geometrischen Bedingungen und damit die Größe und Lage der Spaltzug- und Randzugkräfte in beiden Richtungen unterschiedlich.

Bei aufgelösten Querschnitten, z. B. Plattenbalken, ist zu beachten, daß Querzugsspannungen auch in den nicht unmittelbar belasteten Querschnittsteilen auftreten.

Eine Möglichkeit zur Bestimmung der sekundären Spaltzugkräfte über ein angenommenes System innerer Kräfte zeigt Bild 14.

Lösungen für ebene Probleme enthält Bild 15, wobei die Abschnitte 7.2. bis 7.4. zu beachten sind. Abschnitt 6. ermöglicht ebenfalls die Lösung solcher Probleme.

Wirken die Kräfte F nicht gleichzeitig, ist erforderlichenfalls die ungünstigste Kombination jeweils für N_{t1} , N_{t2} und N_{t3} zugrunde zu legen.

Eine Forderung, stets Zustand II anzunehmen und N_{t1} , N_{t2} und N_{t3} durch Bewehrung aufzunehmen, ist damit nicht verbunden.

Die Kompliziertheit des in der Regel räumlichen Spannungszustandes erlaubt es jedoch oft nur in einfachen Fällen, Beanspruchungsgrößen anzugeben, bis zu deren Erreichen Zustand I vorausgesetzt werden kann und Spaltzugbewehrung entfallen darf.

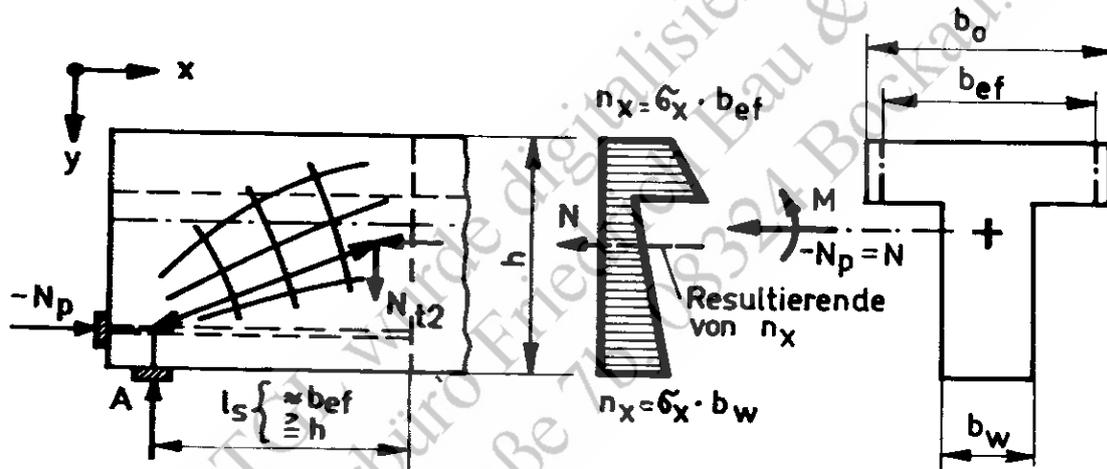
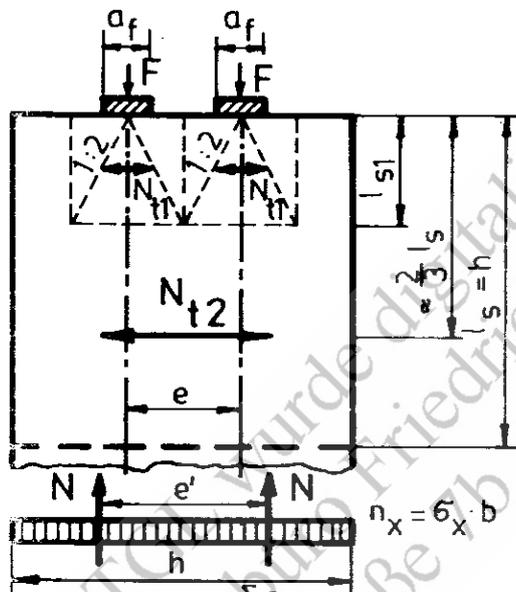
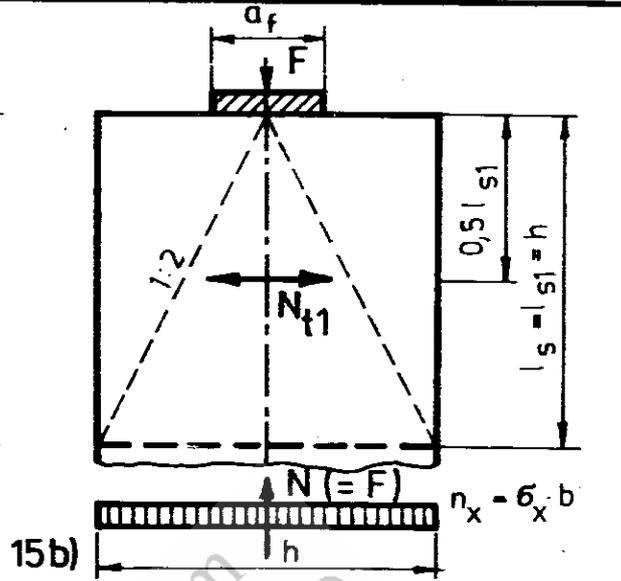
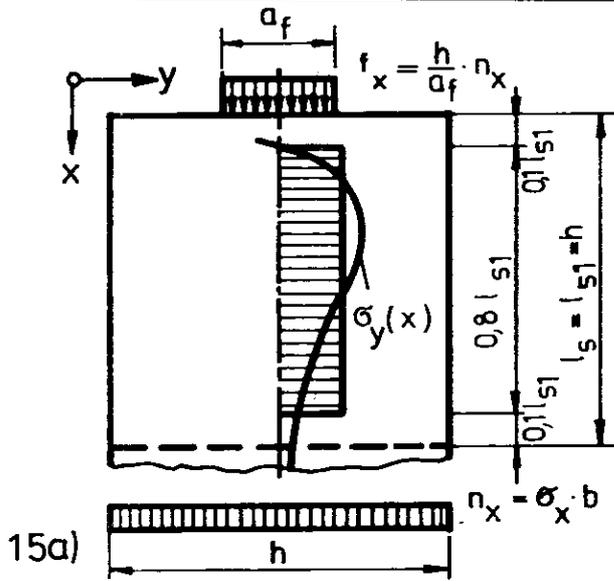
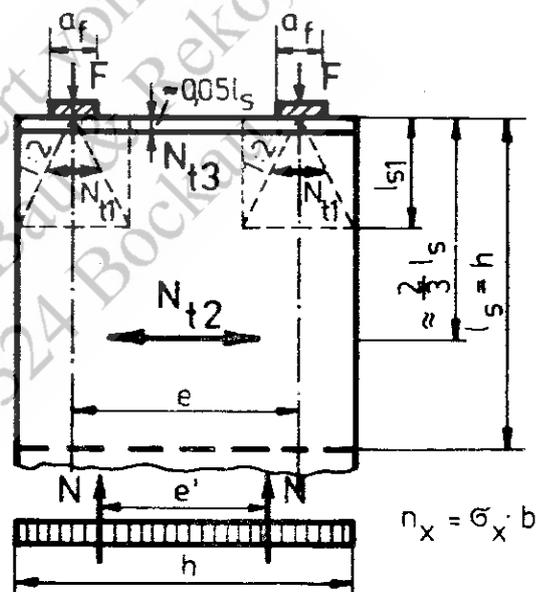


Bild 14 Beispiel für vereinfachtes System innerer Kräfte



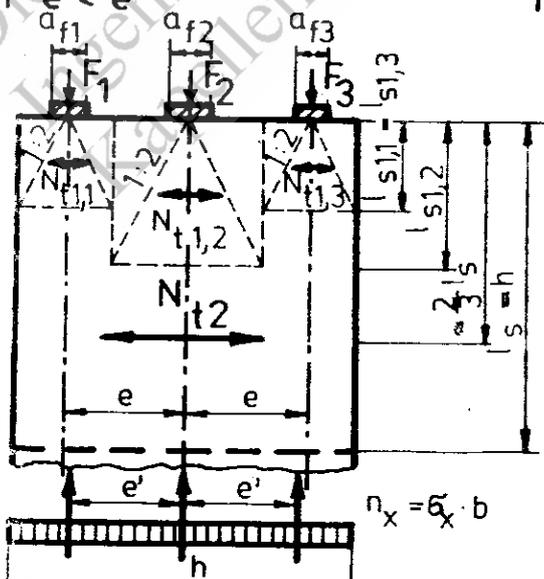
$N_{t2} = 0,25 (\sum F) (1 - \frac{\sum a_f}{l_s})$ oder nach f),
wenn F einzeln wirken können



N_{t3} nach f); $N_{t2} = 0$ oder nach f),
wenn F einzeln wirken können

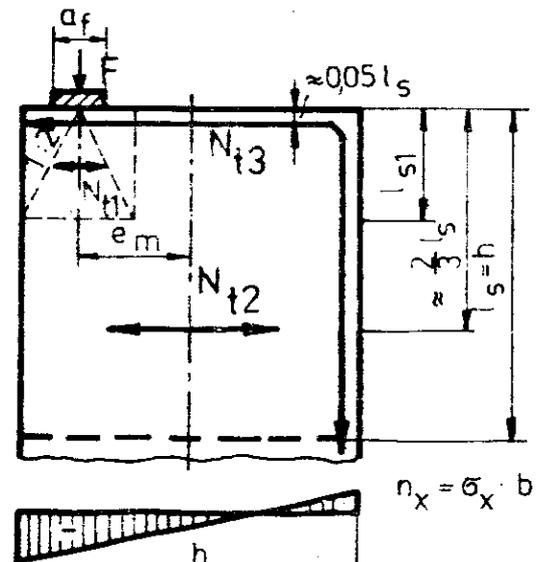
15c) für $e < e'$

15d) für $e > e'$



$N_{t2} = 0$ oder nach b) und f),
wenn F einzeln wirken können

15e) für $e \approx e'$



$N_{t2} = 0,3 N_{t3}$; $N_{t3} = \frac{0,15 F}{1 - \sqrt{2} \frac{e_m}{h}}$

15f)

7.2. Primäre Spaltzugkräfte

Primäre Spaltzugkräfte N_{t1} als Resultierende der Quersugspannungen σ_y entsprechend Bild 15a dürfen bei mittig angreifender Kraft in bezug auf Lage und Richtung nach Bild 15b angenommen werden. Für die Verteilung einer Spaltzugbewehrung ist die Annahme einer gleichmäßigen Verteilung von σ_y im Bereich $0,1 l_{S1}$ bis $0,9 l_{S1}$ zulässig, siehe Bild 15a.

Vereinfachend gilt:

$$N_{t1} = 0,3 F \left(1 - \frac{u_f}{l_{S1}}\right) \quad (28)$$

Bei ausmittig angreifender Kraft oder bei mehreren Kräften ist N_{t1} für jede Kraft unter Berücksichtigung der zugeordneten primären Störbereichslänge l_{S1} zu ermitteln, die sich bei einem Kraftausbreitungsverhältnis von 1 : 2 ergibt, siehe Bilder 15c bis 15f.

Bei Vorspannung mit sofortigem Verbund darf $N_{t1} = 0,15 F$ angenommen werden.

7.3. Sekundäre Spaltzugkräfte

Sekundäre Spaltzugkräfte N_{t2} treten z. B. bei ausmittiger Lasteintragung, bei mehreren Kräften und bei gegliederten Querschnitten auf. Lage und Größe der Resultierenden N_{t2} siehe Bilder 15c bis 15f.

Die sekundäre Störbereichslänge beträgt dabei $l_S \approx h$.

Für die Verteilung einer Spaltzugbewehrung dürfen die zugeordneten Quersugspannungen σ_y im Bereich $0,33 l_S$ bis l_S , das heißt symmetrisch zu N_{t2} , gleichmäßig verteilt angenommen werden.

7.4. Randzugkräfte

Randzugkräfte N_{t3} sind insbesondere bei ausmittiger Lasteintragung sowie bei größerem Abstand von Kräften zu beachten, z. B. nach Bild 15d und f. In anderen Fällen ist ihre Größe im allgemeinen gering und durch vorhandene konstruktive Bewehrung aufnehmbar. Lage und Größe von N_{t3} siehe Bilder 15d und f.

Bei schrägem Kraftangriff ist die Komponente parallel zur belasteten Fläche wie eine Randzugkraft zu berücksichtigen.

8. VERFORMUNGSBERECHNUNG FÜR STABTRAGWERKE

8.1. Annahmen

Die Verformungen dürfen unter folgenden Annahmen berechnet werden, wenn eine genauere Untersuchung nicht erforderlich erscheint:

- Die Querschnitte bleiben nach der Verformung eben.
- Für die Spannungsverteilung über die Querschnittshöhe gilt TGL 33402.
- Grundsätzlich ist von der Krümmung ($1/\rho$) auszugehen; bei Bauteilen im Zustand I sowie im Zustand II bei reiner Biegebeanspruchung darf die wirksame Biegesteifigkeit (B) verwendet werden.
- Für Bauteile mit konstanten Querschnittsabmessungen über die Stablänge darf die Krümmung im maßgebenden Schnitt des Stabes ermittelt werden. Der Krümmungsverlauf ist dabei affin zum Momentenverlauf und die wirksame Biegesteifigkeit konstant anzunehmen. Für die Bestimmung von Durchbiegungen ist der maßgebende Schnitt bei Einfeld- und Durchlaufträgern ein Schnitt im Bereich des größten Feldmomentes, bei Kragträgern die Einspannstelle.
Für die Ermittlung von Knotenverdrehungen ist der Knotenrandquerschnitt maßgebend.
- Die unter d) für die wirksame Biegesteifigkeit angegebene Näherung darf auch bei der Bestimmung der wirksamen Torsionssteifigkeit angewendet werden.
- Verformungen und zugehörige Schnittgrößen im Nutzungszustand dürfen mit $l' < l$ berechnet werden, wenn bei biegesteifer Verbindung mit den Unterstützungen frei drehbare Lagerung zugrunde gelegt wird; l' nach TGL 33404/01.

8.2. Allgemeine Angaben zur Verformungsberechnung

Bei der Verformungsberechnung wird folgendes Vorgehen empfohlen:

- Analyse des zu erwartenden Beanspruchungsprozesses und dessen Idealisierung, z. B. durch Festlegung der Dauerlasten, die in bestimmten Zeitabschnitten wirken, siehe Bild 16a und 16b
- Überprüfung nach Abschnitt 8.3., ob für den betrachteten Zeitpunkt oder Zeitabschnitt Zustand I oder II gilt
- Berechnung der wirksamen Biegesteifigkeit oder der wirksamen Krümmung nach Abschnitt 8.4.
- Ermittlung der für den betrachteten Zeitpunkt auftretenden Kurzzeitverformung nach Abschnitt 8.5.
- Berechnung des Verformungszuwachses infolge Kriechens und Schwindens nach Abschnitt 8.6.

Die Gesamtverformung erhält man damit am Beispiel der Krümmung und Durchbiegung zu

$$\frac{1}{\varphi_{tot}} = \frac{1}{\varphi_k} + \sum \Delta \frac{1}{\varphi_d} \quad ; \quad v_{tot} = v_k + \sum \Delta v_d \quad (29)$$

Es bedeuten:

$\frac{1}{\varphi_k} ; v_k$ Kurzzeitkrümmung bzw. -durchbiegung für die im betrachteten Zeitpunkt wirkende Beanspruchungskombination M, N, N_p nach Abschnitt 8.5.

$\Delta \frac{1}{\varphi_d} ; \Delta v_d$ Zuwachs infolge Kriechens und Schwindens im betrachteten Zeitabschnitt für jeweilige Dauerlastbeanspruchungskombination M_d, N_d, N_p nach Abschnitt 8.6.

Die Summenbildung in Gleichung (29) ist bei Unterteilung in mehrere Zeitabschnitte erforderlich, wobei gegebenenfalls auch ein negativer Zuwachs auftritt, siehe Bild 16a und 16b.

Für Knotenverdrehungen und Verdrillungen gelten die Angaben sinngemäß.

8.3. Rißbildungs- und Rißöffnungsbeanspruchung (M_R, M_{R0})

Zustand I ist anzunehmen, wenn für auftretende Beanspruchungskombinationen M, N, N_p nach Bild 17 M stets kleiner als das Rißbildungsmoment (M_R) oder im Falle vorhandener Risse kleiner als das Rißöffnungsmoment (M_{R0}) ist.

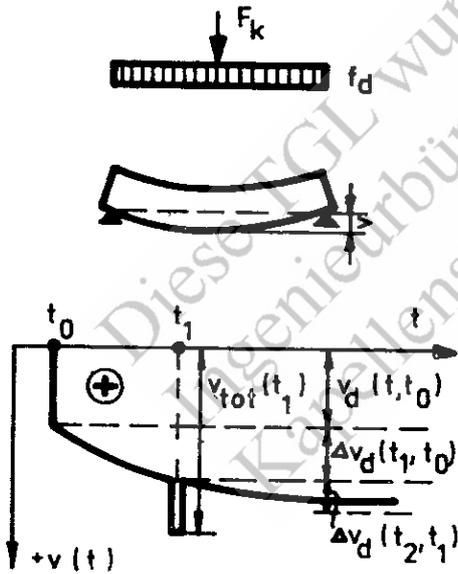
Für $M < M_{R0}$ gilt $\varphi_b = 0$ am betrachteten Zugrand.

Zustand II ist in allen anderen Fällen zugrunde zu legen.

16a) f_d im Zeitabschnitt

$t = t_0$ bis $t = t_1$ und $t = t_1$ bis $t = t_2 = \infty$

$f_k = f_d$ und F_k zum Zeitpunkt $t = t_1$

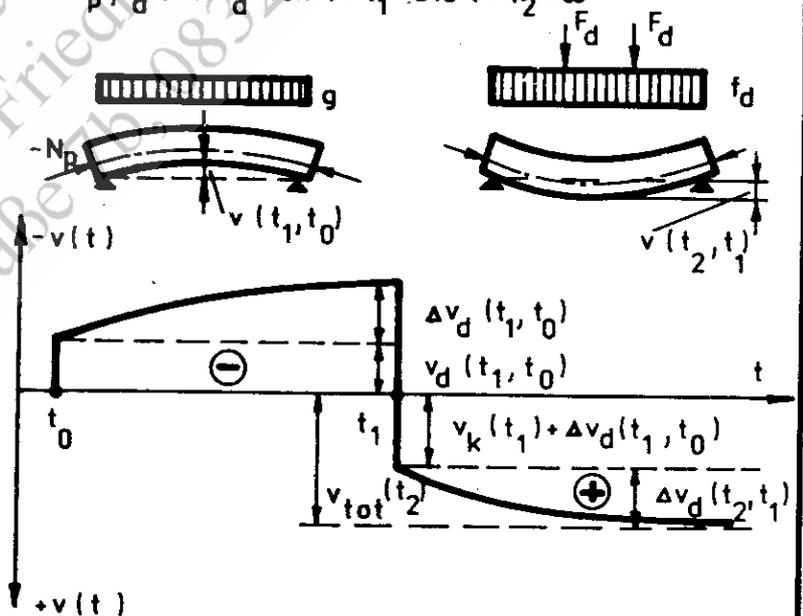


$$v_d(t, t_0) \hat{=} v_k(t_0) \text{ infolge } M_d$$

$$v_{tot}(t_1) = v_k(t_1) + \Delta v_d(t_1, t_0)$$

16b) N_p und g im Zeitabschnitt $t = t_0$ bis $t = t_1$,

N_p, f_d und F_d von $t = t_1$ bis $t = t_2 = \infty$

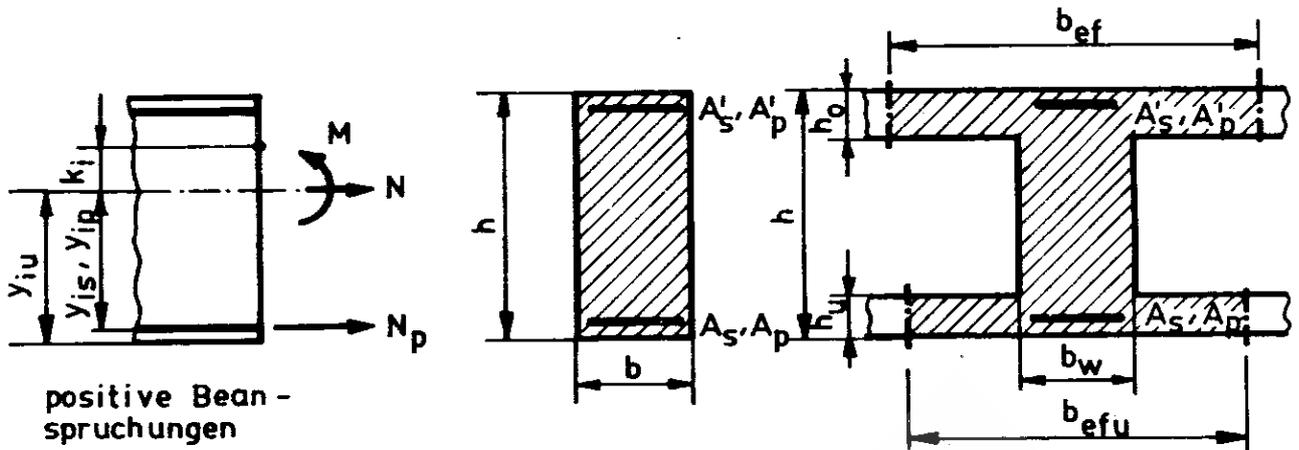


$$v_d(t, t_0) \hat{=} v_k(t_0) \text{ infolge } N_p \text{ und } g$$

$$v_{tot}(t_2) = v_k(t_1) + \Delta v_d(t_1, t_0) + \Delta v_d(t_2, t_1)$$

Bild 16a - 16b Beispiele für Beanspruchung Durchbiegung

Für Verdrillungen infolge Torsionsbeanspruchungen siehe Abschnitt 3. 2.



positive Beanspruchungen

Bild 17 Bezeichnungen für M_R - und M_{R0} -Ermittlung

Für vorwiegend ruhende Lasten ergibt sich mit den positiven Beanspruchungsrichtungen nach Bild 17 für beliebige Werte N , N_p oder $e = M/N$, N_p :

$$M_R = R_{bt}^n W_{pl} - N k_i - N_p (y_{ip} - k_i) \frac{R_{bt}^n W_{pl} - N_p (y_{ip} - k_i)}{1 - \frac{k_i}{e}} \quad (30)$$

$$M_{R0} = -N k_i - N_p (y_{ip} - k_i) \frac{-N_p (y_{ip} - k_i)}{1 - \frac{k_i}{e}} \quad (31)$$

Bei dynamischen Lasten ist das Produkt $R_{bt}^n W_{pl}$ in Gleichung (30) durch $m_{b1} R_{bt}^n W_{pl}$ zu ersetzen. Bei $(N + N_p) > 0$ (Zug) ist k_i in Gleichung 30 stets mit W_{pl}/W_i zu multiplizieren.

Dabei bedeuten:

M , N Moment und Normalkraft aus Lasten, Zwang sowie den Anteilen aus Vorspannung infolge statischer Unbestimmtheit; sie sind auf die Schwerachse des idealen Querschnitts bezogen.

$N_p = -F_{h, sp}^{(0)} \varphi$ Vorspannkraft unter der Bedingung $\sigma_b = 0$ in Höhe des Spannstabes und unter Berücksichtigung des Verlustes infolge Kriechens und Schwindens für den betrachteten Zeitpunkt; siehe TGL 33403/02.

N_p ist als Druckkraft stets negativ.

Die Gleichungen können erforderlichenfalls für N_p in der Druckzone erweitert werden.

R_{bt}^n Betonzugfestigkeit des Betons nach TGL 33403

A_s, A_p Querschnittsfläche der nicht vorgespannten bzw. vorgespannten Zugbewehrung

A'_s, A'_p Querschnittsfläche der nicht vorgespannten Druckbewehrung; Erweiterung für A'_p möglich

y_{is}, y_{ip} Abstand der nicht vorgespannten bzw. vorgespannten Zugbewehrung von der Schwerachse des idealen Querschnitts; siehe auch Bild 4

k_i Abstand des in Richtung Druckrand gelegenen Kernpunktes von der Schwerachse des idealen Querschnitts

$$e_i = \frac{B_i}{E_b A_i y_{iu}} - \frac{J_i}{A_i y_{iu}} - \frac{W_i}{A_i} \quad (32)$$

y_{iu} Abstand des betrachteten Zugrandes von der Schwerachse des idealen Querschnitts; siehe auch Bild 4

A_i Fläche des idealen Querschnitts

W_i Widerstandsmoment des ideellen Querschnitts für den betrachteten Zugrand
 W_{pl} plastisches Widerstandsmoment für den betrachteten Zugrand

$$W_{pl} = \left[0,292 + \frac{1,5 \alpha_s}{b_w h} (A_s + 0,1 A'_s) + 0,15 \frac{(b_{ef} - b_w) h_o}{b_w h} + 0,75 \frac{(b_{efu} - b_w) h_u}{b_w h} \right] b_w h^2 \quad (33)$$

$$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b}$$

Vorgespannte Bewehrung (A'_p) ist wie nicht vorgespannte Bewehrung (A'_s) zu berücksichtigen.

Gleichung (33) gilt mit $b_w = b$ und $h_o = h_u = 0$ auch für Rechteckquerschnitte.

Für den oberen Rand als Zugrand gelten die Angaben sinngemäß; die Momentengleichungen sind dann für den unteren Kernpunkt aufzustellen.

8.4. Wirksame Biegesteifigkeit und wirksame Krümmung

8.4.1. Die Verwendung der wirksamen Biegesteifigkeit bedeutet eine wesentliche Rechenvereinfachung, sie kann jedoch nur für Zustand I bei Biegung mit und ohne Längskraft sowie für Zustand II bei reiner Biegung in einfacher Form angegeben werden. Der k_B -Wert nach Bild 18 ergibt sich als Sonderfall "reine Biegung" aus Gleichung (36). Die wirksame Krümmung $1/\varrho$ erhält man dabei im Zustand II zu M/B .

8.4.2. Die wirksame Biegesteifigkeit (B) darf unter Vernachlässigung einer Druckbewehrung nach den Gleichungen (34) und (35) ermittelt werden.

Es gilt

a) für Zustand I, Biegung mit und ohne Längskraft:

$$B = B_I \quad (34)$$

unter Berücksichtigung des Zugbewehrungsanteils

b) für Zustand II, reine Biegung:

$$B = k_B B_{II} \quad (35)$$

mit k_B nach Bild 18.

Grenzwerte der Biegesteifigkeit B_I, B_{II} nach Bild 3 und 4

k_B berücksichtigt über das Verhältnis M/M_{R0} den Verbundeinfluß, der für $(M/M_{R0}) < 3$ von Bedeutung ist.

k_B ist in der Regel nur für das größte Moment in den Grenzzuständen der Nutzungsfähigkeit für den maßgebenden Schnitt zu berechnen, sofern nicht die Belastungs-Durchbiegungsbeziehung für eine Festbelastung, beginnend mit $M = 0$ zu ermitteln ist.

Mit $k_B = 1,0$, das heißt bei Vernachlässigung der Verbundwirkung, ergibt sich ein oberer Grenzwert der Durchbiegung.

8.4.3. Die wirksame Krümmung ($1/\varrho$) im Zustand II bei Biegung mit Längskraft darf für $M > M_{R0}$ bei Erstbelastung zu

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{1}{\varrho_{II}(M)} - \frac{M_{R0}}{M} \left[\frac{1}{\varrho_{II}(M_{R0})} - \frac{1}{\varrho_I(M_{R0})} \right] \quad (36)$$

und für $M_{R0} < M < \max. M$ bei Entlastung und Wiederbelastung zu

$$\frac{1}{\varrho} = \frac{1}{\varrho_{II}(M)} - \frac{M_{R0}}{\max. M} \left[\frac{1}{\varrho_{II}(M_{R0})} - \frac{1}{\varrho_I(M_{R0})} \right] \frac{M - M_{R0}}{\max. M - M_{R0}} \quad (37)$$

angenommen werden.

Dabei bedeuten:

M, M_{R0}, M_{R0} Momente nach Bild 17 und Gleichungen (30) und (31), wobei $\max. M$ der größte auftretende Wert M entsprechend der dort angegebenen Beanspruchung ist

$\frac{1}{\varrho_I(M_{R0})} = \frac{M_{R0} + N_p y_{ip}}{B_I}$ Krümmung für Beanspruchungskombination M_{R0}, N_p im Zustand I

$\frac{1}{\varrho_{II}(M_{R0})} = \frac{1}{\varrho_{II}(M)}$ Krümmung für Beanspruchungskombination M_{R0}, N_p bzw. $M_{R0} + M$ bzw. $\max. M$ sowie N_p im Zustand II

$\frac{1}{\varrho_{II}}$ ergibt sich bei Biegung mit Längskraft nach Berechnung der Nullstellenlage aus der kubischen Gleichung für x bzw. k_x zu

$$\frac{1}{\rho_{II}} = \frac{E_s - E_b}{h_s} = \frac{-E_b}{x} = \frac{-\sigma_b}{E_b h_s k_x} = \frac{\sigma_s}{E_s h_s (1-k_x)} \quad (38)$$

Bei vorgespannter Bewehrung ist für σ_s die rißerzeugende Stahlspannung σ_p einzusetzen.

Mit $1/\rho_{II}$, das heißt bei Vernachlässigung der Verbundwirkung, ergibt sich ein oberer Grenzwert der Durchbiegung.

8.5. Kurzzeitverformung

Die Kurzzzeitdurchbiegung im Zustand I und II ergibt sich zu

$$v_k = \int_0^l \frac{1}{\rho(x)} \bar{M}(x) dx \quad (39)$$

wenn $\bar{M}(x)$ die Momente infolge der virtuellen Kraft $\bar{P} = 1$ sind, die am Ort und in Richtung der gesuchten Durchbiegung wirkt.

Für definierte Lastanordnungen und Lagerungsfälle gilt im Falle konstanter Querschnittsabmessungen über die Stablänge mit den Werten α und $\max. M$ nach Tabelle 23 sowie mit B oder $1/\rho_k$ nach Abschnitt 8.4.:

$$v_k = \alpha \frac{1}{\rho_k} l^2 = \alpha \frac{\max. M}{B} l^2 \quad (40)$$

Bei Kragträgern ist gegebenenfalls eine Verdrehung des Einspannquerschnitts zu berücksichtigen. Für beliebige Lastanordnungen ist bei Einfeld- und Durchlaufträgern in Gleichung (40) der Wert α durch

$$\alpha = \frac{1}{\max. M} \sum_j \alpha_j M_j \quad (41)$$

für die zu untersuchende Beanspruchungskombination zu ersetzen.

Dabei bedeuten:

$\max. M = \sum_j M_j$ unter Beachtung des Vorzeichens von M_j einschließlich des Momentes infolge Vorspannung; N_p stets negativ

M_j Momentenwert im maßgebenden Schnitt aus der Einwirkung j bezogen auf die Schwerachse des ideellen Querschnitts

α_j α -Wert, der dem Momentenverlauf von M_j entspricht

Für die Feldmitte von Durchlaufträgern bei reiner Biegung ergibt sich z. B. mit den Werten α_0 und $\max. M_0$ nach Tabelle 23, Nr. 1 bis 6:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{1}{\max. M} \left[\alpha_0 \max. M_0 + 0,125 \left(\frac{M_S^l + M_S^r}{2} \right) \right] \\ &= \frac{1}{\max. M} \left[\alpha_0 \max. M_0 + 0,125 (\max. M - \max. M_0) \right] \end{aligned} \quad (42)$$

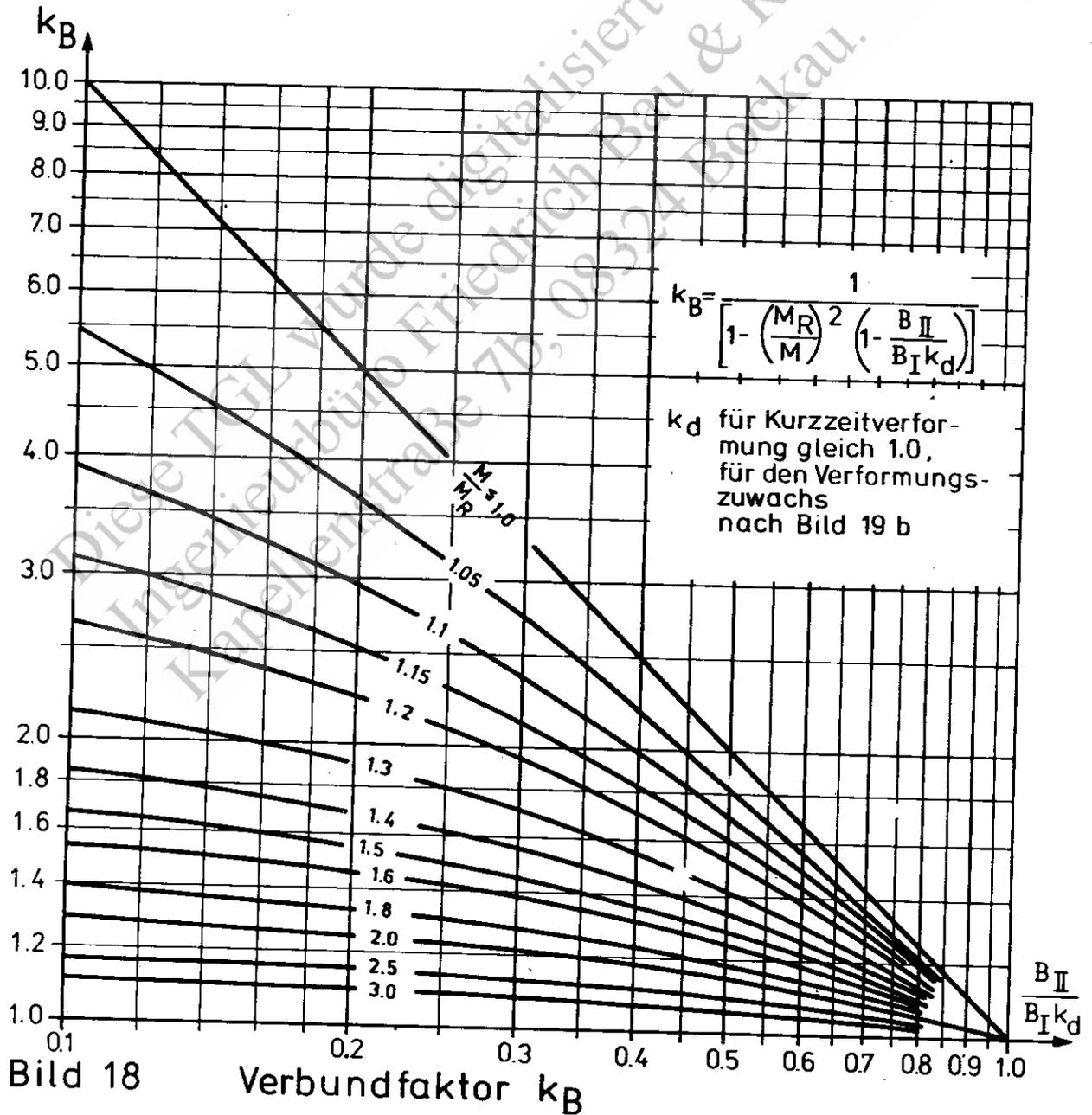
mit $\max. M = \max. M_0 + 0,5 (M_S^l + M_S^r)$, wobei M_S^l, M_S^r die zu $\max. M$ gehörigen Stützmente des betrachteten Feldes für den gleichen Lastfall sind; der Index "0" kennzeichnet den Fall des statisch bestimmt gelagerten Einfeldträgers.

Für einen vorgespannten Einfeldträger mit gerader Spanngliedführung und $\max. M = \max. M_0 + N_p y_{ip}$ erhält man

$$\alpha = \frac{1}{\max. M} \left[\alpha_0 \max. M_0 + 0,125 N_p y_{ip} \right] \quad (43)$$

Tabelle 23 α und max. M für Stabtragwerke

Nr.	Lagerung, Lastanordnung	α_0	max. M_0	Nr.	Lagerung, Lastanordnung	α	max. M
1		0.104	$fl^2/8$	7		0.250	$fl^2/2$
2		0.083	$Fl^2/4$	8		0.200	$fl^2/6$
3		0.107	$Fl^2/3$	9		0.333	Fl^2
4		0.100	$fl^2/12$	10		0.500	M
5		0.101	$fl^2/9.39$	11		0.077	$fl^2/14.2$
6		0.125	$(M_1+M_2)/2$	12		0.063	$fl^2/24$



Die Verdrehung eines Querschnittes infolge Verdrillung der Stabachse ergibt sich für Kurzzeitbeanspruchung analog Gleichung (39) zu:

$$\vartheta_k = \int_0^l \frac{T(x)}{D(x)} \bar{T}(x) dx \quad (44)$$

wenn $T(x)$ die Torsionsmomente aus Einwirkungen sind und $\bar{T}(x)$ diejenigen aus einem virtuellen Moment $T=1$, welches am Ort und in Richtung der gesuchten Verformung wirkt. $D(x)$ ist die Torsionssteifigkeit nach Abschnitt 3.2., für konstante Querschnittsabmessungen über der Stablänge darf $D(x) = D = \text{konstant}$ angenommen werden.

8.6. Verformungszuwachs infolge Kriechens und Schwindens

Der Verformungszuwachs darf mit den Werten k_I , k_{II} , k_d und k_z nach Bild 19 ermittelt werden.

Bei profilierten Querschnitten (T, \perp, I) sind dabei näherungsweise die Bewehrungsverhältnisse μ_s und μ'_s für eine rechteckige Querschnittsfläche zu berechnen, deren Breite

im Zustand I der wirksamen Breite der Zugzone (b_{efu}) und

im Zustand II der wirksamen Breite der Druckzone (b_{ef})

entspricht.

In k_I , k_{II} und k_d ist ein Verhältnis $\left| \frac{\varphi(\Delta t)}{\varepsilon_{sh}(\Delta t)} \right| = 0,8 \cdot 10^4$ berücksichtigt, weitere Einflußgrößen

mit mittleren Werten. Für m_d und $\sigma_{sd} = \infty$ erhält man den reinen Kriechanteil.

Werden bei höherer Genauigkeitsforderung die Werte k_I , k_{II} und k_d für ein anderes Verhältnis $\varphi / \varepsilon_{sh}$ benötigt, ergibt sich z. B. der korrigierte Wert k_I zu

$$k_I = k_I(m_d = \infty) + \left[k_I(m_d) - k_I(m_d = \infty) \right] 0,8 \cdot 10^4 \left| \frac{\varepsilon_{sh}(\Delta t)}{\varphi(\Delta t)} \right| \quad (45)$$

k_{II} und k_d ergeben sich mit σ_{sd} anstelle von m_d in gleicher Weise.

Der Zuwachs von Verformungen in Gleichung (29) darf wie folgt angenommen werden:

a) Zustand I, Biegung mit und ohne Längskraft:

$$\Delta \frac{1}{\varphi_d} = \frac{M_d + N_p y_{ip}}{B_I} k_I \varphi(\Delta t) ; \Delta v_d = \alpha \left(\Delta \frac{1}{\varphi_d} \right) l^2 \quad (46)$$

mit M , M_d und N_p nach Bild 17

Dabei bedeuten:

k_I Faktor nach Bild 19a; für negative Werte m_d ist vereinfachend k_I ohne Schwindanteil mit $m_d = \infty$ zu verwenden; A_p ist wie A_s zu berücksichtigen.

$\varphi(\Delta t)$ Kriechzahl für betrachteten Zeitabschnitt Δt nach TGL 33403; in der Regel ist Berechnung für die Einwirkungszeit einer konstanten Dauerlast ausreichend, z. B. $\Delta t = \infty$ (d. h. $t = t_0$ bis $t = t_1 = \infty$)

α Durchbiegungsfaktor nach Tabelle 23 oder Gleichung (41); er darf wie für v_k angenommen werden, wenn der Momentenverlauf für die Kombination M_d , N_d , N_p sich nicht wesentlich von dem der Kombination $\max. M, N, N_p$ unterscheidet.

Für N_p ist eine Vorspannkraft einzuführen, die etwa 80 % des Spannkraftabfalles berücksichtigt, der sich im betrachteten Zeitabschnitt einstellt.

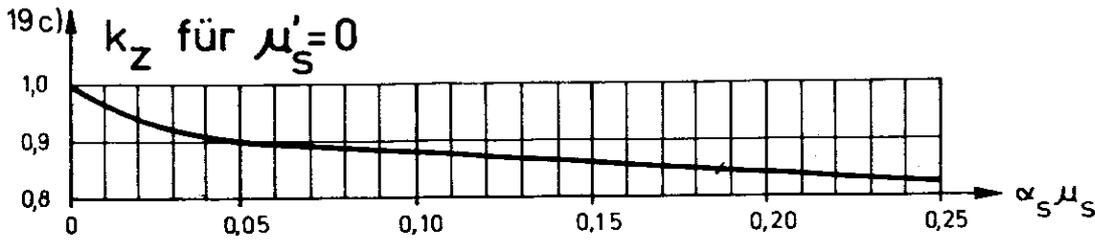
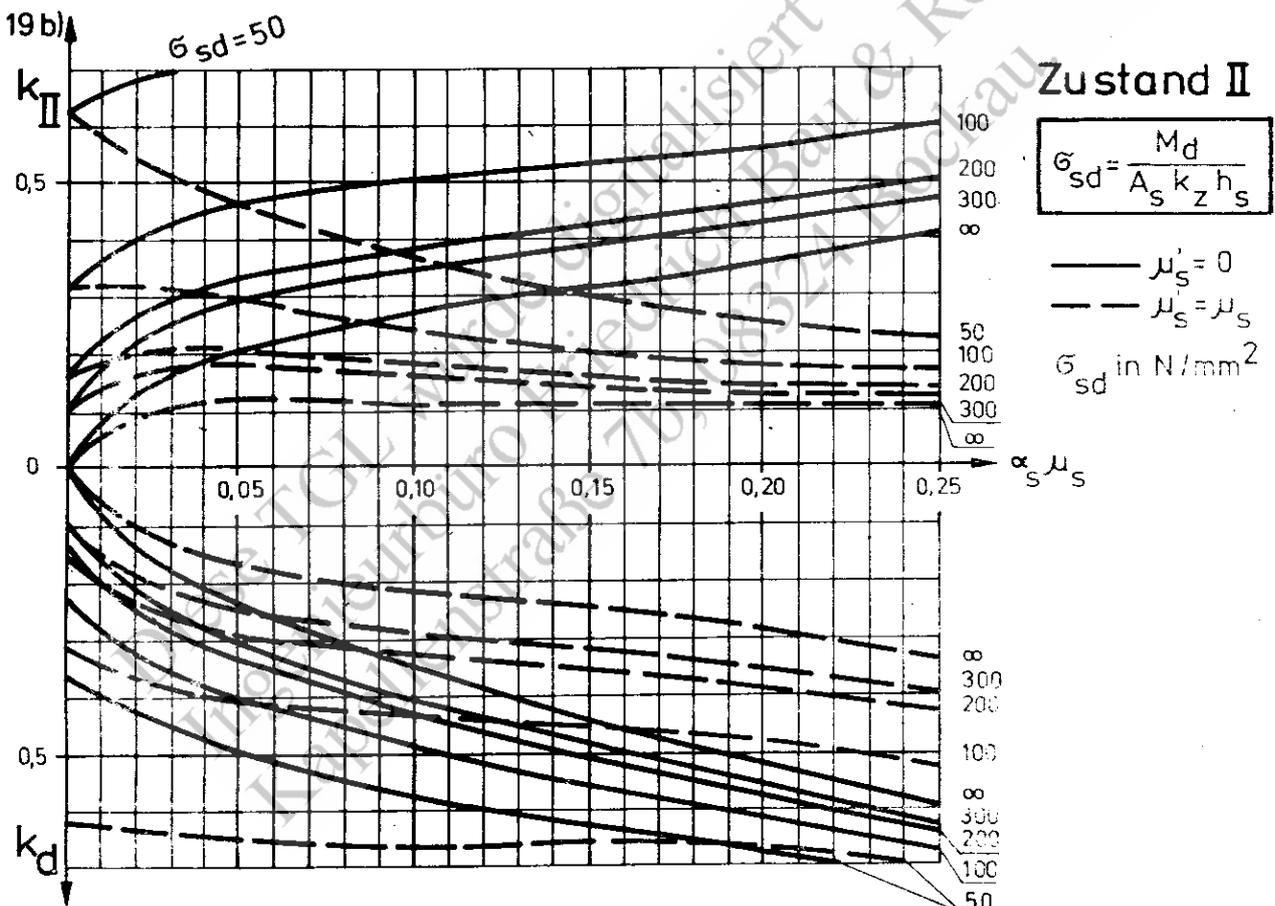
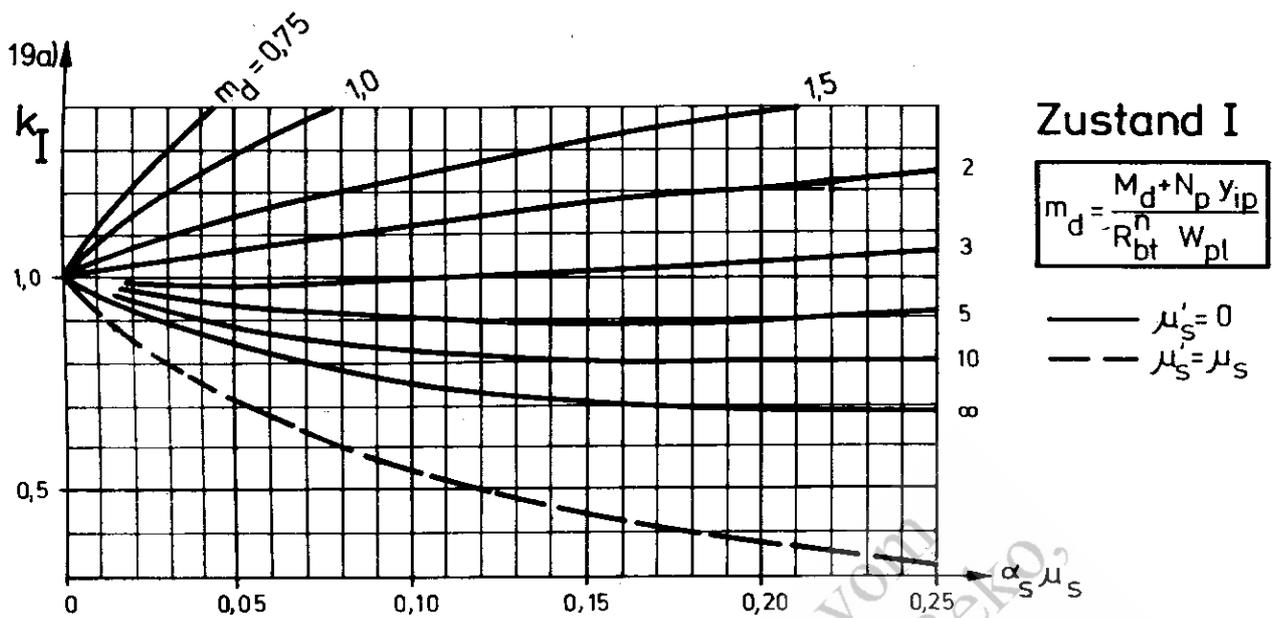


Bild 19a - 19c k_I , k_{II} , k_d und k_z für Rechteckquerschnitte

b) Zustand II, reine Biegung:

$$\Delta \frac{1}{\rho_d} = \frac{M_d}{k_B B_{II}} k_{II} \varphi(\Delta t); \Delta v_d = \alpha \left(\Delta \frac{1}{\rho_d} \right) l^2 \quad (47)$$

Die Hinweise zu $\varphi(\Delta t)$ und α unter a) sind zu beachten.

Dabei bedeuten:

k_{II} Faktor nach Bild 19b als Funktion der Dauerlaststahlspannung σ_{sd}
 k_B Faktor nach Bild 18 unter Berücksichtigung von k_d nach Bild 19b, vgl. Hinweise in Abschnitt 8.4.2. in bezug auf M/M_R ;
für $B_{II}/B_{I} k_d > 1,0$ ist die Gleichung in Bild 18 auszuwerten.

c) Zustand II, Biegung mit Längskraft

Der Zuwachs darf mit folgender Interpolationsformel abgeschätzt werden:

$$\left(\Delta \frac{1}{\rho_d} \right)_{II}^{N \neq 0} = \left(\Delta \frac{1}{\rho_d} \right)_{II}^{N=0} - \left(\frac{k_i}{e} \right)^2 \left[\left(\Delta \frac{1}{\rho_d} \right)_{II}^{N=0} - \left(\Delta \frac{1}{\rho_d} \right)_{I}^{N \neq 0} \right] \quad (48)$$

Dabei bedeuten:

$\left(\Delta \frac{1}{\rho_d} \right)_{I}^{N \neq 0}$ Zuwachs nach Gleichung (46); für $(N_d + N_p) > 0$ (Zug) ist dieser Anteil gleich Null zu setzen

$\left(\Delta \frac{1}{\rho_d} \right)_{II}^{N=0}$ Zuwachs nach Gleichung (47), wobei jedoch das resultierende Moment $M_d + N_p y_{ip}$, gegebenenfalls mit Anteilen infolge N_d , einzusetzen ist

$\frac{k_i}{e}$ reziproke resultierende Ausmittigkeit

$$\left| \frac{k_i}{e} \right| = \frac{|(N_d + N_p) k_i|}{M_d + N_p y_{ip}} \leq 1,0 \quad (49)$$

$$\text{für } \left| \frac{k_i}{e} \right| > 1,0 \text{ gilt } \left| \frac{k_i}{e} \right| = 1,0$$

Die angegebenen Gleichungen ermöglichen die direkte Lösung für einen einfachen Kriech- und Schwindprozeß nach Bild 16a. Bei einer Änderung der Dauerbeanspruchung, z. B. nach Bild 16b, ist gemäß TGL 33403 im Zeitabschnitt $t > t_1$ sowohl der anteilige Kriechprozeß infolge der Dauerbeanspruchung des ersten Zeitabschnittes (t_1, t_0) unter gegebenenfalls verändertem Zustand (I oder II) zu erfassen als auch die bei t_1 auftretende Beanspruchungsänderung mit der ab t_1 gültigen Kriechzahl zu berücksichtigen. Die Beanspruchungsänderung ist gleich der krümmungsverursachenden Momentendifferenz:

$$\Delta M_{d,2} = (M_{d,2} + N_{p,2} y_{ip}) - (M_{d,1} + N_{p,1} y_{ip}),$$

$$\text{für } N_{p,1} \approx N_{p,2} \text{ gilt } \Delta M_{d,2} \approx M_{d,2} - M_{d,1}$$

Der Verformungszuwachs infolge $\Delta M_{d,2}$ (positiver oder negativer Zuwachs) ist gesondert zu berechnen, wobei in den Gleichungen (46), (47) sowie für die Berechnung von m_d und σ_{sd} nach Bild 19 anstelle $(M_d + N_p y_{ip})$ im Zustand I bzw. M_d im Zustand II einheitlich der Wert $\Delta M_{d,2}$ einzusetzen ist.

Für k_I, k_{II} und k_d ist zu beachten, daß für $t > t_1$ der anteilige Schwindeinfluß nur einfach berücksichtigt wird, z. B. beim Zuwachs infolge $M_{d,1}$ oder beim Zuwachs infolge $\Delta M_{d,2}$.

Der Index 1 bzw. 2 kennzeichnet den Zeitabschnitt vor bzw. nach der Beanspruchungsänderung. Für Torsion gelten die Angaben sinngemäß.

d) Zustand I und II, Torsion

Der Zuwachs ergibt sich im Zustand I zu

$$\Delta \vartheta_d = \frac{T}{T} \vartheta_k k_I \varphi(\Delta t) \quad (50)$$

wobei ϑ_k die Kurzzeitverformung nach Gleichung (44) für das Torsionsmoment T ist und

$k_I = 1,0$ angenommen werden darf.

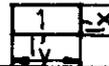
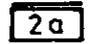
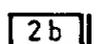
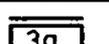
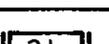
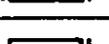
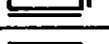
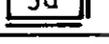
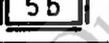
Im Zustand II ist k_I in Gleichung (50) durch $k_{II} \approx 0,3$ zu ersetzen.

9. VERFORMUNGSBERECHNUNG FÜR PLATTENTRAGWERKE

9.1. Allseitig gelagerte Rechteckplatten

Für allseitig gelagerte Rechteckplatten unter gleichmäßig verteilter Last sind für die definierten Lagerungsfälle 1 bis 6 α -Werte in Tabelle 24 zusammengestellt.

Tabelle 24 α für Rechteckplatten unter gleichmäßig verteilter Last

Lagerung	α für l'_y / l'_x					
	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0
	0,110	0,108	0,106	0,106	0,105	0,105
	0,087	0,086	0,085	0,084	0,083	0,083
	0,115	0,111	0,108	0,107	0,106	0,106
	0,067	0,065	0,064	0,063	0,063	0,063
	0,121	0,113	0,109	0,108	0,107	0,106
	0,090	0,087	0,086	0,085	0,084	0,084
	0,069	0,067	0,065	0,064	0,063	0,063
	0,093	0,089	0,087	0,086	0,085	0,084
	0,072	0,068	0,066	0,065	0,064	0,063

Die Durchbiegung von Platten darf nach den Angaben der Abschnitte 8.5. und 8.6. ermittelt werden, wobei in die Gleichungen (40), (46) und (47) für l' , $\max. M$ bzw. M_d die Werte l'_x sowie m_{F_x} einzusetzen sind.

m_{F_x} ist nach der Elastizitätstheorie unter Berücksichtigung der Lasten f bzw. f_d im Nutzungszustand zu berechnen, z. B. nach Tabelle 13.

Ist keine Drillbewehrung oder keine Sicherung gegen Abheben der freien Ecken vorgesehen, sind die größeren Werte nach Tabelle 14 zu verwenden.

Für B ist die wirksame Biegesteifigkeit in Tragrichtung x zu verwenden. Sie braucht nicht kleiner als in Richtung y angenommen zu werden, was bei annähernd quadratischen Platten der Lagerungsfälle 2b, 3b und 5b maßgebend ist. m_{F_x} und B sind für die gleiche Breitereinheit zu ermitteln.

9.2. Pilz- und Flachdecken

Bei der Verformungsberechnung empfiehlt sich wegen der Unsicherheiten in bezug auf den wirklichen Schnittgrößenverlauf sowie die Größe der ungerissenen Bereiche folgende Näherung, sofern ein genauere Nachweis nicht erforderlich erscheint.

Die Kurzzeitdurchbiegung eines Pilzdeckeninnenfeldes in Feldmitte ergibt sich mit nach Tabelle 25 zu

$$v_k = \left[1 - 1,7 \left(\frac{d_s}{l_y} - 0,05 \right) \right] \left[1 + \left(\frac{l_x}{l_y} \right)^4 \right] \frac{f l_y^4}{384 B} \quad (51)$$

Tabelle 25 γ -Werte

$\frac{l_y}{l_x}$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	> 2,0
γ	1,20	1,32	1,45	1,59	1,74	1,90	0,93 $\frac{l_y}{l_x}$

Gleichung (51) gilt unter folgenden Bedingungen:

Es wirkt volle Last f in allen Feldern.

In der jeweiligen Richtung sind gleiche Stützenabstände vorhanden.

l_y ist die jeweils größere Stützweite des Stützenrasters.

$\frac{d_s}{l_y}$ liegt in den Grenzen von 0,05 bis 0,30

Dabei bedeuten:

d_s Dicke der Stützen bei Flachdecken. Bei Stützenkopfverstärkungen darf für d_s der Durchmesser eines einbeschriebenen Kegels mit einer Neigung von mindestens 1:3 eingesetzt werden. Für Hubdecken ist $d_s = 0,05 l_y$ anzunehmen.

f Linienlast für einen Plattenstreifen von 1 m Breite, für den auch B zu bestimmen ist.

Für die Berechnung von B darf näherungsweise das arithmetische Mittel der Bewehrungsverhältnisse μ_s des Feld- und Gurtstreifens der größeren Stützweite in Feldmitte zugrunde gelegt werden.

M/M_R darf vereinfachend für den Feldstreifen in Feldmitte berechnet werden.

Der Verformungszuwachs infolge Kriechens und Schwindens darf näherungsweise zu $[0,4 \varphi(\Delta t)] [f_d / f] v_k$ angenommen werden, wenn $\varphi(\Delta t)$ die Kriechzahl im betrachteten Zeitabschnitt und f_d der Dauerlastanteil ist.

Hinweise

Gemeinsam mit TGL 33401/01, TGL 33402, TGL 33403, TGL 33404/01, TGL 33405/01 und /02, TGL 33411/01 und /02, TGL 33412/01, /02, /05 und /06, TGL 33418/01 und /02, TGL 33419/01 und TGL 33421/01 Ersatz für TGL 11422 Ausg. 3.64, TGL 22810 Ausg. 5.72, TGL 0-1044 Ausg. 1.63, TGL 0-1045 Ausg. 4.73, TGL 0-1046 Ausg. 1.63, TGL 0-1047 Ausg. 3.63, TGL 0-4225 Ausg. 4.63, TGL 0-4227 Ausg. 5.63 und TGL 116-0648 Ausg. 10.62

Änderungen gegenüber TGL 0-1044, TGL 0-1045, TGL 0-1046, TGL 0-4225 und TGL 0-4227:

Vollständig überarbeitet, Inhalt neu geordnet.
Bereitstellung von Hilfsmitteln.

Im vorliegenden Standard ist auf folgende Standards Bezug genommen:
TGL 33402; TGL 33403; TGL 33404/01; TGL 33405/01 und /02

Dieser Standard ist Bestandteil des ETV Beton, Teilkomplex - Berechnung und bauliche Durchbildung -.