

Deutsche  
Demokratische  
Republik

Stahlbau  
STABILITÄTSFÄLLE  
Berechnung nach zulässigen Spannungen  
Allgemeine Grundlagen

★ TGL  
13 503  
Teil 1

Gruppe 135000

Стальное строительство  
Устойчивость  
Расчет основанный на допуска-  
емых напряжениях  
Общие основания

Steel Structures  
Stability Conditions  
Calculation of  
Permissible Stress  
General Fundamentals

Verbindlich ab 1.4.1973

Abweichungen von diesem Standard sind zulässig, wenn sie durch Theorie oder Versuche ausreichend begründet und von der zuständigen Prüfstelle genehmigt sind.

Die Festlegungen zum Grenzlastfall S gelten nicht für Brücken im Verkehrsbau.

### Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Allgemeines	2
KNICKUNG UND KIPPUNG	
2. Formen der Instabilität	2
3. Berechnung der Knickstäbe	3
GERADE, PLANMÄSSIG MITTIG GEDRÜCKTE STÄBE	
4. Allgemeines	3
5. Höchstzulässiger Schlankheitsgrad	4
6. Knicklänge	4
7. Einteilige Druckstäbe von gleichbleibendem Querschnitt	6
8. Mehrteilige Druckstäbe von gleichbleibendem Querschnitt	17
9. Dünnwandige Teile von Druckstäben	29
GERADE, PLANMÄSSIG AUSSERMITTIG GEDRÜCKTE STÄBE; BEANSPRUCHUNG AUF DRUCK UND BIEGUNG	
10. Gerade, planmäßig außermittig gedrückte Stäbe von gleichbleibendem Querschnitt	30

Fortsetzung Seite 2 bis 56

Verantwortlich: VEB Metalleichtbaukombinat  
Bestätigt: 10.7.1972, Amt für Standardisierung, Berlin

	Seite
DRUCKGURTE UND DRUCKSTÄBE MIT FEDERNDER QUERSTÜTZUNG, VERBÄNDE UND HILFSSTÄBE ZUM ABSTÜTZEN VON DRUCKSTÄBEN	
11. Allgemeines	35
12. Näherungsverfahren	35
BOGENTRÄGER	
13. Knickung symmetrischer Bogenträger	40
14. Rahmen	43
Nachweis nach Theorie II. Ordnung	
Nachweis nach dem $\omega$ - Verfahren	
KIPPUNG DER TRÄGER	
15. Kippsicherheit von Trägern mit I-Querschnitt	45
BEULUNG EBENER BLECHE	
16. Allgemeines	46
17. Nachweis der erforderlichen Beulsicherheit	47
18. Aussteifung von Stegblechen	54
19. Zuständige Prüfstellen	54
1. Allgemeines	

Die Stabilität des Gleichgewichtes eines Stahltragwerkes muß nicht nur im fertigen Zustand, sondern auch in jedem Bau- und Umbauzustand gesichert sein.

## KNICKUNG UND KIPPUNG

### 2. Formen der Instabilität

Im allgemeinen Fall des gedrückten Stabes, bei dem Schwerachse (S), Schubmittelpunktachse (M) und Lastwirkungslinie (P) nicht zusammenfallen, siehe Bild 1, tritt beim seitlichen Ausweichen des Stabes sowohl eine Verbiegung als auch eine Verdrehung ein, wobei im allgemeinen die Verbindungslinie der Drillruhepunkte (D) mit keiner der genannten Linien zusammenfällt und bei geeigneten Randbedingungen an den Stabenden auch eine Kurve sein kann.

Unter Kippen wird das mit einer Verdrehung der Querschnitte verbundene seitliche Ausweichen eines doppelt- oder einfachsymmetrischen Trägers verstanden, der in der Symmetrie-Ebene durch Querkraftbiegung beansprucht ist und außerdem noch Längskräfte haben kann. Ist keine Querkraft, sondern nur Längskraft und gegebenenfalls ein konstantes Biegemoment vorhanden, so wird der allgemeine Instabilitätsfall Biegedrillknicken genannt.

Wenn von vornherein Biegemomente vorhanden sind, die eine Verformung in Richtung des Ausweichens hervorrufen, liegt im allgemeinen ein Traglastproblem, bei Beschränkung auf den elastischen Formänderungsbereich ein Spannungsproblem nach der Theorie II. Ordnung vor, in Sonderfällen auch ein Verzweigungsproblem.

Je nach Lage des Lastangriffspunktes und Form des Querschnittes ergeben sich als Sonderfälle die Biegeknickung mit ausschließlicher Verbiegung des Stabes um eine Hauptachse - ausgedrückt im elastischen Bereich durch die Euler-Formeln - und die Drillknickung mit ausschließlicher Verdrehung des Stabes um die dann mit der Schubmittelpunktachse (M) und der Lastwirkungslinie (P) zusammenfallende Schwerachse (S). Weitere Erläuterungen siehe TGL 13 503 Bl. 2.

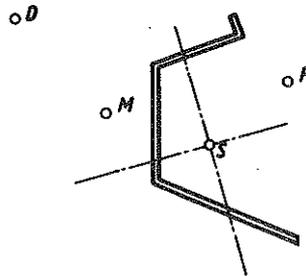


Bild 1

### 3. Berechnung der Knickstäbe

Die Berechnung der Knickstäbe hat im Regelfall nach der Theorie II. Ordnung unter Annahme einer ungewollten Außermittigkeit zusätzlich zu der unter Umständen vorhandenen planmäßigen Außermittigkeit zu erfolgen; außerdem ist gegen Erreichen der Eulerlast abzusichern.

Bei der Berechnung nach der Theorie II. Ordnung ist als Spannungs-Dehnungs-Gesetz bis zur Streckgrenze ideal-elastisches Verhalten und darüber ideal-plastisches Verhalten angenommen.

Die Biegelinie aus ungewollter Außermittigkeit darf ähnlich der ersten Eigenfunktion beim Knicken angesetzt werden; damit sollen auch andere Einflüsse, z. B. Eigenspannungen, abgegolten werden.

## GERADE, PLANMÄSSIG MITTIG GEDRÜCKTE STÄBE

### 4. Allgemeines

Als gerade, mittig gedrückte Stäbe gelten nur die, die nach dem Bau-Entwurf als solche angegeben sind. Stäbe, deren Druckkraft außermittig an einem planmäßig bekannten Hebel angreift oder deren Achse schon im lastfreien Zustand eine Krümmung von planmäßig festgelegter Größe hat, oder Stäbe, die außer der Druckkraft noch Querlasten oder Kräftepaare zu tragen haben, sind nach Abschnitt 10. zu berechnen. Bei waagrecht oder schräg

liegenden Druckstäben, deren auf die waagerechte Ebene projizierte Netzlänge mehr als 6,00 m beträgt, ist zusätzlich die Wirkung der Eigenlast nach Abschnitt 10.5. zu berücksichtigen.

## 5. Höchstzulässiger Schlankheitsgrad

Der Schlankheitsgrad ( $\lambda$ ) der Druckstäbe darf nicht größer als 300 sein. Insonderheit gilt folgendes:

Für Brücken im Verkehrsbau darf der Schlankheitsgrad der Druckstäbe den Wert  $\lambda = 150$  nicht überschreiten; Füllstäbe von Verbänden, die nur durch Zusatzkräfte belastet werden, oder Hilfsstäbe, die gedrückte Gurte nur gegen das Ausknicken sichern, dürfen jedoch einen Schlankheitsgrad bis 200 aufweisen. Bei mehrteiligen Druckstäben ist hier der ideale Schlankheitsgrad ( $\lambda_1$ ) einzuführen. Für Gittermaste von Starkstromleitungen entfällt die Begrenzung der Schlankheit, ebenso für den rechnerischen Schlankheitsgrad von Rahmenriegeln.

## 6. Knicklänge

### 6.1. Allgemeines

6.1.1. Die Bemessung von Druckstäben mit gleichbleibender Querschnittsfläche ( $F$ ), jedoch mit beliebiger Lagerung oder veränderlichen Normalkräften oder mit Druckkräften, die ihre Richtung während des Ausknickens nicht beibehalten, wird zurückgeführt auf das Verfahren des Abschnittes 7. zur Bemessung von Stäben mit gelenkiger Lagerung und an den Enden angreifenden richtungstreuen Druckkräften. Es ist dazu als rechnerische Knicklänge eine gedachte Länge  $s_K = \beta \cdot s$  einzuführen, worin  $s$  die Netzlänge des Stabes bedeutet. In der Regel wird vorausgesetzt, daß die beiden Enden des Stabes durch Verbände, Scheiben, Zugglieder oder nach Abschnitt 12. gegen seitliches Ausweichen gesichert sind. Die Wirkung einer **E i n s p a n n u n g** und **V e r h i n d e r u n g** d e r **Q u e r s c h n i t t s v e r w ö l b u n g** s i n d n i c h t z u b e r ü c k s i c h t i g e n, wenn von den im weiteren angeführten Ausnahmefällen abgesehen und kein genaueres, auch das Verhalten der einspannenden Stäbe - also der **g e s a m t e n** Stabverbindung - berücksichtigender Nachweis erbracht wird. Die Stabenden sind demnach als **g e l e n k i g** festgehalten anzusehen und die Knicklänge ( $s_K$ ) ist  $s$  gleichzusetzen. Ist die Voraussetzung unverschieblich festgehaltener Stabenden nicht erfüllt, so kann  $s_K$  erheblich größer als  $s$  sein ( $\beta > 1$ ).

6.1.2. Beim Anschluß von Hilfsstäben, die einen Druckstab gegen das seitliche Ausknicken sichern sollen, ist darauf zu achten, daß auch die abstehenden Teile (Flanschen) des Druckstabes gegen das seitliche Ausweichen gesichert sind.

### 6.2. Gurtstäbe von Fachwerken und Endstreben von Trapezträgern

6.2.1. Für das Ausknicken **i n d e r F a c h w e r k e b e n e** gilt  $s_K = s$ .

6.2.2. Für das Ausknicken **r e c h t w i n k l i g** z u r **F a c h w e r k e b e n e** gelten folgende Festsetzungen:

Sind die Knotenpunkte seitlich unverschieblich festgehalten, so ist  $s_K = s$ .

Sind die Knotenpunkte nur federnd quergestützt, so gelten die Festlegungen der Abschnitte 11. und 12.

Sind die Knotenpunkte a und b in beiden Fachwerkebenen seitlich unverschieblich festgehalten, wirken aber in den beiden Hälften der Stablänge verschieden große Druckkräfte  $N_1$  und  $N_2 < N_1$ , siehe Bild 2, so ist der Stab mit der Druckkraft  $N_1$  und der Knicklänge  $s_K = s \cdot (0,75 + 0,25 \cdot N_2/N_1)$  zu berechnen.

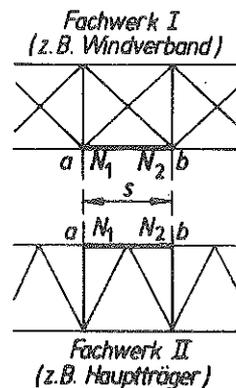


Bild 2

### 6.3. Streben und Pfosten von Fachwerken

6.3.1. Für das Ausknicken in der Fachwerkebene und das Drilknicken gilt für  $s_K$  der Abstand  $s_0$ , der nach der Zeichnung geschätzten Schwerpunkte der Anschlußnietgruppen oder Schweißanschlüsse an den beiden Stabenden. Für Fachwerk-Füllstäbe, die ohne Knotenbleche an steifere Gurte angeschweißt sind, darf  $s_K = 0,9 \cdot s$  angenommen werden. Wird der Stab von einem anderen Stab gekreuzt, so darf der Kreuzungspunkt in der Fachwerkebene als unverschieblich angesehen werden, wenn die sich kreuzenden Stäbe durch mindestens ein Viertel der zum Anschluß des gedrückten Stabes erforderlichen Niete oder eine gleichwertige Schweißverbindung miteinander verbunden sind.

6.3.2. Für das Ausknicken rechtwinklig zur Fachwerkebene gelten folgende Festlegungen:

Ist der Stab an den beiden Enden unverschieblich festgehalten, so gilt  $s_K = s$ . Sind beide Stabenden unverschieblich festgehalten und elastisch eingespannt, so darf die Knicklänge bei entsprechender Begründung bis zu  $s_K = 0,7 \cdot s$ , siehe Bild 3 b, bei einseitiger Einspannung bis zu  $s_K = 0,8 \cdot s$ , siehe Bild 3 a, herabgesetzt werden. Für querverschiebliche Rahmen gilt der Abschnitt 14.

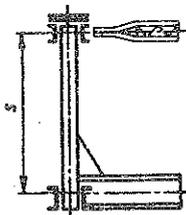


Bild 3 a

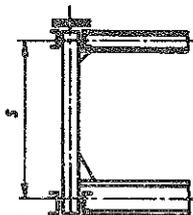


Bild 3 b

6.3.3. Besteht der Stab aus einem einzelnen Winkelstahl, so gilt Abschnitt 10.8.

#### 6.4. Geschoßstützen

6.4.1. Stehen die Stützen in mehreren Stockwerken übereinander und werden ihre Enden unverrückbar festgehalten, so darf die Geschoßhöhe als Knicklänge zugrunde gelegt werden. Beim untersten Geschoß ist die Knicklänge vom Stützenfuß aus zu messen.

6.4.2. Eingemauerte, eingeschossige Stützen in 1/2-Stein dicken Stahlfachwerkwänden müssen auch auf Knickung in der Wandebene berechnet werden, und zwar mindestens mit einer Knicklänge gleich dem Abstand der an die Stützen angeschlossenen Riegel, die durch Verbände dauernd gegen Verschiebungen in der Wandebene gesichert sind. Werden Stahlstützen in mehr als 1/2-Stein dicke Wände eingemauert, so müssen sie in der Wandebene zumindest für die Länge knicksicher ausgebildet werden, die der Tür- oder Fensterhöhe des betreffenden Gebäudes entspricht.

Bei Stützen in ausgemauerten Wänden von mehr geschossigen Stahlskelettbauten darf die Querstützung durch die Ausmauerung bei der Bestimmung der wirksamen Knicklänge nicht berücksichtigt werden.

### 7. Einteilige Druckstäbe von gleichbleibendem Querschnitt

7.1. Bei einteiligen Druckstäben muß

$$\sigma_c = \frac{N}{F} \leq \frac{zul \sigma}{\omega} \quad (1)$$

sein.

Hierbei bedeutet:

N Absolutwert der größten im Stab auftretenden Druckkraft, berechnet unter Berücksichtigung der dynamischen Kräfte und Schwingbeiwerte nach den jeweiligen Vorschriften;

- F ungeschwächte Querschnittsfläche des Stabes;
- zul  $\sigma$  für den untersuchten Belastungsfall und die gewählte Baustahlsorte geltende zulässige Spannung<sup>1)</sup>;
- $\omega$  von der Art des Querschnitts, vom Anwendungsbereich, von der Baustahlsorte und vom Schlankheitsgrad  $\lambda$  abhängige Knickzahl, die den Tabellen 1 bis 3 sowie für Brücken im Verkehrsbau den Tabellen 4 zu entnehmen ist;
- $\lambda$  Schlankheitsgrad des Stabes, das ist der größere der beiden Verhältnismerte  $\lambda_x = s_{Kx} / i_x$  oder  $\lambda_y = s_{Ky} / i_y$ , wobei  $s_{Kx}$ ,  $s_{Ky}$  die Knicklängen des Stabes nach Abschnitt 6. für das Ausknicken rechtwinklig zur Querschnittshauptachse  $x - x$  oder  $y - y$  und  $i_x$ ,  $i_y$  die zugeordneten Hauptträgheitshalbmesser sind.

7.2. Stäbe mit geringem Drillwiderstand sind, falls erforderlich, auf Biegedrillknickung und Drillknickung nach TGL 13 503 Bl.2 zu untersuchen.

Tabelle 1 a Knickzahlen ( $\omega$ ) für geschweißte Stäbe aus St 38 für geometrisch ungünstige Querschnitte mit wesentlichen Eigenspannungen, das heißt mit Längs-Schweißnähten, z.B. L, +, T, 

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	10
20	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	20
30	1,14	1,14	1,15	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,18	1,19	30
40	1,20	1,20	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	40
50	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	50
60	1,37	1,38	1,40	1,41	1,42	1,43	1,44	1,46	1,47	1,48	60
70	1,50	1,51	1,53	1,54	1,56	1,57	1,59	1,60	1,62	1,63	70
80	1,65	1,67	1,69	1,70	1,72	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	80
90	1,84	1,86	1,88	1,90	1,92	1,94	1,97	1,99	2,01	2,03	90
100	2,06	2,08	2,10	2,13	2,15	2,18	2,20	2,23	2,25	2,28	100
110	2,31	2,33	2,36	2,39	2,42	2,44	2,47	2,50	2,53	2,56	110
120	2,59	2,62	2,65	2,68	2,71	2,74	2,77	2,80	2,83	2,87	120
130	2,90	2,93	2,96	3,00	3,03	3,06	3,10	3,13	3,17	3,20	130
140	3,24	3,27	3,31	3,34	3,38	3,41	3,45	3,49	3,53	3,56	140
150	3,60	3,64	3,68	3,71	3,75	3,79	3,83	3,87	3,91	3,95	150
160	3,99	4,03	4,07	4,11	4,16	4,20	4,25	4,31	4,36	4,41	160
170	4,46	4,51	4,57	4,62	4,67	4,73	4,78	4,84	4,89	4,95	170
180	5,00	5,06	5,11	5,17	5,23	5,28	5,34	5,40	5,46	5,52	180
190	5,57	5,63	5,69	5,75	5,81	5,87	5,93	5,99	6,05	6,11	190
200	6,18	6,24	6,30	6,36	6,43	6,49	6,55	6,62	6,68	6,74	200

Fortsetzung der Tabelle Seite 8

<sup>1)</sup> Entgegen der bisherigen Regelung ist jetzt auch bei Stabilitätsnachweisen derselbe Wert für die zulässige Spannung einzusetzen wie bei Zug, Druck und Biegung.

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
210	6,81	6,87	6,94	7,01	7,07	7,14	7,20	7,27	7,34	7,41	210
220	7,47	7,54	7,61	7,68	7,75	7,82	7,89	7,96	8,03	8,10	220
230	8,17	8,24	8,31	8,38	8,45	8,53	8,60	8,67	8,75	8,82	230
240	8,89	8,97	9,04	9,12	9,19	9,27	9,34	9,42	9,50	9,57	240
250	9,65	9,73	9,81	9,88	9,96	10,04	10,12	10,20	10,28	10,36	250
260	10,44	10,52	10,60	10,68	10,76	10,84	10,92	11,01	11,09	11,17	260
270	11,26	11,34	11,42	11,51	11,59	11,68	11,76	11,85	11,93	12,02	270
280	12,11	12,19	12,28	12,37	12,45	12,54	12,63	12,72	12,81	12,90	280
290	12,99	13,07	13,16	13,26	13,35	13,44	13,53	13,62	13,71	13,80	290
300	13,90										300

Für Werte unterhalb der Trennlinie gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,75 \sigma_{K1}}$

Tabelle 1 b Knickzahlen ( $\omega$ ) für geschweißte Stäbe aus einem Stahl mit  $\sigma_F = 3,0 \text{ Mp/cm}^2$  für geometrisch ungünstige Querschnitte mit wesentlichen Eigenspannungen, das heißt mit Längsschweißnähten, z.B. L, +, T, 

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	10
20	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	20
30	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20	30
40	1,21	1,22	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	40
50	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,37	1,38	1,39	1,40	50
60	1,42	1,43	1,45	1,46	1,48	1,49	1,51	1,52	1,54	1,56	60
70	1,57	1,59	1,61	1,63	1,65	1,67	1,69	1,71	1,73	1,75	70
80	1,77	1,79	1,81	1,83	1,86	1,88	1,91	1,93	1,95	1,98	80
90	2,01	2,03	2,06	2,08	2,11	2,14	2,17	2,20	2,22	2,25	90
100	2,28	2,31	2,34	2,37	2,40	2,44	2,47	2,50	2,53	2,57	100
110	2,60	2,63	2,67	2,70	2,73	2,77	2,81	2,84	2,88	2,91	110
120	2,95	2,99	3,03	3,06	3,10	3,14	3,18	3,22	3,26	3,30	120
130	3,34	3,38	3,42	3,46	3,50	3,54	3,59	3,63	3,68	3,73	130
140	3,78	3,84	3,89	3,95	4,00	4,06	4,11	4,17	4,23	4,28	140
150	4,34	4,40	4,46	4,52	4,58	4,64	4,70	4,76	4,82	4,88	150
160	4,94	5,00	5,07	5,13	5,19	5,25	5,32	5,38	5,45	5,51	160
170	5,58	5,64	5,71	5,78	5,84	5,91	5,98	6,05	6,12	6,18	170
180	6,25	6,32	6,39	6,46	6,53	6,61	6,68	6,75	6,82	6,89	180
190	6,97	7,04	7,11	7,19	7,26	7,34	7,41	7,49	7,57	7,64	190
200	7,72	7,80	7,88	7,95	8,03	8,11	8,19	8,27	8,35	8,43	200
210	8,51	8,59	8,67	8,76	8,84	8,92	9,00	9,09	9,17	9,26	210
220	9,34	9,43	9,51	9,60	9,68	9,77	9,86	9,95	10,03	10,12	220
230	10,21	10,30	10,39	10,48	10,57	10,66	10,75	10,84	10,93	11,02	230
240	11,12	11,21	11,30	11,40	11,49	11,58	11,68	11,77	11,87	11,97	240
250	12,06	12,16	12,26	12,35	12,45	12,55	12,65	12,75	12,85	12,95	250
260	13,05	13,15	13,25	13,35	13,45	13,55	13,66	13,76	13,86	13,97	260
270	14,07	14,17	14,28	14,38	14,49	14,60	14,70	14,81	14,92	15,02	270
280	15,13	15,24	15,35	15,46	15,57	15,68	15,79	15,90	16,01	16,12	280
290	16,23	16,34	16,46	16,57	16,68	16,80	16,91	17,02	17,14	17,25	290
300	17,37										300

Für Werte unterhalb der Trennlinie gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,75 \sigma_{K1}}$

Tabelle 1 c Knickzahlen ( $\omega$ ) für geschweißte Stäbe aus St 52  
für geometrisch ungünstige Querschnitte mit wesentlichen  
Eigenspannungen, das heißt mit Längs-Schweißnähten, z.B.  
L, +, T, 

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	10
20	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14	20
30	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20	1,21	30
40	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	40
50	1,32	1,34	1,35	1,36	1,38	1,39	1,40	1,42	1,43	1,45	50
60	1,47	1,48	1,50	1,52	1,54	1,56	1,57	1,59	1,61	1,64	60
70	1,66	1,68	1,70	1,72	1,75	1,77	1,79	1,82	1,84	1,87	70
80	1,90	1,92	1,95	1,98	2,01	2,04	2,06	2,09	2,12	2,16	80
90	2,19	2,22	2,25	2,28	2,32	2,35	2,38	2,42	2,45	2,49	90
100	2,52	2,56	2,60	2,63	2,67	2,71	2,75	2,79	2,83	2,87	100
110	2,91	2,95	2,99	3,03	3,07	3,11	3,15	3,20	3,24	3,28	110
120	3,33	3,39	3,45	3,50	3,56	3,62	3,68	3,74	3,79	3,85	120
130	3,91	3,97	4,04	4,10	4,16	4,22	4,28	4,35	4,41	4,47	130
140	4,54	4,60	4,67	4,74	4,80	4,87	4,94	5,00	5,07	5,14	140
150	5,21	5,28	5,35	5,42	5,49	5,56	5,64	5,71	5,78	5,85	150
160	5,93	6,00	6,08	6,15	6,23	6,31	6,38	6,46	6,54	6,61	160
170	6,69	6,77	6,85	6,93	7,01	7,09	7,17	7,26	7,34	7,42	170
180	7,50	7,59	7,67	7,76	7,84	7,93	8,01	8,10	8,19	8,27	180
190	8,36	8,45	8,54	8,63	8,72	8,81	8,90	8,99	9,08	9,17	190
200	9,26	9,36	9,45	9,54	9,64	9,73	9,83	9,92	10,02	10,12	200
210	10,21	10,31	10,41	10,51	10,61	10,71	10,81	10,91	11,01	11,11	210
220	11,21	11,31	11,41	11,52	11,62	11,72	11,83	11,93	12,04	12,15	220
230	12,25	12,36	12,47	12,57	12,68	12,79	12,90	13,01	13,12	13,23	230
240	13,34	13,45	13,56	13,68	13,79	13,90	14,02	14,13	14,24	14,36	240
250	14,47	14,59	14,71	14,82	14,94	15,06	15,18	15,30	15,42	15,54	250
260	15,66	15,78	15,90	16,02	16,14	16,26	16,39	16,51	16,63	16,76	260
270	16,88	17,01	17,13	17,26	17,39	17,51	17,64	17,77	17,90	18,03	270
280	18,16	18,29	18,42	18,55	18,68	18,81	18,94	19,08	19,21	19,34	280
290	19,48	19,61	19,75	19,88	20,02	20,15	20,29	20,43	20,57	20,71	290
300	20,84										300

Für Werte unterhalb der Trennlinie gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,75 \sigma_{K1}}$

Tabelle 1 d Knickzahlen ( $\omega$ ) für geschweißte Stäbe aus St 45/60  
für geometrisch ungünstige Querschnitte mit wesentlichen  
Eigenspannungen, das heißt mit Längs-Schweißnähten,  
z. B. L, +, T, 

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,08	1,09	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	10
20	1,12	1,13	1,13	1,14	1,14	1,15	1,15	1,16	1,16	1,17	20
30	1,17	1,18	1,18	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22	1,22	1,23	30
40	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,30	1,31	1,32	1,34	1,35	40
50	1,37	1,38	1,40	1,42	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,53	50
60	1,55	1,57	1,59	1,62	1,64	1,67	1,69	1,72	1,74	1,77	60
70	1,80	1,83	1,85	1,88	1,91	1,94	1,98	2,01	2,04	2,07	70
80	2,11	2,14	2,18	2,21	2,25	2,29	2,32	2,36	2,40	2,44	80
90	2,48	2,52	2,56	2,60	2,64	2,69	2,73	2,77	2,82	2,86	90
100	2,91	2,95	3,01	3,07	3,13	3,19	3,25	3,31	3,38	3,44	100
110	3,50	3,57	3,63	3,70	3,76	3,83	3,90	3,96	4,03	4,10	110
120	4,17	4,24	4,31	4,38	4,45	4,52	4,60	4,67	4,74	4,82	120
130	4,89	4,97	5,04	5,12	5,20	5,28	5,35	5,43	5,51	5,59	130
140	5,67	5,76	5,84	5,92	6,00	6,09	6,17	6,26	6,34	6,43	140
150	6,51	6,60	6,69	6,78	6,87	6,96	7,05	7,14	7,23	7,32	150
160	7,41	7,50	7,60	7,69	7,79	7,88	7,98	8,07	8,17	8,27	160
170	8,37	8,47	8,56	8,66	8,77	8,87	8,97	9,07	9,17	9,28	170
180	9,38	9,48	9,59	9,70	9,80	9,91	10,02	10,12	10,23	10,34	180
190	10,45	10,56	10,67	10,78	10,90	11,01	11,12	11,24	11,35	11,46	190
200	11,58	11,70	11,81	11,93	12,05	12,17	12,29	12,40	12,52	12,65	200
210	12,77	12,89	13,01	13,13	13,26	13,38	13,51	13,63	13,76	13,88	210
220	14,01	14,14	14,27	14,40	14,53	14,66	14,79	14,92	15,05	15,18	220
230	15,31	15,45	15,58	15,72	15,85	15,99	16,12	16,26	16,40	16,54	230
240	16,68	16,81	16,95	17,09	17,24	17,38	17,52	17,66	17,81	17,95	240
250	18,09	18,24	18,38	18,53	18,68	18,82	18,97	19,12	19,27	19,42	250
260	19,57	19,72	19,87	20,02	20,18	20,33	20,48	20,64	20,79	20,95	260
270	21,10	21,26	21,42	21,58	21,73	21,89	22,05	22,21	22,37	22,53	270
280	22,70	22,86	23,02	23,19	23,35	23,51	23,68	23,85	24,01	24,18	280
290	24,35	24,51	24,68	24,85	25,02	25,19	25,36	25,54	25,71	25,88	290
300	26,05										300

Für Werte unterhalb der Trennlinie gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,75 \sigma_{K1}}$

**Tabelle 2 a Knickzahlen ( $\omega$ ) für St 38**  
 für geometrisch ungünstige Querschnitte ohne wesentliche  
 Eigenspannungen, das heißt ohne Längs-Schweißnähte,  
 z.B. L,  $\uparrow$ , T,  $\sqcap$ ,  $\uparrow$   
 und für geometrisch günstige Querschnitte mit wesent-  
 lichen Eigenspannungen, das heißt mit Längs-Schweiß-  
 nähten, z. B. Rohre, Kastenquerschnitte,  $\sqcap$  sowie  
 I bei Knicken in der Stegebene

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	10
20	1,05	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	20
30	1,09	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	30
40	1,13	1,13	1,13	1,14	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17	1,17	40
50	1,18	1,18	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22	1,22	1,23	1,24	50
60	1,25	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	60
70	1,34	1,35	1,36	1,37	1,38	1,40	1,41	1,42	1,44	1,45	70
80	1,46	1,48	1,49	1,51	1,52	1,54	1,55	1,57	1,59	1,60	80
90	1,62	1,64	1,66	1,67	1,69	1,71	1,73	1,75	1,77	1,79	90
100	1,81	1,84	1,86	1,89	1,92	1,94	1,97	2,00	2,03	2,06	100
110	2,08	2,11	2,14	2,17	2,20	2,23	2,26	2,29	2,32	2,35	110
120	2,39	2,42	2,45	2,48	2,51	2,55	2,58	2,61	2,65	2,68	120
130	2,72	2,75	2,78	2,82	2,85	2,89	2,93	2,96	3,00	3,04	130
140	3,07	3,11	3,15	3,18	3,22	3,26	3,30	3,34	3,38	3,43	140
150	3,47	3,52	3,57	3,61	3,66	3,71	3,76	3,81	3,85	3,90	150
160	3,95	4,00	4,05	4,10	4,15	4,20	4,25	4,31	4,36	4,41	160
170	4,46	4,52	4,57	4,62	4,67	4,73	4,78	4,84	4,89	4,95	170
180	5,00	5,06	5,11	5,17	5,23	5,28	5,34	5,40	5,46	5,52	180
190	5,57	5,63	5,69	5,75	5,81	5,87	5,93	5,99	6,05	6,11	190
200	6,18	6,24	6,30	6,36	6,43	6,49	6,55	6,62	6,68	6,74	200

Fortsetzung wie Tabelle 1 a

**Tabelle 2 b Knickzahlen ( $\omega$ ) für Stahl mit  $\sigma_F = 3000 \text{ kp/cm}^2$**   
 für geometrisch ungünstige Querschnitte ohne wesentliche Eigen-  
 spannungen, das heißt ohne Längs-Schweißnähte, z.B. L,  $\uparrow$ , T,  $\sqcap$ ,  $\uparrow$   
 und für geometrisch günstige Querschnitte mit wesentlichen  
 Eigenspannungen, das heißt mit Längs-Schweißnähten, z. B. Rohre,  
 Kastenquerschnitte,  $\sqcap$  sowie I bei Knicken in der Stegebene

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	10
20	1,05	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	20
30	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	30
40	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,17	1,18	1,19	40
50	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	50
60	1,28	1,29	1,30	1,31	1,33	1,34	1,35	1,36	1,38	1,39	60
70	1,40	1,42	1,43	1,45	1,46	1,48	1,50	1,51	1,53	1,55	70
80	1,57	1,59	1,61	1,63	1,65	1,67	1,69	1,71	1,73	1,76	80
90	1,78	1,80	1,83	1,85	1,88	1,90	1,93	1,95	1,98	2,01	90
100	2,04	2,07	2,10	2,13	2,17	2,20	2,23	2,27	2,30	2,34	100
110	2,37	2,41	2,45	2,48	2,52	2,56	2,60	2,64	2,69	2,73	110
120	2,78	2,83	2,87	2,92	2,97	3,02	3,06	3,11	3,16	3,21	120
130	3,26	3,31	3,36	3,41	3,47	3,52	3,57	3,62	3,68	3,73	130
140	3,78	3,84	3,89	3,95	4,00	4,06	4,11	4,17	4,23	4,29	140
150	4,34	4,40	4,46	4,52	4,58	4,64	4,70	4,76	4,82	4,88	150

Fortsetzung wie Tabelle 1 b

Für Werte unterhalb der Trennlinie beider Tabellen gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,75 \sigma_{K1}}$

Tabelle 2 c Knickzahlen ( $\omega$ ) für St 52  
für geometrisch ungünstige Querschnitte ohne wesentliche  
Eigenspannungen, das heißt ohne Längs-Schweißnähte, z.B.

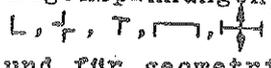


und für geometrisch günstige Querschnitte mit wesentlichen  
Eigenspannungen, das heißt mit Längs-Schweiß-  
nähten, z. B. Rohre, Kastenquerschnitte, ]C sowie I bei  
Knicken in der Stegebene

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	10
20	1,05	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,08	1,09	20
30	1,09	1,10	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14	30
40	1,14	1,15	1,15	1,16	1,17	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	40
50	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,29	1,30	1,31	50
60	1,32	1,34	1,35	1,36	1,38	1,39	1,41	1,43	1,44	1,46	60
70	1,48	1,50	1,52	1,54	1,56	1,58	1,60	1,62	1,64	1,67	70
80	1,69	1,71	1,74	1,76	1,79	1,82	1,84	1,87	1,90	1,93	80
90	1,96	1,99	2,02	2,05	2,08	2,11	2,14	2,18	2,22	2,27	90
100	2,32	2,36	2,41	2,46	2,51	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	100
110	2,80	2,85	2,91	2,96	3,01	3,06	3,12	3,17	3,23	3,28	110
120	3,34	3,39	3,45	3,50	3,56	3,62	3,68	3,74	3,79	3,85	120
130	3,91	3,97	4,04	4,10	4,16	4,22	4,28	4,35	4,41	4,48	130
140	4,54	4,60	4,67	4,74	4,80	4,87	4,94	5,00	5,07	5,14	140
150	5,21	5,28	5,35	5,42	5,49	5,56	5,64	5,71	5,78	5,86	150

Fortsetzung wie Tabelle 1 c

Tabelle 2 d Knickzahlen ( $\omega$ ) für St 45/60  
für geometrisch ungünstige Querschnitte ohne wesentliche  
Eigenspannungen, das heißt ohne Längs-Schweißnähte, z.B.



und für geometrisch günstige Querschnitte mit wesentlichen  
Eigenspannungen, das heißt mit Längs-Schweiß-  
nähten, z. B. Rohre, Kastenquerschnitte, ]C sowie I bei  
Knicken in der Stegebene

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,08	1,09	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	10
20	1,12	1,13	1,13	1,14	1,14	1,15	1,15	1,16	1,16	1,17	20
30	1,17	1,18	1,18	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22	1,22	1,23	30
40	1,24	1,25	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	40
50	1,33	1,34	1,36	1,37	1,38	1,40	1,41	1,42	1,44	1,46	50
60	1,47	1,49	1,51	1,53	1,55	1,57	1,59	1,61	1,63	1,65	60
70	1,67	1,70	1,72	1,75	1,77	1,80	1,83	1,85	1,88	1,91	70
80	1,94	1,97	2,00	2,03	2,07	2,10	2,14	2,19	2,24	2,29	80
90	2,35	2,40	2,45	2,50	2,56	2,61	2,67	2,72	2,78	2,84	90
100	2,90	2,95	3,01	3,07	3,13	3,19	3,25	3,31	3,38	3,44	100

Fortsetzung wie Tabelle 1 d

Für Werte unterhalb der Trennlinie beider Tabellen gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,75\sigma_{Ki}}$

Tabelle 3 a Knickzahlen ( $\omega$ ) für Rohre aus St 38

für geometrisch günstige Querschnitte ohne wesentliche Eigenspannungen, das heißt ohne Längs-Schweißnähte, z.B. Rohre, Kastenquerschnitte sowie I bei Knicken in der Stegebene

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	10
20	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	20
30	1,03	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	30
40	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	40
50	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14	1,15	50
60	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	60
70	1,25	1,26	1,28	1,29	1,30	1,32	1,33	1,35	1,36	1,38	70
80	1,39	1,41	1,43	1,44	1,46	1,48	1,50	1,52	1,54	1,56	80
90	1,58	1,60	1,62	1,65	1,67	1,69	1,71	1,74	1,76	1,79	90
100	1,81	1,84	1,86	1,89	1,92	1,94	1,97	2,00	2,03	2,06	100

Fortsetzung wie Tabelle 2 a

Für Werte unterhalb der Trennlinie gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,75 \sigma_{K1}}$

Tabelle 3 b Knickzahlen ( $\omega$ ) für Rohre aus Stahl mit  $\sigma_F = 3000 \text{ kp/cm}^2$  für geometrisch günstige Querschnitte ohne wesentliche Eigenspannungen, das heißt ohne Längs-Schweißnähte, z. B. Rohre, Kastenquerschnitte sowie I bei Knicken in der Stegebene

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	10
20	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	20
30	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	30
40	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	40
50	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,17	50
60	1,18	1,19	1,20	1,21	1,23	1,24	1,25	1,26	1,28	1,29	60
70	1,31	1,32	1,34	1,36	1,37	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	70
80	1,49	1,52	1,54	1,56	1,58	1,61	1,63	1,66	1,68	1,71	80
90	1,74	1,77	1,79	1,82	1,85	1,88	1,91	1,94	1,97	2,00	90
100	2,04	2,07	2,10	2,13	2,17	2,20	2,23	2,27	2,30	2,34	100

Fortsetzung wie Tabelle 2 b

Für Werte unterhalb der Trennlinie gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,75 \sigma_{K1}}$

**Tabelle 3 c** Knickzahlen ( $\omega$ ) für Rohre aus St 52  
für geometrisch günstige Querschnitte ohne wesentliche  
Eigenspannungen, das heißt ohne Längs-Schweißnähte, z.B. Rohre,  
Kastenquerschnitte sowie I bei Knicken in der Stegebene

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	10
20	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,03	20
30	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	30
40	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,11	40
50	1,11	1,12	1,13	1,14	1,15	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	50
60	1,21	1,23	1,24	1,25	1,27	1,29	1,30	1,32	1,34	1,36	60
70	1,38	1,40	1,42	1,44	1,46	1,49	1,51	1,53	1,56	1,59	70
80	1,61	1,64	1,67	1,70	1,73	1,76	1,79	1,82	1,85	1,88	80
90	1,92	1,95	1,98	2,02	2,05	2,10	2,13	2,18	2,22	2,27	90
100	2,32	2,36	2,41	2,46	2,51	2,55	2,60	2,65	2,70	2,75	100

Fortsetzung wie Tabelle 2 c

Für Werte unterhalb der Trennlinie gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,75 \sigma_{K1}}$

**Tabelle 3 d** Knickzahlen ( $\omega$ ) für Rohre aus St 45/60  
für geometrisch günstige Querschnitte ohne wesentliche  
Eigenspannungen, das heißt ohne Längs-Schweißnähte, z.B.  
Rohre, Kastenquerschnitte sowie I bei Knicken in der Steg-  
ebene

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,03	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	10
20	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	20
30	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,14	1,15	30
40	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	40
50	1,25	1,26	1,27	1,29	1,30	1,31	1,33	1,34	1,36	1,38	50
60	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,49	1,51	1,54	1,56	1,59	60
70	1,61	1,64	1,66	1,69	1,72	1,75	1,77	1,80	1,83	1,87	70
80	1,90	1,93	1,96	2,00	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29	80
90	2,35	2,40	2,45	2,50	2,56	2,61	2,67	2,72	2,78	2,84	90
100	2,90	2,95	3,01	3,07	3,13	3,19	3,25	3,31	3,38	3,44	100

Fortsetzung wie Tabelle 2 d

Für Werte unterhalb der Trennlinie gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,75 \sigma_{K1}}$

Tabelle 4 a Knickzahlen ( $\omega$ ) für St 38  
für Brücken im Verkehrsbau

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	10
20	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	20
30	1,14	1,14	1,15	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,18	1,19	30
40	1,20	1,20	1,21	1,22	1,23	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	40
50	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	50
60	1,37	1,38	1,40	1,41	1,42	1,43	1,44	1,46	1,47	1,48	60
70	1,50	1,51	1,53	1,54	1,56	1,57	1,59	1,60	1,62	1,63	70
80	1,65	1,67	1,69	1,70	1,72	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	80
90	1,84	1,86	1,88	1,90	1,92	1,94	1,97	1,99	2,01	2,03	90
100	2,06	2,08	2,10	2,13	2,15	2,18	2,20	2,23	2,25	2,29	100
110	2,34	2,38	2,42	2,46	2,51	2,55	2,60	2,64	2,69	2,73	110
120	2,78	2,83	2,87	2,92	2,97	3,02	3,06	3,11	3,16	3,21	120
130	3,26	3,31	3,36	3,41	3,47	3,52	3,57	3,62	3,68	3,73	130
140	3,78	3,84	3,89	3,95	4,00	4,06	4,11	4,17	4,23	4,28	140
150	4,34	4,40	4,46	4,52	4,58	4,64	4,70	4,76	4,82	4,88	150
160	4,94	5,00	5,07	5,13	5,19	5,25	5,32	5,38	5,45	5,51	160
170	5,58	5,64	5,71	5,78	5,84	5,91	5,98	6,05	6,11	6,18	170
180	6,25	6,32	6,39	6,46	6,54	6,60	6,68	6,75	6,82	6,89	180
190	6,96	7,04	7,11	7,19	7,26	7,34	7,41	7,49	7,57	7,64	190
200	7,72										200

Für Werte unterhalb der Trennlinie gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,6 \sigma_{K1}}$

Tabelle 4 b Knickzahlen ( $\omega$ ) für St 52  
für Brücken im Verkehrsbau

$\lambda$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$\lambda$
10	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	10
20	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14	20
30	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	1,19	1,19	1,20	1,21	30
40	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	40
50	1,32	1,34	1,35	1,36	1,38	1,39	1,40	1,42	1,43	1,45	50
60	1,47	1,48	1,50	1,52	1,54	1,56	1,57	1,59	1,61	1,64	60
70	1,66	1,68	1,70	1,72	1,75	1,77	1,79	1,82	1,84	1,87	70
80	1,90	1,92	1,95	1,99	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29	80
90	2,34	2,40	2,45	2,50	2,56	2,61	2,67	2,72	2,78	2,84	90
100	2,89	2,95	3,01	3,07	3,13	3,19	3,25	3,31	3,38	3,44	100
110	3,50	3,57	3,63	3,70	3,76	3,83	3,90	3,96	4,03	4,10	110
120	4,17	4,24	4,31	4,38	4,45	4,52	4,59	4,67	4,74	4,82	120
130	4,89	4,97	5,04	5,12	5,20	5,28	5,35	5,43	5,51	5,59	130
140	5,67	5,76	5,84	5,92	6,00	6,09	6,17	6,26	6,34	6,43	140
150	6,51	6,60	6,69	6,78	6,87	6,95	7,04	7,14	7,23	7,32	150
160	7,41	7,50	7,60	7,69	7,79	7,88	7,98	8,07	8,17	8,27	160
170	8,37	8,46	8,56	8,66	8,76	8,87	8,97	9,07	9,17	9,28	170
180	9,38	9,48	9,59	9,64	9,80	9,91	10,02	10,12	10,23	10,34	180
190	10,45	10,56	10,67	10,78	10,90	11,01	11,12	11,23	11,35	11,46	190
200	11,58										200

Für Werte unterhalb der Trennlinie gilt  $\omega = \frac{\sigma_F}{0,6 \sigma_{R1}}$

7.3. Für Stäbe mit  $\lambda < 10$  ist keine Knickuntersuchung durchzuführen. Hier ist  $\omega = 1$  zu setzen.

7.4. Bei Stäben mit wirklich gelenkiger Lagerung, Gelenkbolzen, Zentrierstücke, sind die Maße bei der Fertigung und Montage genau einzuhalten. Bei gedrungene Stäben,  $\lambda < 100$ , ist der Nachweis für außermittige Belastung nach Abschnitt 10.1. zu führen, wobei für die Exzentrizität ein Maß  $a$  anzusetzen ist, das bei der Fertigung und Montage nicht überschritten werden darf.

Wenn dieses Maß  $a$  kleiner ist als der Hebelarm der ungewollten Außermittigkeit

$$u = \frac{\mu_0 \cdot l^2}{e},$$

so darf der Nachweis entfallen.

Hierbei bedeutet:

$e$  für die Biegedruck- und/oder -zugseite maßgebender Schwerpunktabstand

$\mu_0$  nach Abschnitt 10.1.

## 8. Mehrteilige Druckstäbe von gleichbleibendem Querschnitt

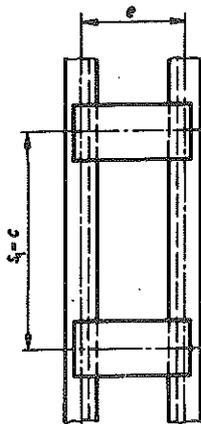


Bild 4a

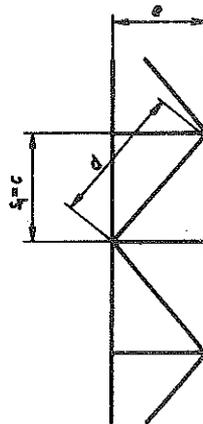


Bild 4b

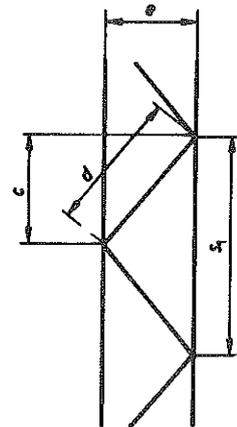


Bild 4c

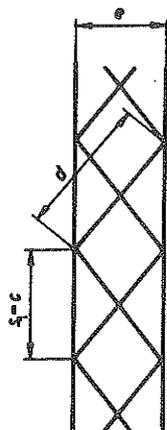


Bild 4d

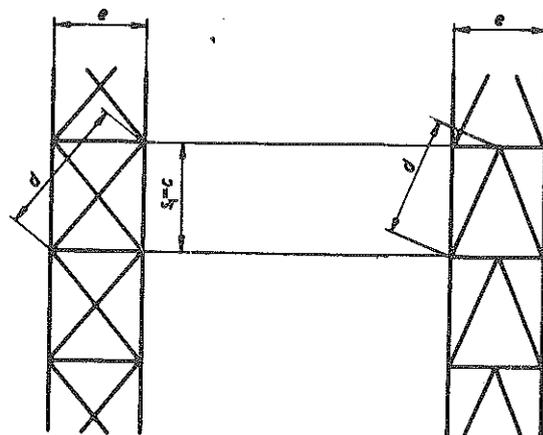


Bild 4e

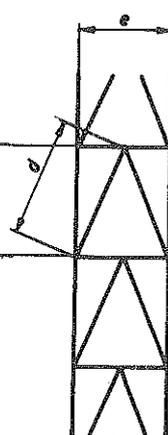


Bild 4f

## 8.1. Bezeichnungsweise

Hierbei bedeutet:

- $m$  Zahl der gleichartig ausgebildeten, mit Hilfe eines Querverbandes zu einem Gesamtstab vereinigten Einzelstäbe, z. B.  $m = 3$  in Bild 5e, oder Stabgruppen, die durch Einzelstäbe ersetzt werden dürfen, z. B.  $m = 2$  in Bild 8c. Der Querverband darf ein Fachwerkverband - "Gitterstab", Bild 4b bis f - oder ein Rahmenverband - "Rahmenstab", Bild 4a - sein.
- $N$  Absolutwert der größten auf den Gesamtstab einwirkenden Druckkraft
- $N_1$  Absolutwert der größten planmäßig auf den Einzelstab einwirkenden Druckkraft
- $F$  unverschwächter Querschnitt des Gesamtstabes
- $F_1$  unverschwächter Querschnitt eines Einzelstabes
- $J_x = F \cdot i_x^2$  und  $J_y = F \cdot i_y^2$  Trägheitsmomente des Gesamtquerschnittes, bezogen auf die Hauptachse  $x - x$  bzw.  $y - y$ ; die Hauptachse  $x - x$  wird als "Stoffachse" bezeichnet, wenn sie alle Einzelstabquerschnitte durchschneidet
- $s_{Kx}$  und  $s_{Ky}$  die nach Abschnitt 6. zu bestimmenden Knicklängen des Gesamtstabes für ein Ausknicken rechtwinklig zur Hauptachse  $x - x$  oder  $y - y$
- $\lambda_x = s_{Kx} / i_x$  und  $\lambda_y = s_{Ky} / i_y$  die zugehörigen Schlankheitsgrade des Gesamtstabes
- $J_1 = F_1 \cdot i_1^2$  das auf die Achse 1 - 1 bezogene Trägheitsmoment des Einzelstabquerschnittes; die Achse 1 - 1 ist die Minimumachse dieses Querschnittes, siehe Bild 5 bis 8
- $\lambda_1$  Hilfsgröße, für die bei Rahmenstäben, siehe Bild 4a

$$\lambda_1 = \frac{s_1}{i_1}$$

und bei Gitterstäben nach Bild 4b bis 4e

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{F}{z \cdot F_D} \cdot \frac{d^3}{c \cdot e^2}}$$

und bei Gitterstäben nach Bild 4f

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{2 \frac{F}{z \cdot F_D} \cdot \frac{d^3}{c \cdot e^2}}$$

einzuführen ist.

Bei Gitterstäben ist für  $\lambda_1$  eine überschlägliche Abschätzung zulässig.

- $z$  Anzahl der in parallelen Ebenen nebeneinanderliegenden Querverbände
- $c$  für  $\lambda_1$  maßgebende Länge nach Bild 4

- $s_1$  größte Knicklänge des Einzelstabes  
 $F_D$  ungeschwächte Querschnittsfläche einer einzelnen Diagonale eines Gitterstabes, siehe Bild 4b, c, f; bei Anordnung gekreuzter Diagonalen, siehe Bild 4d, e, ist für  $F_D$  die Summe der Querschnittsflächen der beiden gekreuzten Diagonalen einzusetzen.  
d Netzlänge einer Diagonale eines Gitterstabes  
e den Abstand der Einzelstab-Achsen

## 8.2. Berechnung des Stabes

### 8.2.1. Stabgruppe I

8.2.1.1. Mehrteilige Druckstäbe, die aus  $m$  Einzelstäben bestehen und deren Querschnitt eine Stoffachse  $x - x$  hat, siehe Bild 5 und 6, sind für das Ausknicken rechtwinklig zu dieser Stoffachse wie einteilige Druckstäbe zu berechnen. Es muß daher

$$\frac{N}{F} \leq \text{zul } \sigma / \omega_x$$

sein, wobei  $\omega_x$  die dem Schlankheitsgrad  $\lambda_x = s_{Kx} / i_x$  zugeordnete Knickzahl nach Tabelle 1a bis 4b bedeutet.

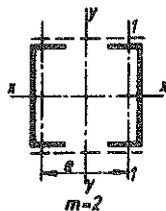


Bild 5a

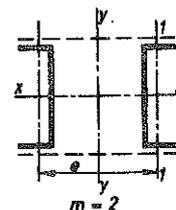


Bild 5b



Bild 5c

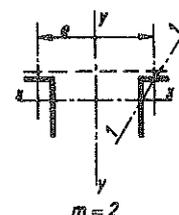


Bild 5d

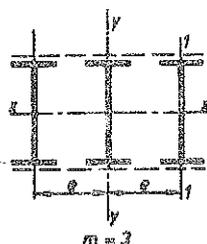


Bild 5e

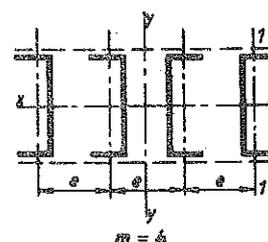


Bild 5f

8.2.1.2. Für das Ausknicken rechtwinklig zur Querschnittshauptachse  $y - y$  ist der Stab wie ein einteiliger Druckstab mit dem **i d e e l l e n** **S c h l a n k h e i t s g r a d**

$$\lambda_{y1} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_1^2}$$

zu berechnen, wenn das Verhältnis  $s_1 / i_1$  kleiner als  $1/2 \lambda_x$  oder kleiner als 50 ist.

Es muß daher

$$\frac{N}{F} \leq \text{zul } \sigma / \omega_{y1}$$

sein, wobei  $\omega_{y1}$  die dem ideellen Schlankheitsgrad ( $\lambda_{y1}$ ) zugeordnete, aus den Tabellen 2 oder 4 zu entnehmende Knickzahl bedeutet.

8.2.1.3. Ist das Verhältnis  $s_1 / i_1$  größer als  $1/2 \lambda_x$  und größer als 50, so sind die Einzelstäbe für die unter Berücksichtigung der Verformung berechnete anteilige Stabkraft zu bemessen.

Bei Rahmenstäben sind außerdem die Biegemomente zu berücksichtigen, die aus der Verformung entstehen.

Näherungsweise darf bei Gitterstäben der Nachweis

$$\sigma_c = \frac{\omega_y N_1}{F_1} \leq \text{zul } \sigma / \omega_1$$

geführt werden, wobei  $\omega_y$  dem Schlankheitsgrad  $\lambda_y = s_{Ky} / i_y$  und  $\omega_1$  dem Schlankheitsgrad  $s_1 / i_1$  zugeordnet ist.

$\omega_1$  ist je nach Art des Stabes den Tabellen 1a bis 4b zu entnehmen.

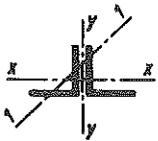


Bild 6a

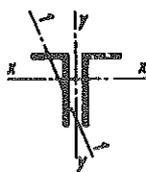


Bild 6b



Bild 6c

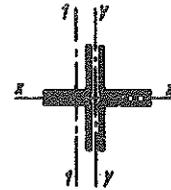


Bild 6d

8.2.1.4. Wird bei zweiteiligen Druckstäben, bei denen der lichte Abstand der Einzelstäbe nicht oder nur wenig größer ist als die Dicke des Knotenbleches, siehe Bild 6, zur Verbindung der Einzelstäbe ein durchgehendes Flachstahlfutter verwendet, so darf in Abschnitt 8.2.1.2. unmittelbar  $\lambda_{y1} = \lambda_y$  gesetzt werden; dies gilt auch für Stäbe mit Bindeblechen oder Flachstahl-Futterstücken, wenn diese Querverbindungen den Abschnitten 8.2.1.2. und 8.3.4. entsprechen und wenn ausnahmsweise zwischen den Orten

der Querverbindungen unterfütterte Niete angeordnet werden, deren Abstand in Richtung der Stabachse nicht mehr als  $15 i_1$  beträgt. Das Querschnittsträgheitsmoment eines durchgehenden Futters darf in die Rechnung einbezogen werden; für die Querschnittsfläche gilt dies nur in jenen Fällen, in denen die ohne Knickzahl berechnete Stabspannung an der Anschlußstelle den Wert  $\text{zul } \sigma$  nicht überschreitet oder in denen diese Überschreitung durch einen ausreichenden Anschluß des Futters an das Knotenblech unwirksam gemacht wird.

### 8.2.2. Stabgruppe II

8.2.2.1. Druckstäbe, die aus zwei übereck gestellten Winkelstählen bestehen, siehe Bild 7a oder 7b, brauchen nur auf Knickung rechtwinklig zur Stoffachse  $x - x$  berechnet zu werden. Es muß

$$\frac{N}{F} \leq \text{zul } \sigma / \omega_x$$

sein, wobei  $\omega_x$  die dem Schlankheitsgrad  $\lambda_x = s_{Kx} / i_x$  zugeordnete Knickzahl nach den Tabellen 2a bis d oder 4a bis b ist.

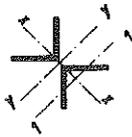


Bild 7a

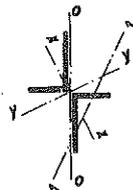


Bild 7b



Bild 7c

8.2.2.2. Das Verhältnis  $\frac{s_1}{i_1}$  darf nicht größer als 50 sein.

8.2.2.3. Für  $s_{Kx}$  ist der arithmetische Mittelwert der beiden Knicklängen einzusetzen, die nach Abschnitt 6. für das Ausknicken in der Tragwerksebene und rechtwinklig zur Tragwerksebene maßgebend sind.

8.2.2.4. Bei Stäben mit dem in Bild 7b dargestellten Querschnitt darf

$$i_x \approx i_0 / 1,15 \quad \text{und daher} \quad \lambda_x \approx 1,15 \frac{s_{Kx}}{i_0}$$

gesetzt werden, wobei sich der Trägheitshalbmesser  $i_0$  des Gesamtquerschnittes auf die zum langen Winkelschenkel parallele Schwerachse bezieht.

8.2.3. Stabgruppe III

8.2.3.1. Bei mehrteiligen Druckstäben, deren Querschnitt keine Stoffachse hat, siehe Bild 8a bis 8f, muß

$$\frac{N}{F} \leq \frac{zul \sigma}{\omega_{y1}} \quad \text{und} \quad \frac{N}{F} \leq \frac{zul \sigma}{\omega_{x1}}$$

sein, wobei  $s_{1x} / i_1 \leq 50$  und  $s_{1y} / i_1 \leq 50$  vorausgesetzt ist. Die aus den Tabellen 2 oder 4 zu entnehmenden Knickzahlen  $\omega_{y1}$  und  $\omega_{x1}$  sind auf die ideellen Schlankheitsgrade

$$\lambda_{y1} = \sqrt{\lambda_y^2 + \frac{m}{2} \lambda_{1y}^2} \quad \text{und} \quad \lambda_{x1} = \sqrt{\lambda_x^2 + \frac{m'}{2} \lambda_{1x}^2}$$

bezogen.

8.2.3.2. Beim Ausknicken des Stabes rechtwinklig zur Achse  $y - y$  werden die  $y - y$  parallelen Querverbände nicht beansprucht, so daß die durch diese Querverbände verbundenen Stabgruppen als "Einzelstäbe" aufgefaßt werden dürfen; in die Beziehung für  $\lambda_{y1}$  ist daher bei den in Bild 8a bis 8d gezeichneten Querschnitten  $m = 2$  und bei dem in Bild 8e dargestellten Querschnitt  $m = 4$  einzusetzen. Die gleiche Überlegung gilt auch für das Ausknicken rechtwinklig zur Achse  $x - x$ , so daß in die Beziehung für  $\lambda_{x1}$  bei allen in Bild 8 gezeichneten Stabquerschnitten  $m' = 2$  einzuführen ist.

Bei Stäben nach Bild 8a und 8e muß die Erhaltung der rechteckigen Querschnittsform durch Querschotte gesichert werden.

8.2.3.3. Ist das Verhältnis  $s_{1x} / i_1$  oder  $s_{1y} / i_1$  größer als 50, so sind die Einzelstäbe für die unter Berücksichtigung der Verformung berechnete anteilige Stabkraft zu bemessen. Die zulässige Druckspannung für den Einzelstab beträgt  $zul \sigma / \omega_1$ , wobei  $\omega_1$  dem größeren der beiden Schlankheitsgrade  $s_{1x} / i_1$  oder  $s_{1y} / i_1$  zugeordnet ist. Näherungsberechnung siehe Abschnitt 8.2.1.3. Bei Rahmenstäben sind zusätzlich die Biegemomente aus der Verformung zu berücksichtigen.

8.2.3.4. Bei Stäben mit dem in Bild 8b dargestellten Querschnitt darf  $\lambda_{y1} = \lambda_y$  und  $\lambda_{x1} = \lambda_x$  gesetzt werden, wenn die Winkelstähle nicht nur durch die vorgeschriebenen Bindebleche, sondern außerdem noch durch unterfütterte Niete verbunden werden, deren Abstand in Richtung der Stabachse nicht größer als  $15 i_1$  ist. Sinngemäß darf bei Stäben mit dem im Bild 8c und 8d gezeichneten Querschnitten  $\lambda_{x1} = \lambda_x$  gesetzt werden, wenn die beiden nebeneinanderliegenden Winkelstähle zusätzlich durch unterfütterte Niete verbunden sind, deren Abstand nicht mehr als  $15 i_1$  beträgt.

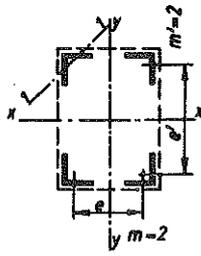


Bild 8a

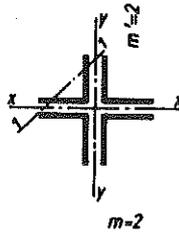


Bild 8b

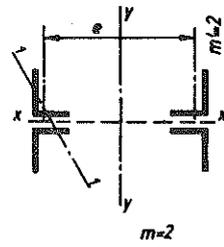


Bild 8c

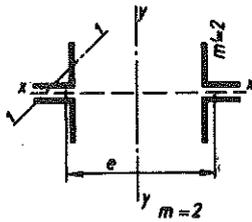


Bild 8d

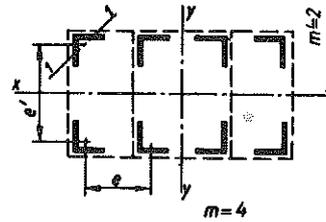


Bild 8e

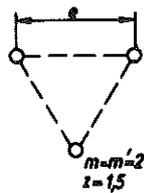


Bild 8f

### 8.3. Bauliche Ausbildung und Berechnung des Querverbandes

8.3.1. Die Bindebleche und Ausfachungen sowie ihre Anschlüsse sind so zu bemessen, daß bei Einwirkung der ideellen Stabquerkraft

$$Q_1 = N \cdot \pi \cdot \frac{\mu_0}{\lambda_1} \cdot r$$

die zulässigen Spannungen zul  $\sigma$  und zul  $\tau$  nach den einschlägigen Vorschriften nicht überschritten werden.

Dabei ist 
$$\mu_0 = 0,25 \frac{\lambda_1}{100} \quad \text{bei } \lambda_1 \leq 100$$

bzw. 
$$0,5 \frac{\lambda_1}{100} - 0,25 \quad \text{bei } \lambda_1 > 100$$

die ungewollte bezogene Außermittigkeit;

$$r = 1 + \frac{1,273}{\sigma_{Ki}/(\nu \sigma_c) - 1}$$

die Vergrößerungsfunktion, siehe TGL 13 503 Bl.2;  $\sigma_{Ki}$  ist für den ideellen Schlankheitsgrad  $\lambda_1$  zu berechnen.

Diagramme siehe TGL 13 503 Bl.2.

Die ideelle Querkraft darf auch vereinfacht mit

$$Q_1 = \frac{N}{16} \quad \text{oder} \quad Q_1 = \frac{F \cdot \text{zul } \sigma}{60}$$

angenommen werden, wobei der kleinere Wert maßgebend ist.

Als Mindestwert ist anzusetzen 
$$Q_1 = \frac{F \cdot \text{zul } \sigma}{200}$$

8.3.2. Bei zweiteiligen Gitterstäben sind die unter  $Q_1$  auftretenden Strebenkräfte  $D$  entsprechend der Ausfachungsart zu berechnen.

8.3.3. Bei Rahmenstäben, siehe Bild 4a, darf jede Querverbindung aus einem einzelnen Bindeblech, siehe Bild 5d, 8b, 8c, 8d, oder aus mehreren nebeneinanderliegenden Bindeblechen, siehe Bild 5a, 5b, 5c, 5e, 5f, 8a, 8e, bestehen. Auf eine solche Querverbindung entfällt eine Schubkraft ( $T$ ) deren Größe

beim zweiteiligen Stab ( $m = 2$ ) mit 
$$T = \frac{Q_1 \cdot s_1}{e}$$

beim dreiteiligen Stab ( $m = 3$ ) mit 
$$T = \frac{Q_1 \cdot s_1}{2 e} \quad \text{und}$$

beim vierteiligen Stab ( $m = 4$ ) im Bereich zwischen

den mittleren Einzelstäben mit 
$$T' = 0,4 \frac{Q_1 \cdot s_1}{e} \quad \text{und}$$

außerhalb dieser Einzelstäbe mit 
$$T'' = 0,3 \frac{Q_1 \cdot s_1}{e}$$

festgesetzt wird. Von den Nullpunkten der Biegemomentenverteilung, die

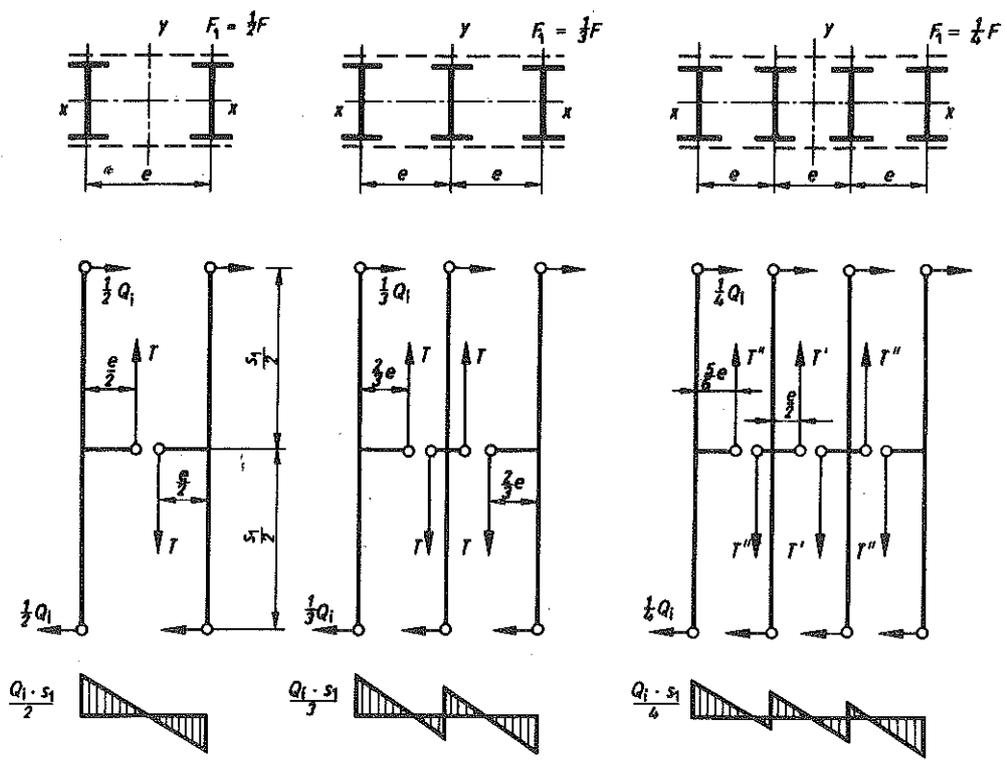


Bild 9

unter den Schubkräften (T) in der Querverbindung auftreten, darf angenommen werden, daß sie den Abstand der äußeren Einzelstabachsen

beim zweiteiligen Stab im Verhältnis  $\frac{e}{2} : \frac{e}{2}$ ,

beim dreiteiligen Stab im Verhältnis  $\frac{2e}{3} : \frac{2e}{3} : \frac{2e}{3}$  und

beim vierteiligen Stab im Verhältnis  $\frac{5e}{6} : \frac{4e}{6} : \frac{4e}{6} : \frac{5e}{6}$

unterteilen, siehe Bild 9.

8.3.4. Die Bindebleche sind so aufzuteilen, daß die Lichtabstände gleich oder annähernd gleich groß werden; sie sind an jeden Einzelstab mit mindestens zwei Nieten oder einer entsprechenden Schweißnaht anzuschließen. Die Felderzahl der Rahmenstäbe muß  $n \geq 3$  sein, so daß die Bindebleche zumindest in den Drittelpunkten der Stablänge angeordnet sind.

8.3.5. Gitter- und Rahmenstäbe, siehe Bild 4, müssen an den Enden Bindebleche erhalten, die an jeden Einzelstab mit mindestens drei Nieten oder einer entsprechenden Schweißnaht angeschlossen sind. Bei Stäben, die einem zweiwandigen Tragwerk angehören, sind diese Endbindebleche nach Möglichkeit *z w i s c h e n* den beiden Knotenblechen anzuordnen, siehe Bild 10a. Andernfalls muß von den gegengleichen Anschlußmomenten  $1/2 N \cdot a$ , die sich nach Bild 10 ergeben, wenn die Einzelstabachsen inner- oder außerhalb der Knotenblechebene liegen, die Hälfte (also der Wert  $1/4 N \cdot a$ ) bei der Bemessung der Endbindebleche und ihrer Anschlüsse den von T bewirkten Momenten hinzugezählt werden. Die Endbindebleche dürfen entfallen, wenn die Knotenbleche in der Ebene des Querverbandes des Stabes liegen.

8.3.6. Zweiteilige Druckstäbe, bei denen der lichte Abstand der Einzelstäbe gleich oder nur wenig größer ist als die Dicke des Knotenbleches, siehe Bild 6 und 7, brauchen an den Enden keine besonderen Bindebleche zu erhalten, doch müssen zumindest in den Drittelpunkten der Stablänge Bindebleche angeordnet werden, die an jeden Einzelstab mit mindestens zwei Nieten oder einer entsprechenden Schweißnaht angeschlossen sind. Bei Stäben nach Bild 6 dürfen an Stelle der Bindebleche auch Flachstahl-Futterstücke verwendet werden, die in Richtung der Stabachse mit mindestens zwei Nieten oder einer gleichwertigen Schweißnaht angeschlossen sind. Bei Stäben nach Bild 7 dürfen die Bindebleche im rechten Winkel versetzt, siehe Bild 7c, oder gleichlaufend angeordnet werden. Sie können auch durch kleine, mit beiden Einzelstäben verschweißte Blech- oder Rundstahlstücke ersetzt werden. Bei den Bindeblechen und Flachstahl-Futterstücken der Stäbe nach Bild 6 und 7 genügt der Nachweis, daß ihr Anschluß zur Übertragung der Schubkraft (T) ausreicht. Gleiches gilt auch für Stäbe nach Bild 8b und, bezogen auf das Ausknicken rechtwinklig zur Achse  $x - x$ , für Stäbe nach Bild 8c und 8d.

8.3.7. Ist der Rahmen- oder Fachwerkverband des Druckstabes neben einem vollwandigen Gurt- oder Stegblech angeordnet, siehe Bild 11e, 11g, 11i, so gilt  $Q_1$  nach Abschnitt 8.3.1., wobei für N der Längskraftanteil und für F die Querschnittfläche der beiden Randwinkel bzw. Randwinkelpaare einschließlich der am Winkelschenkel anliegenden Teile der beiden Stegbleche einzuführen ist.

8.3.8. Schrauben dürfen zum Anschluß der Querverbindung nur an Stellen verwendet werden, an denen sich kein Niet schlagen läßt; hierbei sind nach Möglichkeit eingepaßte Schrauben oder gleitfeste Schraubverbindungen vorzusehen.

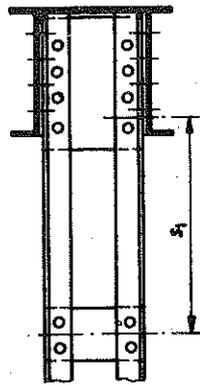


Bild 10a

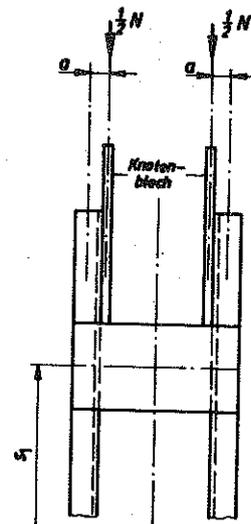


Bild 10b

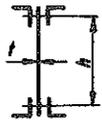


Bild 11a

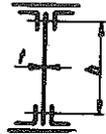


Bild 11b

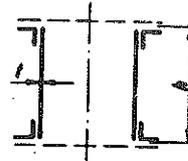


Bild 11c

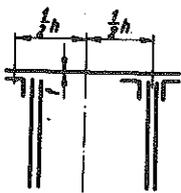


Bild 11d

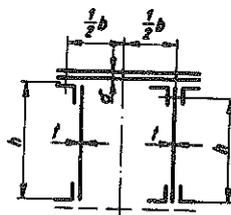


Bild 11e

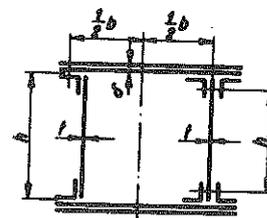


Bild 11f

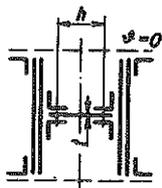


Bild 11g

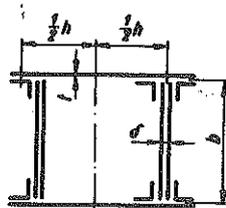


Bild 11h

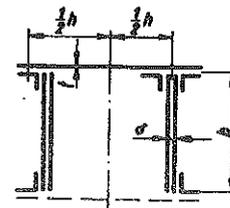


Bild 11i

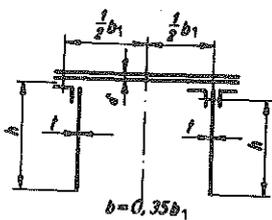


Bild 11j

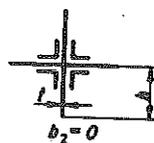


Bild 11k



Bild 11l

## 9. Dünnwandige Teile von Druckstäben

Um ein vorzeitiges Ausbeulen der dünnwandigen Teile von Druckstäben auszuschließen, muß ausreichende Beulsicherheit nachgewiesen werden, siehe auch Abschnitt 17.5.

Das für alle Stahlmarken geltende Verhältnis  $h : t$  darf der Tabelle 5 entnommen werden.

Tabelle 5 Verhältnis  $h/t$ 

Stegbleche oder Gurtplatten	$\lambda$	$h/t$
Stegbleche nach Bild 11a, b, c oder Gurtplatten nach Bild 11d	$\leq 75$	$\leq 45$
	$> 75$	$\leq 0,6 \cdot \lambda$
Stegbleche nach Bild 11e	$\leq 75$	$\leq 52,5 - 7,5 \cdot \vartheta^2$
	$> 75$	$\leq (0,7 - 0,1 \cdot \vartheta^2) \cdot \lambda$
Stegbleche nach Bild 11f, g oder Gurtplatten nach Bild 11h, i	$\leq 75$	$\leq 60 - 15 \cdot \vartheta^2$
	$> 75$	$\leq (0,8 - 0,2 \cdot \vartheta^2) \cdot \lambda$
Stegbleche nach Bild 11j, wenn ausnahmsweise keine Saumwinkel, sondern nur Quer- schotte im Ab- stand $a$ angeordnet werden	$\leq 75$	$\leq 25,5 - [10,5 - 15 \cdot (h/a)^2] \cdot \vartheta^2$
	$> 75$	$\leq \{0,34 - [0,14 - 0,2 \cdot (h/a)^2] \cdot \vartheta^2\} \cdot \lambda$
Stegbleche nach Bild 11k, l	$\leq 75$	$\leq 15 + 30 \sqrt{b_2/b_1}$
	$> 75$	$\leq (0,20 + 0,4 \sqrt{b_2/b_1}) \cdot \lambda$

Hierbei bedeutet:

$t$  Dicke der dünnwandigen Teile siehe Bild 11

$h$  ihre freie Höhe siehe Bild 11

$\lambda$  für die Knickuntersuchung des Stabes maßgebender Schlankheitsgrad des Stabes nach Abschnitt 7.

$\vartheta$  und  $b$  Dicke und die aus Bild 11 zu entnehmende ideale Breite der einspannenden Platte. Bei geschweißten Stäben ist  $h$ ,  $b$  und  $b_1$  in Bild 11 sinngemäß bis zur Schweißnahtmitte zu messen.

$$\vartheta = \frac{b \cdot t}{h \cdot \delta}$$

eine Zahl, die zur näherungsweise Berücksichtigung der elastischen Einspannung dient, die der untersuchte dünnwandige Teil durch eine biegesteife Verbindung mit einer dicken Platte erfährt; ist  $b \cdot t > h \cdot \delta$  oder ist keine einspannende Platte vorhanden, so ist  $\vartheta = 1$  einzuführen.

GERADE, PLANMÄSSIG AUSSERMITTIG GEDRÜCKTE STÄBE;  
BEANSPRUCHUNG AUF DRUCK UND BIEGUNG

10. Gerade, planmäßig außermittig gedrückte Stäbe von gleichbleibendem Querschnitt

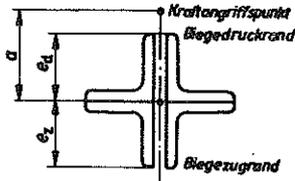


Bild 12a

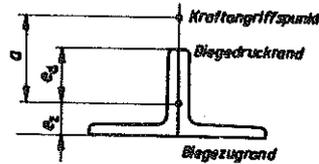


Bild 12b

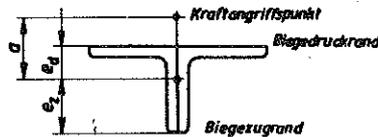


Bild 12c

Als außermittig gedrückt gelten Stäbe, bei denen die Druckkraft (N) an einem planmäßigen Hebel a angreift oder bei denen außer der Druckkraft ein von N abhängiges oder unabhängiges Biegemoment (M) wirkt.

Sofern kein genauere Nachweis erbracht wird, darf er in folgender Weise geführt werden:

10.1. Liegt der Kraftangriffspunkt auf einer der beiden Querschnitts-Hauptachsen, ist also M auf eine Querschnitts-Hauptachse bezogen, so muß

$$\sigma_c + (\sigma_c \mu_0 + \sigma_{bc}) \cdot f \leq \text{zul } \sigma \quad (2)$$

sein.

Hierbei bedeutet:

$$\sigma_c = \frac{N}{F} \quad \text{Absolutwert der Druckspannung unter Berücksichtigung der dynamischen Kräfte und Schwingbeiwerte.}$$

Dabei muß  $\sigma_c \leq \sigma_{K1} / \nu_{K1}$  sein.

$$\sigma_{bc} = \frac{M}{W_d} \quad \text{Absolutwert der Biege-Druckspannung unter Berücksichtigung der dynamischen Kräfte und Schwingbeiwerte}$$

$$\mu_0 = \frac{u \cdot \max e}{l^2} \quad \text{die ungewollte bezogene Außermittigkeit.}$$

Sie ist anzusetzen

bei geometrisch ungünstigen Querschnitten mit wesentlichen Eigenspannungen entsprechend Tabelle 1 mit

$$\begin{aligned} \mu_0 &= 0,4 \lambda / 100 && \text{bei } \lambda \leq 250 \\ \mu_0 &= 0,5 \lambda / 100 - 0,25 && \text{bei } \lambda > 250 \end{aligned} \quad (3a)$$

bei den Stäben entsprechend Tabelle 2 mit

$$\begin{aligned} \mu_0 &= 0,25 \lambda / 100 && \text{bei } \lambda \leq 100 \\ \mu_0 &= 0,5 \lambda / 100 - 0,25 && \text{bei } \lambda > 100 \end{aligned} \quad (3b)$$

bei geometrisch günstigen Querschnitten ohne wesentliche Eigenspannungen entsprechend Tabelle 3 mit

$$\begin{aligned} \mu_0 &= 0,25 \left( \frac{\lambda}{100} \right)^2 && \text{bei } \lambda \leq 100 \\ \mu_0 &= 0,5 \lambda / 100 - 0,25 && \text{bei } \lambda > 100 \end{aligned} \quad (3c)$$

Bei St 45/60 ist zu setzen

bei Stäben entsprechend Tabelle 1

$$\begin{aligned} \mu_0 &= 0,25 \sqrt{\lambda / 100} && \text{bei } \lambda < 40 \\ &&& \text{bei } \lambda \geq 40 \text{ nach Gleichung (3a)} \end{aligned}$$

bei Stäben entsprechend Tabelle 2

$$\begin{aligned} \mu_0 &= 0,25 \sqrt{\lambda / 100} && \text{bei } \lambda \leq 100 \\ &&& \text{bei } \lambda > 100 \text{ nach Gleichung (3b)} \end{aligned}$$

bei Stäben entsprechend Tabelle 3

$$\begin{aligned} \mu_0 &= 0,25 \lambda / 100 && \text{bei } \lambda \leq 100 \\ &&& \text{bei } \lambda > 100 \text{ nach Gleichung (3c)} \end{aligned}$$

Für Brücken im Verkehrsbau ist nach Gleichung (3a) zu rechnen.

$\lambda$  ist der Schlankheitsgrad für Knicken in der Verformungsrichtung durch die Momente,

$$f = 1 + \frac{1 + \delta}{\sigma_{K1} / (\nu \sigma_0) - 1} \quad \text{die Vergrößerungsfunktion} \quad (4)$$

wobei  $\delta$  von der Momentverteilung abhängig ist, siehe Abschnitt 10.4.

Für ungewollte Außermitteigkeit und in Zweifelsfällen ist mit

$$\delta = + 0,273 \quad \text{zu rechnen.}$$

$$\sigma_{K1} = \frac{\pi^2 E}{\lambda^2} \quad \text{die Euler-Knickspannung}$$

$\nu$  die dem untersuchten Grenzlastfall entsprechende Sicherheitszahl

$$\nu = 1,50 \quad \text{im Grenzlastfall H}$$

$$\nu = 1,33 \quad \text{im Grenzlastfall HZ}$$

$$\nu = 1,20 \quad \text{im Grenzlastfall S}$$

zul  $\sigma$  die dem untersuchten Grenzlastfall entsprechende zulässige Spannung nach den einschlägigen Vorschriften.

10.2. Bei Stabquerschnitten, deren Schwerpunkt dem Biege-Druckrand näher als dem Biege-Zugrand liegt,  $e_z > e_d$  Bild 12c, ist zusätzlich zu Gleichung (2) nachzuweisen

$$- \sigma_c + (\sigma_c \mu_0 + \sigma_{bz}) \cdot f \leq \text{zul } \sigma \quad (5)$$

Hierbei bedeutet:

$$\sigma_{bz} = \frac{M}{W_z} \quad \text{Absolutwert der Biege-Zugspannung unter Berücksichtigung der dynamischen Kräfte und Schwingbeiwerte}$$

Die übrigen Bezeichnungen nach Abschnitt 10.1.

10.3. Das mit einer Verdrehung verbundene Ausknicken rechtwinklig zur Momentenebene ist erforderlichenfalls nach der TGL 13 503 Bl.2 zu untersuchen.

10.4. Ist das Biegemoment ( $M$ ) das auf außermittigen Druck oder auf Druck und Biegung beanspruchten Stabes planmäßig längs der Stabachse *v e r ä n d e r l i c h*, so ist das maximale Biegemoment einzusetzen. Für einige Fälle sind die Werte der Vergrößerungsfunktion ( $f$ ) bzw. von  $\delta$  in Bild 13 angegeben. Die Werte gelten nur, wenn sich nicht infolge der Verformung die Endbiegemomente vergrößern.

Das Biegemoment in außermittig angeschlossenen Verbandstäben ist nach TGL 13 500 (Außermitteigkeit) zu berechnen.

10.5. Nach Abschnitt 10.4. sind auch planmäßig mittig gedrückte Stäbe zu berechnen, die waagrecht oder schräg liegen und daher durch ihre Eigenlast auf Biegung beansprucht werden; für  $M$  darf hierbei näherungsweise der Wert  $M = G \cdot l_H / 10$  eingesetzt werden, wobei  $G$  die Eigenlast und  $l_H$  die im Grundriß gemessene - auf die waagerechte Ebene projizierte - Netzlänge des Stabes bedeuten. Bei Stäben mit  $l_H \leq 6,00$  m braucht dieser Einfluß nicht berücksichtigt zu werden.

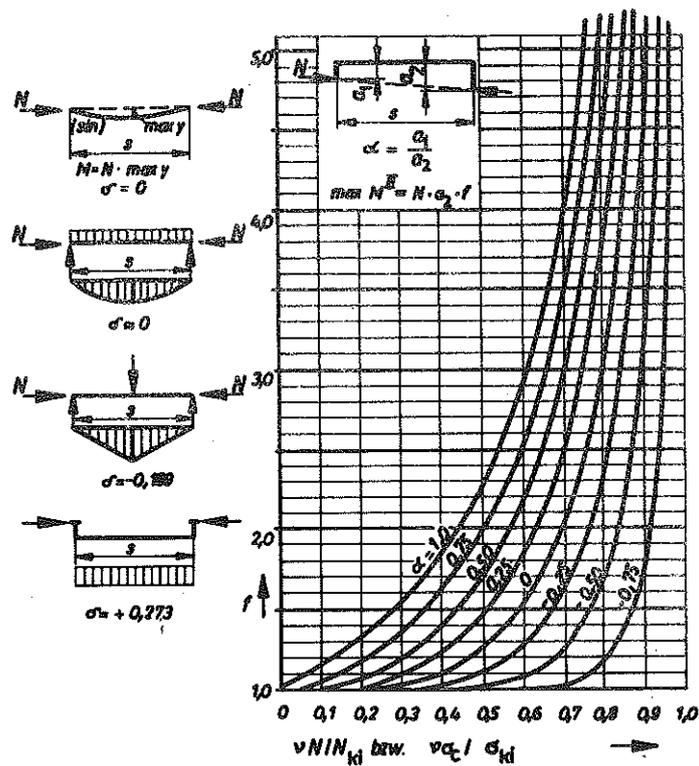


Bild 13

10.6. Liegt der Angriffspunkt der Druckkraft nicht auf einer Hauptachse des Stabquerschnittes oder sind außer einer mittigen Druckkraft noch Angriffsmomente  $M_x$  und  $M_y$  wirksam, so ist Gleichung (2) durch

$$\sigma_c + \sigma_c \mu_0 f + \sigma_{bc,x} f_x + \sigma_{bc,y} f_y \cong \text{zul } \sigma \quad \text{und}$$

Gleichung (5) durch

$$- \sigma_c + \sigma_c \mu_0 f + \sigma_{bz,x} f_x + \sigma_{bz,y} f_y \cong \text{zul } \sigma$$

zu ersetzen.

$f$ ,  $f_x$ ,  $f_y$  sind nach Gleichung (4) zu berechnen.

Bei  $f$  ist die Eulerspannung  $\sigma_{K1}$  für den größeren der beiden Schlankheitsgrade  $\lambda_x = s_{Kx} / i_x$  oder  $\lambda_y = s_{Ky} / i_y$  einzusetzen, bei  $f_x$  für den Schlankheitsgrad  $\lambda_x$  und bei  $f_y$  für den Schlankheitsgrad  $\lambda_y$ .

Für die Berechnung von  $\mu_0$  ist der größere der Schlankheitsgrade  $\lambda_x$  oder  $\lambda_y$  einzusetzen.

Stäbe mit geringem Drillwiderstand sind, falls erforderlich, auf Biegedrillknickung zu untersuchen.

10.7. Bei Druckgurten mit "gemittelter" Schwerachse darf die Außermittigkeit des Kraftangriffes unberücksichtigt bleiben.

10.8. Bei gedrückten, aus einem einzelnen Winkelstahl gebildeten Fachwerk-Füllstäben, die mit einem der beiden Winkelschenkel an den Gurt oder das Knotenblech angeschlossen sind und außer durch die Eigenlast des Bauteiles nur durch Zusatzkräfte und/oder Stabilisierungskraft nach Abschnitt 8.3.1.; 12.5. belastet werden, darf die Außermittigkeit des Kraftangriffes unberücksichtigt bleiben, wenn für  $\lambda$  das Verhältnis der Netzlänge des Stabes zum kleinsten Trägheitshalbmesser seines Querschnittes eingeführt wird.

10.9. Bei der Berechnung der Knicklasten von statisch unbestimmt gelagerten Begegnungen nach Abschnitt 13. und Rahmenelementen nach Abschnitt 14. dürfen die durch die elastischen Längenänderungen der Stabachsen bedingten kleinen Biegemomente unberücksichtigt bleiben. Dasselbe gilt auch für die Nebenspannungen der Fachwerke.

10.10. Wird ein zweiteiliger Druckstab in einer Ebene rechtwinklig zur stofffreien Querschnittsachse auf planmäßig außermittigen Druck beansprucht, so ist der Abschnitt 8. zu beachten. Die Stabkraft im Einzelstab ist nach der Theorie II. Ordnung zu berechnen. Bei Gitterstäben darf näherungsweise

$$\sigma_0 = \frac{N}{2F_1} (1 + \mu_0 \cdot f) + \frac{M}{e \cdot F_1} \cdot f \leq \text{zul } \sigma / \omega_1$$

nachgewiesen werden.

Zur Berechnung von  $\mu_0$  und  $f$  ist in Gleichung (3) und (4) der Schlankheitsgrad  $\lambda_{y1}$  nach Abschnitt 8.2. einzusetzen. Beim Biegemoment ( $M$ ) ist, wenn vorhanden, der exzentrische Angriff der Druckkraft ( $N$ ) des Gesamtstabes zu berücksichtigen. Bei Belastung in zwei Ebenen ist  $\mu_0$ ,  $f$ ,  $f_x$  und  $f_y$  sinngemäß wie in Abschnitt 10.6. anzusetzen.

10.11. Die Querverbände mehrteiliger Druckstäbe sind für die Querkraft

$$Q_m = Q_a + Q_1 + \frac{M}{s_K} \pi (f_M - 1)$$

zu bemessen, sofern von einem genaueren Nachweis abgesehen wird.

Hierbei bedeutet:

$Q_a$  Querkraft aus äußeren Lasten

$Q_1$  ideelle Querkraft nach Abschnitt 8.3.1.

$M$  maßgebendes Biegemoment

$f_M$  Vergrößerungsfunktion unter Berücksichtigung der Form der Momentenfläche nach Abschnitt 10.1.  $\sigma_{K1}$  ist für den ideellen Schlankheitsgrad  $\lambda_1$  zu berechnen.

# DRUCKGURTE UND DRUCKSTÄBE MIT FEDERNDER QUERSTÜTZUNG, VERBÄNDE UND HILFSSTÄBE ZUM ABSTÜTZEN VON DRUCKSTÄBEN

## 11. Allgemeines

Druckgurtungen, die wie der Obergurt einer einfachen Tregbrücke mit untenliegender Fahrbahn gegen Ausknicken aus der Hauptträgerenebene nicht durch einen Querverband gesichert sind, sind seitlich elastisch durch rechtwinklig zur Hauptträgerenebene angeordnete Halbrahmen zu stützen, deren Biegesteifigkeit für den Nachweis der erforderlichen Knicksicherheit der Druckgurte wesentlich ist. Ebenso ist bei gedrückten Fachwerk-Füllstäben, die rechtwinklig zur Fachwerkebene nur elastisch gestützt sind, siehe Bild 16, die ausreichende Biegesteifigkeit der elastisch querstützenden Tragglieder nachzuweisen.

## 12. Näherungsverfahren

12.1. Wird bei Druckgurten, die nur durch biegesteife Rahmen, z. B. Halbrahmen, seitlich elastisch gegen Ausknicken aus der Hauptträgerenebene gestützt sind, von einem genaueren Nachweis abgesehen, so muß der Rahmenwiderstand

$$\text{der Zwischenrahmen } H_1 \cong c_1 \cdot H_0$$

$$\text{und der Endrahmen } H_2 \cong c_2 \cdot H_0$$

sein, wobei

$$H_0 = \frac{2,5 \cdot \sqrt{K}}{\beta \frac{2}{m}} \cdot \frac{\max N}{\min s}$$

ist.

Darin sind  $H_1$  oder  $H_2$  die Rahmenwiderstände in  $\text{Mp/cm}$ , die bei der waagerechten Verschiebung der Anschlußstellen der Gurte in der Rahmenebene um 1 cm auftreten, siehe Bild 14; und es ist  $\max N$  der Absolutwert der größten Stabdrukkraft im Druckgurt, die unter Berücksichtigung der dynamischen Kräfte und Schwingbeiwerte nach den jeweiligen Vorschriften zu ermitteln ist.

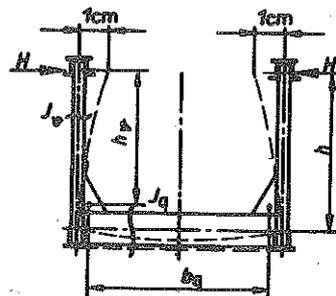


Bild 14

Für  $\min s$  ist die kleinste Netzlänge der von Rahmen zu Rahmen reichenden Druckgurtstäbe einzuführen. Um  $\beta_m$  und  $\nu_K$  zu erhalten, sind für jeden einzelnen Druckgurtstab mit der Druckkraft ( $N$ ), der Querschnittsfläche ( $F$ ), dem Querschnittsträgheitsmoment ( $J_y$ ) und der Netzlänge ( $s$ ) die den Knickzahlen

$$\omega_y = \frac{F \cdot \text{zul } \sigma}{N}$$

zugeordneten Schlankheitsgrade  $\lambda_y$  aus den Tabellen 1a bis 4b zu entnehmen. Der größte dieser Schlankheitsgrade  $\lambda_y$  bestimmt nach Tabelle 1a bis d TGL 13 503 Bl.2 die einzusetzende Knicksicherheitszahl  $\nu_K$ . Für jeden Stab berechnet sich ein Beiwert zu

$$\beta = \frac{s_{Ky}}{s} = \frac{\lambda_y}{s} \sqrt{\frac{J_y}{F}}$$

Das arithmetische Mittel dieser sämtlichen Beiwerte ist  $\beta_m$ . Das hier gezeigte Näherungsverfahren setzt voraus, daß für alle gedrückten Gurtstäbe  $\beta \cong 1,2$  ist.

Wenn  $c_1$  gewählt ist, was bei der Entwurfsberechnung in Betracht kommt, berechnet sich  $c_2$  aus

$$c_2 = \frac{0,6 c_1 - 0,36}{c_1 - 1} \cdot \beta_m$$

Ist dagegen bei Nachrechnungen mit  $\min H_1$  als kleinstem Zwischenrahmen-Widerstand das Verhältnis

$$\alpha = \frac{\min H_1}{H_2}$$

bekannt, so dürfen  $c_1$  und  $c_2$  aus den Formeln

$$c_1 = \frac{1 + 0,6 \alpha \cdot \beta_m}{2} \left[ 1 + \sqrt{1 - \frac{1,44 \alpha \cdot \beta_m}{(1 + 0,6 \alpha \cdot \beta_m)^2}} \right]$$

$$c_2 = \frac{c_1}{\alpha}$$

bestimmt werden. Sind die Endpunkte der Druckgurtung - wie beispielsweise beim Parabelträger - rechtwinklig zur Hauptträgerebene unverrückbar, so sind  $H_2 = c_2 = \infty$ ,  $\alpha = 0$ ,  $c_1 = 1$  und der Nachweis, der für jeden Rahmen zu führen ist, beschränkt sich auf

$$H_1 \cong H_0.$$

Fallen Schwerpunkt und Schubmittelpunkt des Druckquerschnittes nicht zusammen, z. B. beim T-Querschnitt, so kann der nach TGL 13 503 Bl.2 berechnete Schlankheitsgrad  $\lambda_{v1}$  größer als  $\lambda_y$  sein. In diesem Falle ist statt  $J_y$  der abgeminderte Wert

$$J_y^* = J_y \left( \frac{\lambda_y}{\lambda_{v1}} \right)^2$$

einzusetzen.

Die zulässige Spannung (zul  $\sigma$ ) darf bei der Spannungsuntersuchung von Fachwerkhilfspfosten, die einen Querträger zu tragen haben, und von Endpfosten in Pfostenfachwerken mit zur Mitte fallenden Streben bei offenen Fachwerkbrücken nur zu 90 % ausgenutzt werden. Bei offenen Eisenbahnfachwerkbrücken gilt dieselbe Spannungsermäßigung auch für alle Querträger und ihre Anschlüsse. Jedoch ist von dieser Herabsetzung der zulässigen Spannung abzusehen, wenn eine zusätzliche Spannungsuntersuchung der Halbrahmen durchgeführt wird, z. B. für die in Bild 15 eingetragenen Kräfte. Hierbei ist für Zwischenrahmen eine nach außen oder innen wirkende Seitenkraft gleich

$$\frac{1}{100 \cdot \beta_m}$$

und für Endrahmen gleich 1/100 der in den benachbarten Gurtstäben wirkenden größten, lediglich mit dem Schwingbeiwert ( $\varphi$ ) multiplizierten Stabkraft als Hauptkraft einzuführen.  $\beta_m$  hat dieselbe Bedeutung wie in dem Nachweis ausreichender Seitensteifigkeit des Druckgurtes. Bei Endrahmen, deren anschließender Gurtstab aus der Hauptträgerenebene keine Stabkraft erhält, ist die Seitenkraft als 1/100 der größten Druckgurtkraft des zweiten Feldes zu nehmen. Für die Spannungsnachweise in Stößen und Anschlüssen der Halbrahmen gelten die gleichen Seitenkräfte.



Bild 15a

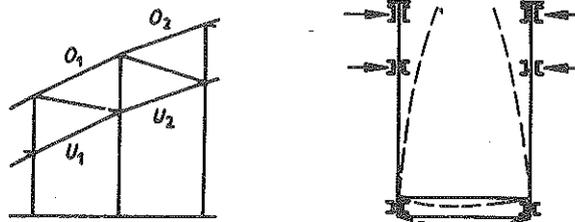


Bild 15b

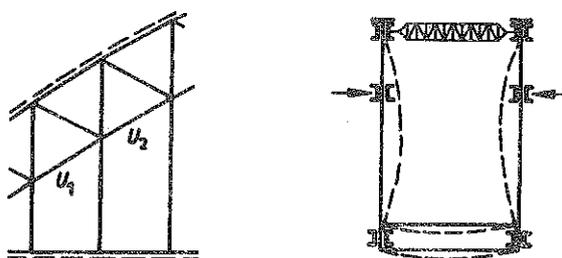


Bild 15c

12.2. Bei offenen Brücken mit vollwandigen Hauptträgern ist der Nachweis der Knicksicherheit des Druckgurtes sinngemäß zu erbringen. Zum Gurtquerschnitt sind bei genieteten Trägern die Gurtplatten mit den anliegenden Schenkeln der Gurtwinkel, bei Walzträgern der Flansch (ohne den zwischen den Ausrundungen liegenden Stegteil) mit den Gurtplatten und bei geschweißten Trägern die Gurtplatten zu zählen.

Die maßgebenden Druckkräfte ( $N$ ) in den Druckgurten zwischen je zwei Halbrahmen ergeben sich aus

$$N = \frac{M}{J_x} \cdot \gamma$$

Hierbei wird mit  $M$  das dem betrachteten Druckgurtabschnitt zugeordnete mittlere Biegemoment, mit  $J_x$  das entsprechende mittlere Gesamtträgheitsmoment des Vollquerschnittes in bezug auf dessen waagerechte Schwerachse und mit  $\gamma$  das statische Moment der unverschwächten Gurtquerschnittsfläche in bezug auf die waagerechte Schwerachse des gesamten Vollquerschnittes bezeichnet. Sind die den einzelnen Abschnitten des Druckgurtes zugeordneten Druckkräfte ( $N$ ) sowie die dazu gehörenden Gurtquerschnittsflächen ( $F$ ) und deren Trägheitsmomente  $J_y$  in bezug auf die lotrechte Schwerachse ermittelt, so ist der Nachweis wie bei den facherkartigen Trogbrücken zu führen.

Bei der Berechnung der Widerstände ( $H$ ) der Halbrahmen dürfen die Halbrahmentiele als starr angenommen werden, so daß sich

$$H = \frac{2 E \cdot J_q}{h^2 \cdot b_q}$$

ergibt. Ist der Vollwandträger in einzelnen Punkten des Druckgurtes rechtwinklig zur Trägerebene unverrückbar festgehalten, so gelten die Vorschriften Abschnitt 15.3. und 15.4. über Kippsicherheit.

12.3. Fachwerk-Füllstäbe, die an beiden Enden unverschieblich festgehalten und in ihrer Mitte durch einen Halbrahmen federnd quergestützt sind, siehe Bild 16, sind mit der gewählten Knicklänge

$$s \cong s_k \cong \frac{s}{2}$$

auf Ausknicken aus der Fachwerkebene zu berechnen, wenn der Rahmenwiderstand

$$H \cong \frac{16 \nu_K \cdot N}{s} \left( \frac{s}{s_K} - \frac{1}{4} \frac{s^2}{s_K^2} - \frac{3}{4} \right)$$

ist; H ist auch hier der Rahmenwiderstand in  $\text{Mp/cm}$ , der bei der waagerechten Verschiebung der Anschlußstellen der Gurte in der Rahmenebene um 1 cm auftritt. Für N ist der Absolutwert der unter Berücksichtigung der dynamischen Kräfte und Schwingbeiwerte nach den jeweiligen Vorschriften berechneten größten Druckkraft und für s die Netzlänge des ganzen Stabes einzusetzen.

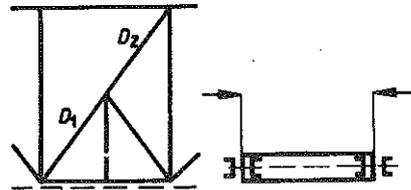


Bild 16

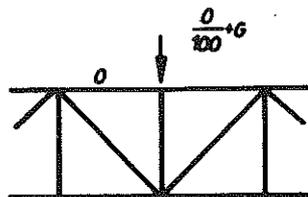


Bild 17

Der Wert  $\nu_K$  ist der Tabelle 3 nach TGL 13 503 Bl. 2 für die gewählte Stahlmarke und den Schlankheitsgrad  $\lambda_y = s_K y / i_y$  zu entnehmen, worin  $i_y$  der rechtwinklig zur Fachwerkebene stehende Trägheitshalbmesser des Druckstabquerschnittes ist. Bei einem mehrteiligen Druckstab ist  $\lambda_y$  durch  $\lambda_{y1}$  nach Abschnitt 8.2. zu ersetzen.

12.4. Hilfsstäbe zur Unterteilung der ohne sie maßgebenden Knicklänge von Druckstäben für Knicken in der Fachwerkebene sind samt ihren Anschlüssen darauf zu untersuchen, ob sie 1/100 der unter Berücksichtigung der dynamischen Kräfte und der Schwingbeiwerte nach den jeweiligen Vorschriften berechneten größten Druckkraft des gestützten Stabes auf Zug und Druck aufnehmen können, ohne zul  $\sigma$  zu überschreiten.

Bei lotrechten Hilfsstäben, siehe Bild 17, ist diese Kraft um die Knotenlast (G), die der zu übertragenden Eigenlast des abgestützten Druckstabes entspricht, zu vermehren.

12.5. Dachverbände, die Druckgurte der Dachbinder zu stabilisieren haben, sind zusätzlich zu den planmäßigen Kräften, z. B. aus Wind, für folgende Schnittkräfte aus der Stabilisierungswirkung zu berechnen:

Größte Gurtkraft im Verband

$$S = \frac{\sum N_i}{300} \cdot \frac{l}{b}$$

Größte Querkraft im Verband

$$Q = \frac{\sum N_i}{100}$$

Hierbei bedeutet:

$\sum N_i$  Summe der größten Obergurt-Druckkräfte derjenigen Binder, die dem Verband zugeordnet sind.

l Spannweite des Verbandes

b Systemhöhe des Verbandes

Die Gurtkraft (S) ist sinusförmig, die Querkraft (Q) cosinusförmig über die Verbandlänge verlaufend anzunehmen.

Diese Berechnung darf durch einen genaueren Nachweis<sup>2)</sup> ersetzt werden.

## BOGENTRÄGER

### 13. Knickung symmetrischer Bogenträger

#### 13.1. Knickung in der Bogenebene

13.1.1. Bei symmetrischen Bogenträgern, die einen gleichbleibenden Querschnitt haben und durch eine Vollbelastung planmäßig nur auf Druck (ohne Biegung) beansprucht werden, muß - wenn von einem genaueren Nachweis abgesehen wird - die Bedingung

$$\frac{N_v}{F} \leq \frac{\text{zul } \sigma}{\omega}$$

erfüllt sein.

<sup>2)</sup> Gerold: Zur Frage der Beanspruchung von stabilisierenden Verbänden und Trägern. Der Stahlbau 32 (1963), H. 9, S. 278

Hierbei bedeutet:

$N_T$	Absolutwert der im Viertelpunkt der Stützweite unter der gegebenen Belastung auftretenden (mit Berücksichtigung der dynamischen Kräfte und Schwingbeiwerte nach den jeweiligen Vorschriften berechneten) Druckkraft des Bogenträgers
F	ungeschwächter Querschnitt des Bogenträgers
zul $\sigma$	für den untersuchten Belastungsfall und die gewählte Baustahlsorte geltende zulässige Druckspannung <sup>1)</sup>
$\omega$	von der Baustahlsorte und dem Schlankheitsgrad abhängige, aus den Tabellen 1a bis 4b zu entnehmende Knickzahl
$\lambda_x = \beta \cdot s / i_x$	für das Ausknicken in der Bogenebene (rechtwinklig zur Querschnittshauptachse x - x) geltender Schlankheitsgrad
s	h a l b e Bogenlänge
$i_x$	auf die Hauptachse x - x bezogener Trägheitshalbmesser des unverschwächten Querschnittes
$\beta$	Beiwert der aus der Tabelle 6 zu entnehmen ist, wobei Zwischenwerte geradlinig einzuschalten sind.

13.1.2. Bogenträger, bei denen die Mittelkraftlinie planmäßig von der Bogenachse abweicht und die daher planmäßig auf Druck und Biegung beansprucht werden, sind nach Abschnitt 10. zu berechnen, wobei die im Abschnitt 13.1.1. angegebene Druckkraft  $N_T$  und der im Abschnitt 13.1.1. angegebene Schlankheitsgrad  $\lambda_x$  einzusetzen ist. Bei Überwiegenden der Biegebeanspruchung, wie sie beispielsweise bei Bogenträgern großen Pfeilverhältnisses  $f/l$  unter halbseitiger Belastung auftritt, darf die Knickuntersuchung näherungsweise durch eine Spannungsuntersuchung ersetzt werden, bei der nachgewiesen wird, daß die größte unter Berücksichtigung des Einflusses der Verformung sowie unter Beachtung der Vorschriften über die Nietlochschwächung, den Einfluß der dynamischen Kräfte und die Schwingbeiwerte berechnete Spannung den Wert zul  $\sigma$  bzw.  $\sigma_D$  nach den einschlägigen Vorschriften nicht überschreitet<sup>3)</sup>.

Tabelle 6  $\beta$ -Werte

	$\beta$				
	$f/l$				
	0,05	0,20	0,30	0,40	0,50
Dreigelenkbogen	1,20	1,16	1,13	1,19	1,25
Zweigelenkbogen	1,00	1,06	1,13	1,19	1,25
Eingespannter Bogen	0,70	0,72	0,74	0,75	0,76

1) siehe Seite 7

3) Der statische Spannungsnachweis bzw. der Ermüdungsfestigkeitsnachweis ist nach der Theorie II. Ordnung unter den einfachen Lasten zu führen.

13.1.3. Bogenträger mit geringfügig veränderlichem Querschnitt dürfen, wenn von einer genaueren Untersuchung abgesehen wird, gleichfalls nach Abschnitt 13.1.1. und 13.1.2. berechnet werden, wobei für  $i_x$  und  $F$  Mittelwerte einzuführen sind.

13.1.4. Die in Abschnitt 13.1.1., 13.1.2., 13.1.3. angegebenen Festlegungen für das Knicken des Bogens in seiner Ebene haben keine Geltung bei Stab-bogen mit Versteifungsträgern und bei Bogenträgern, die durch Hängestangen mit einem Zugband fest verbunden sind.

13.2. Knickung rechtwinklig zur Bogenebene

Für das Knicken des Bogens aus seiner Ebene heraus darf die genaue Untersuchung, die auch den Einfluß der Verdrehung zu berücksichtigen hätte, durch den Nachweis

$$\frac{N_y}{F} \leq \frac{zul \sigma}{\omega_y}$$

ersetzt werden, worin  $N_y$ ,  $F$ ,  $zul \sigma$  dieselbe Bedeutung wie in Abschnitt 13.1.1. haben und die Knickzahl  $\omega_y$  nach Tabelle 1a bis 4b zu der Schlankheit

$$\lambda_y = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \frac{l}{i_y}$$

gehört;  $l$  ist wiederum die Stützweite des Bogens und  $i_y$  der auf die Hauptachse  $y - y$  bezogene Trägheitshalbmesser des unverschwächten Querschnittes. Tabelle 7 gibt, mit geradliniger Zwischenschaltung, die Beiwerte  $\beta_1$  an für einen Parabelbogen, der sich an den beiden Enden nicht quer zu seiner Bogenebene verdrehen kann und eine lotrecht wirkende, gleichmäßig verteilte Volllast zu übertragen hat. Der Beiwert  $\beta_2$  regelt den Einfluß der Wirkungsrichtung der Lasten während des Ausknickens. Bleiben alle vom Bogen zu übertragenden Lasten während des seitlichen Ausknickens des Bogens richtungstreu, so ist  $\beta_2 = 1$ . Übertragen bei einer Bogenbrücke mit angehängter Fahrbahn die Hängestangen von der gesamten Bogenlast den Anteil  $\alpha \cdot q$  und müssen sich die Hängestangen während des seitlichen Ausknickens des Bogens schräg stellen, so ist mit  $\beta_2 = 1 - 0,35 \alpha$  zu rechnen. Bei einer Bogenbrücke mit aufgeständerter Fahrbahn ist der Beiwert  $\beta_2 > 1$ , wenn sich die Ständer beim seitlichen Ausknicken des Bogens schräg stellen können, was durch Querverbände zwischen den Ständern verhindert werden kann. Wird von der gesamten Bogenlast ( $q$ ) der Anteil  $\alpha \cdot q$  durch die Fahrbahnständer übertragen und wird die mit dem Bogenscheitel auch seitlich fest verbundene Fahrbahn an den Widerlagern seitlich nicht unverschiebbar gelagert, so muß allein zur Aufnahme lotrechter Lasten  $\beta_2 = 1 + 0,45 \alpha$  gesetzt werden. In Tabelle 7 ist  $J_y$  das Querschnittsträgheitsmoment für Knickung rechtwinklig zur Bogenebene und  $\varphi$  der Tangentenneigungswinkel in der Bogenebene; der Drillwiderstand ist mit  $I_D \cong 0,65 I_y$  vorausgesetzt.

Tabelle 7  $\beta_1$ -Werte

	$\beta_1$				
	$f/l$				
	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40
$I_y = const$	0,50	0,54	0,65	0,82	1,07
$I_y \cdot \cos \varphi = const$	0,50	0,52	0,59	0,71	0,86

## 14. RAHMEN

## 14.1. Nachweis nach der Theorie II. Ordnung

Der Spannungsnachweis ist nach der Theorie II. Ordnung zu führen; außer der Verformung aus den äußeren Lasten ist auch die ungewollte Vorverformung anzusetzen, die ähnlich der ersten Eigenfunktion des Tragwerkes beim Knicken angenommen werden darf mit einer Verschiebung der Riegel von  $1/200$  der Stockwerkshöhe. Unter der  $\gamma$ -fachen Belastung darf die Fließgrenze des Stahles an keiner Stelle überschritten werden.

Dieser Nachweis darf auch durch die folgende Berechnung ersetzt werden.

14.2. Nachweis nach dem  $\omega$ -Verfahren

14.2.1. Die folgenden Festlegungen beziehen sich auf lotrechte, einstöckige Rechteckrahmen mit steifen Knoten, die in waagerechter Richtung nur rechtwinklig zur Rahmenenebene festgehalten sind. Die Rahmen sind durch Kräfte  $P$ ,  $P_1 \leq P$  belastet, von denen vorausgesetzt wird, daß sie ihre Richtung während des Ausknickens des Rahmens beibehalten. Die beiden Stiele des Rahmens haben gleiche unveränderliche Querschnitte mit der Fläche ( $F$ ) und dem Trägheitsmoment ( $J$ ). Der Riegel hat das gleichbleibende Querschnittsträgheitsmoment ( $J_0$ ).

14.2.2. Die Stielquerschnitte müssen, wenn von einem genaueren Nachweis abgesehen wird, der Bedingung  $P/F \leq \text{zul } \sigma / \omega$  entsprechen.

Hierbei bedeutet:

$P$	Größe der beiden Lasten
$\omega$	aus den Tabellen 1a bis 4b zu entnehmende, dem Schlankheitsgrad $\lambda = s_K / i = s_K \cdot \sqrt{F/J}$ zugeordnete Knickzahl
$s_K = \beta \cdot h$	Knicklänge der Rahmenstiele
zul $\sigma$	die dem untersuchten Belastungsfall und der gewählten Stahlmarke entsprechende zulässige Spannung <sup>1)</sup>
$F$ und $J$	die Fläche und das bei Ausbiegung in der Rahmenenebene wirksame Trägheitsmoment des ungeschwächten Stielquerschnittes
$J_0$	das Trägheitsmoment des ungeschwächten Riegelquerschnittes
$b$ und $h$	Netzbreite und Netzhöhe des Rahmens
$\beta$	Beiwert, der von Hilfsgrößen

$$m = \frac{P_1}{P} \leq 1, \quad c = \frac{J \cdot b}{J_0 \cdot h} \leq 10, \quad \alpha = \frac{4 \cdot J}{b^2 \cdot F} \leq 0,2$$

abhängt und für die in Bild 18 dargestellten Rahmen im nachfolgenden angegeben wird.

Die Hilfsgröße  $\alpha$ , welche den Einfluß der Normalkräfte auf die Rahmenknickung wiedergibt, ist meist vernachlässigbar klein.

<sup>1)</sup> siehe Seite 7

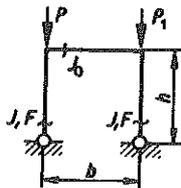


Bild 18a

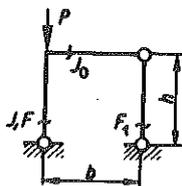


Bild 18b

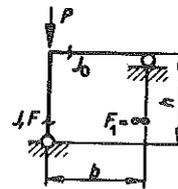


Bild 18c

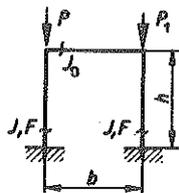


Bild 18d

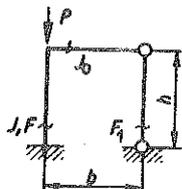


Bild 18e

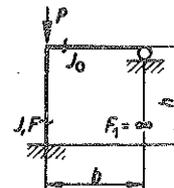


Bild 18f

14.2.3. Für freistehende Zweigelenrahmen nach Bild 18a ist

$$\beta = \sqrt{2 \cdot (1 + m)} \cdot \sqrt{4 + 1,4 \cdot (c + 6\alpha) + 0,02 \cdot (c + 6\alpha)^2}$$

zu setzen. Diese Beziehung darf auch bei der Berechnung von einhüftigen Rahmen nach Bild 18b mit unbelasteter Pendelstütze oder Bild 18c verwendet werden, wenn

$$m = 1, \quad c = \frac{2 \cdot J \cdot b}{J_0 \cdot h} \quad \text{und} \quad \alpha = \frac{J}{b^2} \left( \frac{1}{F} + \frac{1}{F_1} \right)$$

eingeführt wird.

14.2.4. Für freistehende Rahmen mit fest eingespannten Stiebfüßen nach Bild 18d ist

$$\beta = \sqrt{2 \cdot (1 + m)} \cdot \sqrt{1 + 0,35 \cdot (c + 6\alpha) + 0,017 \cdot (c + 6\alpha)^2}$$

zu setzen. Diese Beziehung darf auch bei der Berechnung von einhüftigen

Rahmen nach Bild 18e mit unbelasteter Pendelstütze oder Bild 18f verwendet werden, wenn

$$m = 1, \quad c = \frac{2 \cdot J \cdot b}{J_0 \cdot h} \quad \text{und} \quad \alpha = \frac{J}{b^2} \left( \frac{1}{F} + \frac{1}{F_1} \right)$$

eingeführt wird.

14.2.5. Wird der Riegel *z w i s c h e n* den beiden Knotenpunkten durch lotrechte Kräfte belastet, so sind die Stiele planmäßig auf Druck und Biegung beansprucht und daher nach Abschnitt 10. zu bemessen, wobei  $\sigma = + 0,273$  einzusetzen ist. Der Schlankheitsgrad  $\lambda$  ist hierbei unter Verwendung der in Abschnitt 14.2.3. und 14.2.4. angegebenen Beziehungen für den Beiwert  $\beta$  zu berechnen.

14.2.6. Die in den Abschnitten 14.2.3., 14.2.4., 14.2.5. mitgeteilten Formeln für  $\beta$  gelten nur, wenn die Lasten (P) ihre Richtung beim Ausknicken des Rahmens beibehalten. Sie sind daher auf die Knickberechnung der Pfosten von Endrahmen geschlossener Fachwerkbrücken nicht anzuwenden.

## KIPPUNG DER TRÄGER

### 15. Kippsicherheit von Trägern mit I-Querschnitt

15.1. Bei Trägern mit I-Querschnitt, die in der Stegebene auf Biegung beansprucht sind, ist eine ausreichende Kippsicherheit nachzuweisen. Beim Kippen wird der Träger seitlich ausgebogen und gleichzeitig verdrillt.

15.2. Die Kippsicherheit wird durch alle Maßnahmen erhöht, die auf eine Verhinderung der Verdrillung und der seitlichen Ausbiegung des Trägers hinzielen. Zu diesen Maßnahmen gehört vor allem die Anordnung von Quer- und Längsverbänden. Die Querverbände, die Verdrehung des Trägerquerschnittes in der Querschnittsebene verhindern, sind nicht nur an den Lagern des Trägers, sondern nach Möglichkeit auch noch an anderen Trägerquerschnitten anzuordnen. Das seitliche Ausweichen des Trägers ist durch Längsverbände zu verhindern. Nach der Festlegung der Lager und Verbände ist der Widerstand, den der Träger dem Kippen entgegenstellt, um so größer, je größer der Drillwiderstand und das auf die Stegachse bezogene Trägheitsmoment des Trägerquerschnittes ist und je größer der Wölbwiderstand ist, der beim Verdrillen des Trägers, wegen der ganz oder teilweise verhinderten Verwölbung der Querschnittsebenen, überwunden werden muß. Der Drillwiderstand wächst mit der dritten Potenz der Steg- und Gurtdicken; der Wölbwiderstand kann erhöht werden durch die Anordnung biege- und drillsteifer, an beide Gurte angeschlossener Quersteifen oder durch die Anordnung dicker Stirnplatten an den Trägerenden.

15.3. Ist der Druckgurt des Trägers in einzelnen Punkten, deren Entfernung  $c$  beträgt, seitlich unverschieblich festgehalten und ist der auf die Stegachse bezogene Hauptträgheitshalbmesser ( $i_y$ ) des Gurtquerschnittes ( $F_G$ )  $\cong c/40$ , so darf der Nachweis der Kippsicherheit entfallen. Zum Gurtquerschnitt ( $F_G$ ) sind bei genieteten Trägern die Gurtplatten, die Gurtwinkel und  $2/5$  der auf Druck beanspruchten Stegfläche, bei Walzträgern der Flansch mit den Gurtplatten und  $2/5$  der auf Druck beanspruchten Stegfläche, bei geschweißten Trägern die Gurtplatten und  $2/5$  der auf Druck beanspruchten Stegfläche zu zählen.

15.4. Ist bei den im Abschnitt 15.3. geschilderten Trägern  $\lambda_y < c/40$  und wird kein genauere Nachweis der Kippsicherheit erbracht, so darf die größte, ohne Berücksichtigung der Nietlochschwächung, aber mit Berücksichtigung der dynamischen Kräfte und Schwingbeiwerte nach den jeweiligen Vorschriften berechnete Randdruckspannung des Trägers den Wert 1,13 zu  $\sigma/\omega$  nicht überschreiten. Die aus den Tabellen 2a bis d oder 4a und b zu entnehmende Knickzahl  $\omega$  ist hierbei dem Schlankheitsgrad  $\lambda = c/i_y$  zugeordnet.

15.5. Bei der Montage sind Vorkehrungen zu treffen, um das Kippen langer I-Träger unter der Wirkung der Eigenlast auszuschließen. Schiefe Seilzüge können außerhalb der Stegebene wirken und damit die Kippgefahr erhöhen.

## BEULUNG EBENER BLECHE

### 16. Allgemeines

16.1. Für die Gurt- und Stegbleche ist ausreichende Sicherheit gegen Ausbeulen nachzuweisen.

16.2. Der ebene Spannungszustand, der im Blech im Augenblick des Ausbeulens vorhanden ist, wird durch die Angabe der Beulspannung festgelegt.

16.3. Das Blech ist bei der Beuluntersuchung in rechteckige Felder der Länge (a) und der Breite (b) nach Bild 19 zu unterteilen. Bei mehr als einer Halsnietreihe je Stegblechrand ist für b das arithmetische Mittel der gegenseitigen Abstände der entsprechenden Halsnietreihen anzunehmen.

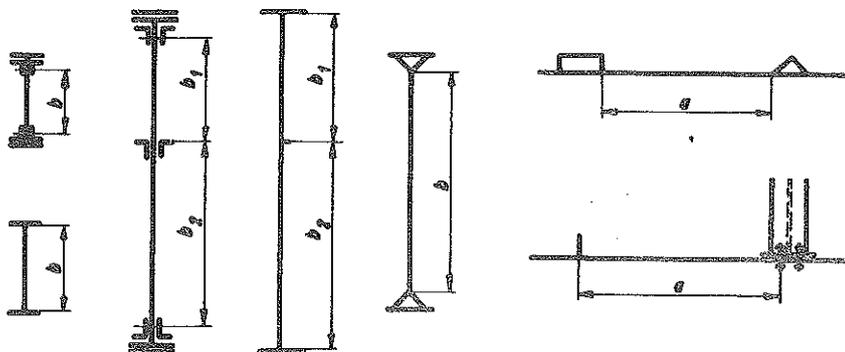


Bild 19

16.4. Das Stegblech ist an allen vier Rändern dieser Felder einspannungsfrei gelagert anzunehmen.

16.5. Bei der Beuluntersuchung sind immer die vollen Querschnitte ohne Abzug von Nietlöchern einzusetzen. Die im untersuchten Blechfeld durch die äußere Belastung bewirkten Spannungen, z. B. gleichmäßig verteilte Druckspannungen ( $\sigma_1$ ) oder geradlinig verteilte Normalspannungen mit dem Randwert  $\sigma_1$  oder Schubspannungen ( $\tau$ ), sind zu berechnen unter Berücksichtigung der dynamischen Kräfte und Schwingbeiwerte nach den jeweiligen Vorschriften.

Die Schubspannungen ( $\tau$ ) sind unter der Annahme zu ermitteln, daß die Querkraft gleichmäßig über die ganze Breite ( $b$ ) bzw. ( $b_1 + b_2$ ) verteilt ist. Für  $\sigma_1$  ist der Absolutwert der größten am Rand des untersuchten Stegblechfeldes nach Abschnitt 16.3. auftretenden Druckspannung einzusetzen.

Sind nur Schub- und Zugspannungen vorhanden, so ist die Zugspannung bei der Beuluntersuchung unberücksichtigt zu lassen, wenn von einem genaueren Nachweis abgesehen wird.

Der Verlauf der geradlinig verteilten Normalspannungen wird durch Größe und Vorzeichen von  $\psi$  gekennzeichnet.  $\psi$  ist nach Tabelle 8 Spalte 1 der Quotient der beiden Randnormalspannungen

$$\psi = \sigma_2 : \sigma_1.$$

16.6. Der Bestimmung von  $\sigma_1$  und  $\tau$  ist der im untersuchten Feld nach Abschnitt 16.3. vorhandene Größtwert des Biegemomentes bzw. der Querkraft zugrunde zu legen. Tritt dieser Größtwert an einem Ende des untersuchten Feldes auf, so darf der in Feldmitte vorhandene Wert des Biegemomentes bzw. der Querkraft - jedoch nicht weniger als der Wert an jener Stelle, die den Abstand  $b/2$  vom erwähnten Ende hat - zur Berechnung von  $\sigma_1$  und  $\tau$  verwendet werden.

## 17. Nachweis der erforderlichen Beulsicherheit

17.1. Die ideale Beulspannung, deren Bestimmung nicht nur an die Voraussetzung eines genau ebenen Bleches, einer genau mittigen Krafteintragung und eines ideal isotropen Werkstoffes, sondern auch an die Voraussetzung eines unbeschränkt gültigen Hooke'schen Formänderungsgesetzes gebunden ist, beträgt nach Tabelle 8, Spalte 2

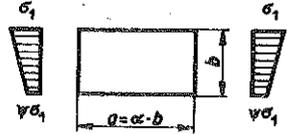
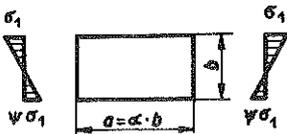
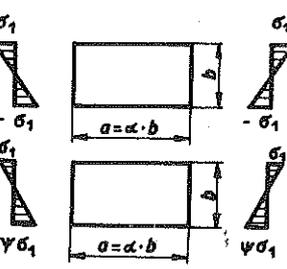
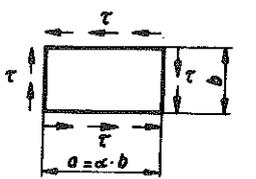
$$\sigma_{KI} = k \cdot \sigma_e \quad \text{bzw.} \quad \tau_{KI} = k \cdot \sigma_e,$$

wobei  $k$  den vom Belastungsfall, der Lagerung und dem Seitenverhältnis  $\alpha = a/b$  abhängigen "Beulwert" darstellt und  $\sigma_e$  eine Bezugsspannung ist. Sie ist die Eulersche Knickspannung eines 1 cm breiten,  $b$  cm langen, an seinen Enden einspannungsfrei gelagerten Blechstreifens, dessen Biegesteifigkeit durch die Plattensteifigkeit

$$\frac{E \cdot t^3}{12 (1 - \mu^2)}$$

ersetzt wird.

Tabelle 8 Beulfaktoren

	1	2	3	4	
1	Belastung	Beulspannung	Gültigkeitsbereich	Beulwert	
2	Geradlinig verteilte Druckspannungen $0 \leq \psi \leq 1$		$\alpha \geq 1$	$k = \frac{8,4}{\psi + 1,1}$	
			$\alpha < 1$	$k = (\alpha + \frac{1}{\alpha})^2 \cdot \frac{2,1}{\psi + 1,1}$	
3	Geradlinig verteilte Druck- u. Zugspannungen mit überwiegendem Druck $-1 < \psi < 0$		$\delta_{1Ki} = k \cdot \delta_e$	—	$k = (1 + \psi) \cdot k' - \psi \cdot k'' + 10\psi \cdot (1 + \psi)$ , worin $k'$ den Beulwert für $\psi = 0$ (nach Reihe 2) und $k''$ den Beulwert für $\psi = -1$ (nach Reihe 4) bedeuten.
4	Geradlinig verteilte Druck- u. Zugspannungen mit gegen gleichen Randwerten $\psi = -1$ oder mit überwiegendem Zug <sup>4)</sup> $\psi < -1$		$\delta_{1Ki} = k \cdot \delta_e$	$\alpha \geq \frac{2}{3}$	$k = 23,9$
			$\alpha < \frac{2}{3}$	$k = 15,87 + \frac{1,87}{\alpha^2} + 8,6\alpha^2$	
5	Gleichmäßig verteilte Schubspannungen		$\tau_{Ki} = k \cdot \delta_e$	$\alpha \geq 1$	$k = 5,34 + \frac{4,00}{\alpha^2}$
			$\alpha < 1$	$k = 4,00 + \frac{5,34}{\alpha^2}$	

4) Bei der Berechnung des Seitenverhältnisses  $\alpha$  und der Eulerspannung  $\sigma_e$  ist hier  $b$  durch den ideellen Wert  $b_1 = 2 b_D$  zu ersetzen, wobei  $b_D < 0,5 b$  die Breite der Druckzone ist. Dies ist jedoch nicht zulässig für die Berechnung des Beulwertes  $k$  gleichzeitig wirkender Schubspannungen und der Bezugsspannung  $\sigma_e$  zur Ermittlung der Beulspannung  $\tau_{Ki}$ .

Es gilt

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot t^2}{12 \cdot b^2 (1 - \mu^2)} = 189,8 \cdot \left(\frac{100 \cdot t}{b}\right)^2 = \left(1378 \cdot \frac{t}{b}\right)^2 \text{ kp/cm}^2,$$

wobei E der Elastizitätsmodul,  $\mu = 0,3$  die Querdehnungszahl und t die Blechdicke ist<sup>5)</sup>.

17.2. In der Tabelle 8, Spalte 4 sind die Beulwerte (k) für rechteckige, an allen vier Rändern einspannungsfrei gelagerte Bleche für einige einfache Belastungsarten angegeben. Für näherungsweise Vorberechnungen darf k für die Normalspannungsfälle

$$-1 \leq \psi \leq +1$$

auch aus Bild 20 entnommen werden. Treten Normal- und Schubspannungen gleichzeitig auf, so sind die beiden Einzelbeulspannungen  $\sigma_{1K1}$  und  $\tau_{K1}$  getrennt zu berechnen.

17.3. Mit den Einzelbeulspannungen  $\sigma_{1K1}$ ,  $\tau_{K1}$  und den nach Abschnitt 16.5. und 16.6. ermittelten Spannungswerten  $\sigma_1$ ,  $\tau$  ist die ideale Vergleichsspannung

$$\sigma_{VK1} = \frac{\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau^2}}{\frac{1+\psi}{4} \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_{1K1}} + \sqrt{\left(\frac{3-\psi}{4} \cdot \frac{\sigma_1}{\sigma_{1K1}}\right)^2 + \left(\frac{\tau}{\tau_{K1}}\right)^2}}$$

zu berechnen; sie beträgt im Sonderfall  $\tau \equiv 0$  einfach  $\sigma_{VK1} = \sigma_{1K1}$  und im Sonderfall  $\sigma_1 \equiv 0$  einfach  $\sigma_{VK1} = \tau_{K1} \cdot \sqrt{3}$ . Da die idealen Beulspannungen in allen jenen Fällen, in denen  $\sigma_{VK1}$  oberhalb der Proportionalitätsgrenze des Baustahls liegt, eine Abminderung erfahren müssen, ist zur idealen Vergleichsspannung  $\sigma_{VK1}$  eine abgeminderte Vergleichsspannung  $\sigma_{VK}$  zu bestimmen und die Beulsicherheitszahl mit Hilfe der Beziehung

$$\nu_B = \frac{\sigma_{VK}}{\sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau^2}} \geq \text{erf } \nu_B$$

zu berechnen; der zum Wert  $\sigma_{VK1}$  gehörige abgeminderte Wert  $\sigma_{VK}$  ist aus der Tabelle 9 zu entnehmen, wobei Zwischenwerte geradlinig einzuschalten sind.

Für Vorberechnungen darf näherungsweise  $\sigma_{VK}$  unmittelbar aus Bild 21 entnommen werden.

5) Zur Berücksichtigung der Minustoleranzen nach TGL 8446 (Grobbleche) und TGL 7974 (Breitflachstähle) ist in die Berechnung die Blechdicke t um 0,3 mm bei  $5 \text{ mm} \leq t < 8 \text{ mm}$  und um 0,5 mm bei  $8 \text{ mm} \leq t \leq 16 \text{ mm}$  abgemindert einzusetzen, sofern nicht durch entsprechende Kontrollen gewährleistet ist, daß das eingebaute Blech keine Minusabweichung aufweist.

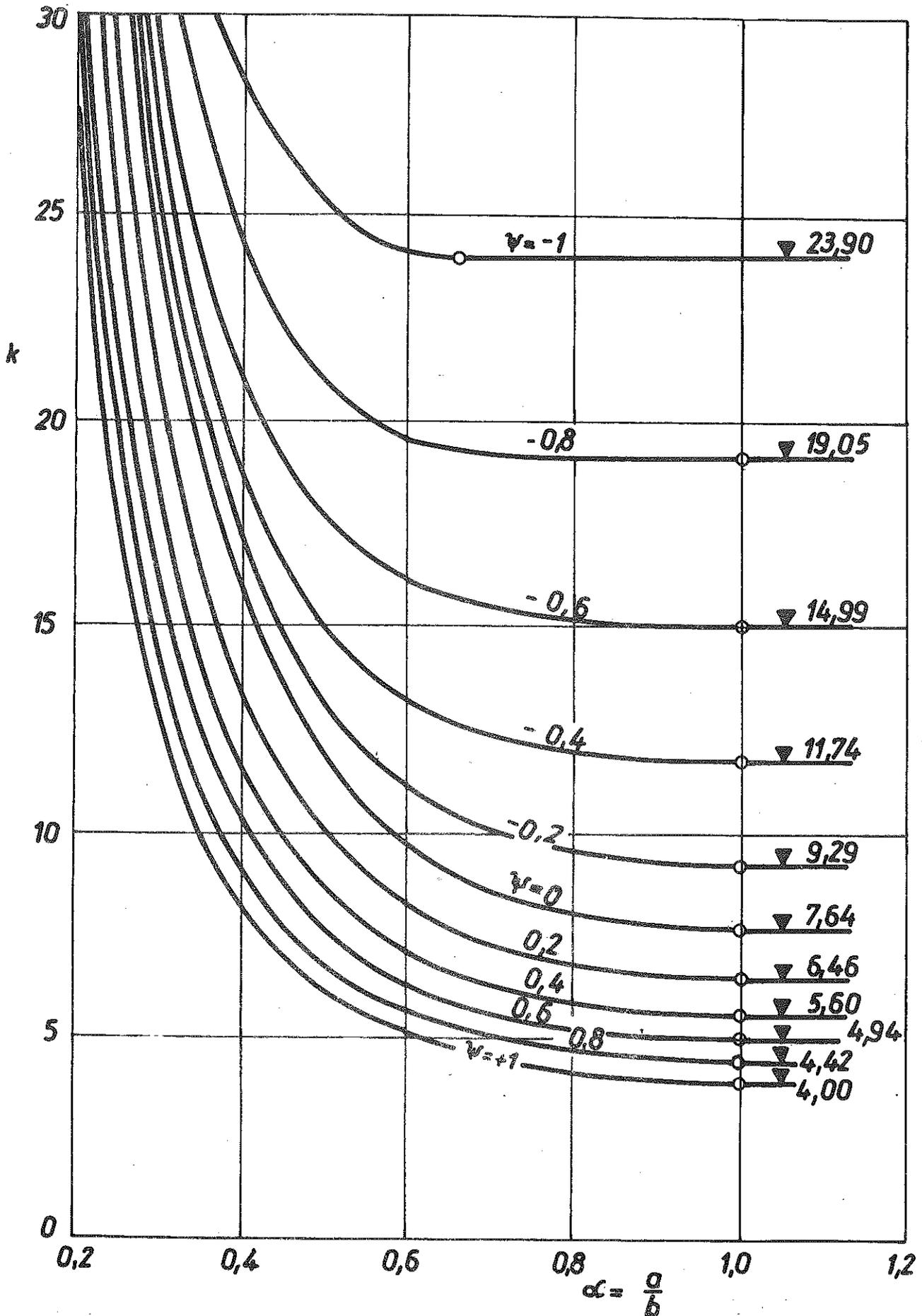


Bild 20

Die Tabelle 9 und das Bild 21 führen umgekehrt auch von einem gegebenen Spannungswert

$$\sigma_{VK} = \nu_B \cdot \sqrt{\sigma_1^2 + 3\tau^2}$$

zur zugeordneten idealen Vergleichsspannung  $\sigma_{VKi}$ , die bei der Bemessung nicht unterschritten werden darf.

Für  $\sigma_{VK} = \sigma_{VKi}$  wird  $\nu_B = \nu_{Bi}$ .

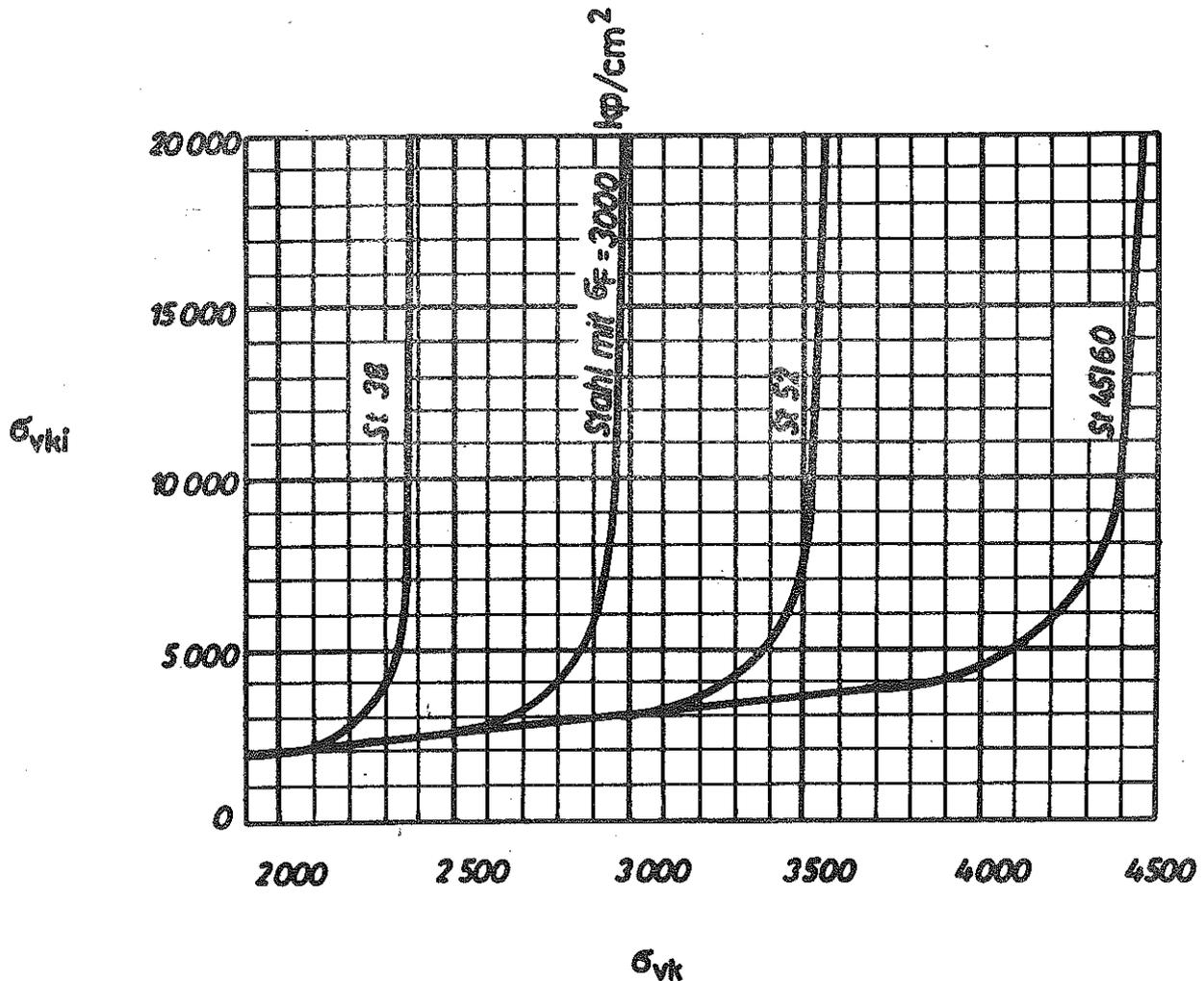


Bild 21

17.4. Die erforderliche Beulsicherheit ist für ideale Vergleichsspannungen  $\sigma_{VKi} \leq 1,5 \sigma_F$  Siehe hierzu Vorschrift Nr. 23/74 der Staatlichen Bauaufsicht.

Verfügungen und Mitteilungen Nr. 10. 1974, S. 162

bei Druckgurten von Biegeträgern

im Grenzlastfall H	erf $\nu_B = 1,50$
im Grenzlastfall HZ	erf $\nu_B = 1,33$
im Grenzlastfall S	erf $\nu_B = 1,20$

und bei Stegblechen

$$\text{im Grenzlastfall H} \quad \text{erf } \nu_B = 1,35$$

$$\text{im Grenzlastfall HZ} \quad \text{erf } \nu_B = 1,25$$

$$\text{im Grenzlastfall S} \quad \text{erf } \nu_B = 1,10$$

Für Vergleichsspannungen  $\sigma_{VK1} > 1,5 \sigma_F$  ist die erforderliche Beulsicherheit im Verhältnis

$$0,9 + 0,1 \cdot \left( \frac{1,5 \sigma_F}{\sigma_{VK1}} \right)^2$$

abgemindert.

Die Beulsicherheit braucht in der Regel nur für einen der Grenzlastfälle nachgewiesen zu werden.

17.5. Bei Beuluntersuchungen von Rechteckplatten, die Bauteile eines Druckstabes sind, ist die erforderliche Beulsicherheit  $\text{erf } \nu_B$  des Bauteiles gleich der erforderlichen Knicksicherheit  $\text{erf } \nu_K$  des ganzen Stabes.

Jedoch gilt für Vergleichsspannungen  $\sigma_{VK1} > 1,5 \sigma_F$

$$\text{erf } \nu_B = \left[ 0,9 + 0,1 \cdot \left( \frac{1,5 \sigma_F}{\sigma_{VK1}} \right)^2 \right] \cdot \text{erf } \nu_K$$

Die Knicksicherheit  $\text{erf } \nu_K$  ist abhängig von der Baustahlgüte und der für die Knickuntersuchung wirksamen Schlankheit  $\lambda$  und ist Tabelle 9 oder TGL 13 503 Bl. 2, Tabelle 1, zu entnehmen. Erforderlichenfalls ist die Beulsicherheit durch Vergrößerung der Blechdicke oder der Biegesteifigkeit der Steifen oder durch zusätzliche Anordnung von Steifen bis auf den geforderten Mindestwert zu heben. Sofern keine Steifen angeordnet werden, darf, wenn von einem genaueren Nachweis abgesehen wird, die erforderliche Blechdicke nach Tabelle 5, in der die oben angegebene Ermäßigung für Vergleichsspannungen  $\sigma_{VK1} > 1,5 \sigma_F$  enthalten ist, berechnet werden.

17.6. Bei Beuluntersuchungen von Rechteckplatten, die Bauteile eines Druckstabes sind, der zusätzlich durch Querkraftbiegung beansprucht wird, ist die erforderliche Beulsicherheit  $\text{erf } \nu_B^{N,M}$  zu ermitteln nach der Formel

$$\text{erf } \nu_B^{N,M} = \frac{\text{erf } \nu_K \cdot \sigma_N + \text{erf } \nu_B \cdot \sigma_M}{\sigma_N + \sigma_M}$$

Auch hier darf für Vergleichsspannungen  $\sigma_{VK1} > 1,5 \sigma_F$  die erforderliche Beulsicherheit wie oben abgemindert werden, und es gilt dann:

$$\text{erf } \nu_B^{N,M} = \left[ 0,9 + 0,1 \cdot \left( \frac{1,5 \sigma_F}{\sigma_{VK1}} \right)^2 \right] \frac{\text{erf } \nu_K \cdot \sigma_N + \text{erf } \nu_B \cdot \sigma_M}{\sigma_N + \sigma_M}$$

In den angegebenen Formeln ist für Grenzlastfall H  $\text{erf } \nu_B = 1,35$ , für Grenzlastfall HZ  $\text{erf } \nu_B = 1,25$  und für Grenzlastfall S  $\text{erf } \nu_B = 1,10$  einzusetzen.  $\sigma_N$  und  $\sigma_M$  sind die Spannungsanteile infolge der Normalkraft und des Biegemomentes.

Die Knicksicherheitszahl  $\text{erf } \nu_K$  ist der Schlankheit  $\lambda$  des Druckstabes zugeordnet und darf für die Zehnerzahlen von  $\lambda$  den Tabellen 1a bis 1d der TGL 13 503 Bl. 2 entnommen werden.

Tabelle 9 Knickepannungen  $\sigma_{VK}$  und Knicksicherheitszahlen  $\gamma_K$

$\sigma_{VKi}$ kp/cm <sup>2</sup>	St 38						Stahl $\sigma_P = 3000$ kp/cm <sup>2</sup>						St 52						St 45/60												
	allgemein			Brücken <sup>6)</sup>			$\sigma_{VK}$ kp/cm <sup>2</sup>	H $\gamma_K$	HZ $\gamma_K$	S $\gamma_K$	$\sigma_{VK}$ kp/cm <sup>2</sup>	H $\gamma_K$	HZ $\gamma_K$	S $\gamma_K$	allgemein			Brücken <sup>6)</sup>			$\sigma_{VK}$ kp/cm <sup>2</sup>	H $\gamma_K$	HZ $\gamma_K$	S $\gamma_K$							
	$\sigma_{VK}$ kp/cm <sup>2</sup>	H $\gamma_K$	HZ $\gamma_K$	S $\gamma_K$	H $\gamma_K$	HZ $\gamma_K$									S $\gamma_K$	H $\gamma_K$	HZ $\gamma_K$	S $\gamma_K$	H $\gamma_K$	HZ $\gamma_K$					S $\gamma_K$	H $\gamma_K$	HZ $\gamma_K$	S $\gamma_K$			
1600	1,95	2,20	1,76	2,50	2,22	$\sigma_{VKi}$	2,01	1,79	1,61	$\sigma_{VKi}$	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	$\sigma_{VKi}$	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	$\sigma_{VKi}$	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	$\sigma_{VKi}$	2,00	1,78	1,60
1920	2,04	2,30	1,84	2,58	2,29	"	2,07	1,84	1,66	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60
2000	2,03	2,29	1,83	2,60	2,31	"	2,09	1,86	1,67	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60
2100	2,07	2,27	1,82	2,58	2,29	"	2,15	1,91	1,72	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60
2200	2,02	2,25	1,80	2,56	2,28	"	2,18	1,94	1,74	"	2,05	1,82	1,64	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60
2300	1,98	2,23	1,79	2,53	2,25	$\sigma_P = 2400$	2,22	1,97	1,78	$\sigma_P = 2400$	2,07	1,84	1,66	2,50	2,22	$\sigma_P = 2400$	2,05	1,82	1,64	2,50	2,22	$\sigma_P = 2400$	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	$\sigma_P = 2400$	2,00	1,78	1,60
2400	1,96	2,21	1,77	2,51	2,23	$\sigma_P = 2479$	2,23	1,99	1,79	$\sigma_P = 2479$	2,10	1,86	1,68	2,50	2,22	$\sigma_P = 2479$	2,07	1,84	1,66	2,50	2,22	$\sigma_P = 2479$	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	$\sigma_P = 2479$	2,00	1,78	1,60
2500	1,94	2,19	1,75	2,48	2,21	2578	2,23	1,98	1,78	2578	2,10	1,86	1,68	2,50	2,22	2578	2,07	1,84	1,66	2,50	2,22	2578	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	2578	2,00	1,78	1,60
2600	1,92	2,16	1,73	2,46	2,18	2614	2,22	1,98	1,78	2614	2,10	1,86	1,68	2,50	2,22	2614	2,07	1,84	1,66	2,50	2,22	2614	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	2614	2,00	1,78	1,60
2700	1,91	2,14	1,72	2,43	2,16	"	2,21	1,96	1,77	"	2,15	1,91	1,72	2,50	2,22	"	2,15	1,91	1,72	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60
2800	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	2,17	1,93	1,74	2,50	2,22	"	2,17	1,93	1,74	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60
2880	1,89	2,12	1,70	2,41	2,14	$\sigma_P = 2644$	2,19	1,95	1,75	$\sigma_P = 2644$	2,17	1,93	1,74	2,50	2,22	$\sigma_P = 2644$	2,17	1,93	1,74	2,50	2,22	$\sigma_P = 2644$	2,02	1,78	1,60	2,50	2,22	$\sigma_P = 2644$	2,02	1,78	1,60
2900	1,87	2,10	1,68	2,38	2,11	2670	2,17	1,93	1,74	2670	2,17	1,93	1,74	2,50	2,22	2670	2,17	1,93	1,74	2,50	2,22	2670	2,04	1,80	1,60	2,50	2,22	2670	2,04	1,80	1,60
3000	1,81	2,07	1,65	2,33	2,07	"	2,14	1,90	1,71	"	2,18	1,94	1,74	2,50	2,22	"	2,18	1,94	1,74	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	"	2,00	1,78	1,60
3200	1,84	2,07	1,65	2,33	2,07	2713	2,14	1,90	1,71	2713	2,18	1,94	1,74	2,50	2,22	2713	2,18	1,94	1,74	2,50	2,22	2713	2,09	1,84	1,60	2,50	2,22	2713	2,09	1,84	1,60
3400	1,81	2,03	1,63	2,30	2,04	2747	2,07	1,87	1,68	2747	2,16	1,92	1,73	2,50	2,22	2747	2,16	1,92	1,73	2,50	2,22	2747	2,14	1,89	1,60	2,50	2,22	2747	2,14	1,89	1,60
3600	1,78	2,01	1,61	2,26	2,01	2774	2,07	1,84	1,66	2774	2,13	1,89	1,71	2,50	2,22	2774	2,13	1,89	1,71	2,50	2,22	2774	2,19	1,93	1,60	2,50	2,22	2774	2,19	1,93	1,60
3800	1,76	1,99	1,59	2,22	1,98	2796	2,04	1,82	1,63	2796	2,10	1,87	1,68	2,50	2,22	2796	2,10	1,87	1,68	2,50	2,22	2796	2,21	1,95	1,60	2,50	2,22	2796	2,21	1,95	1,60
4000	1,74	1,97	1,57	2,19	1,95	2815	2,02	1,79	1,62	2815	2,07	1,84	1,66	2,50	2,22	2815	2,07	1,84	1,66	2,50	2,22	2815	2,21	1,95	1,60	2,50	2,22	2815	2,21	1,95	1,60
4200	1,72	1,94	1,55	2,17	1,93	2831	1,99	1,77	1,59	2831	2,05	1,82	1,64	2,50	2,22	2831	2,05	1,82	1,64	2,50	2,22	2831	2,21	1,95	1,60	2,50	2,22	2831	2,21	1,95	1,60
4400	1,70	1,92	1,53	2,14	1,90	2844	1,97	1,75	1,58	2844	2,02	1,80	1,62	2,50	2,22	2844	2,02	1,80	1,62	2,50	2,22	2844	2,18	1,93	1,60	2,50	2,22	2844	2,18	1,93	1,60
4600	1,69	1,90	1,52	2,12	1,88	2856	1,95	1,73	1,56	2856	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	2856	2,00	1,78	1,60	2,50	2,22	2856	2,16	1,91	1,60	2,50	2,22	2856	2,16	1,91	1,60
4800	1,67	1,88	1,51	2,09	1,86	2866	1,93	1,71	1,54	2866	1,98	1,76	1,58	2,50	2,22	2866	1,98	1,76	1,58	2,50	2,22	2866	2,14	1,89	1,60	2,50	2,22	2866	2,14	1,89	1,60
5000	1,66	1,87	1,50	2,08	1,85	2875	1,91	1,70	1,53	2875	1,96	1,74	1,56	2,50	2,22	2875	1,96	1,74	1,56	2,50	2,22	2875	2,13	1,88	1,60	2,50	2,22	2875	2,13	1,88	1,60
5200	1,65	1,86	1,49	2,06	1,83	2883	1,90	1,68	1,52	2883	1,94	1,72	1,55	2,50	2,22	2883	1,94	1,72	1,55	2,50	2,22	2883	2,11	1,85	1,60	2,50	2,22	2883	2,11	1,85	1,60
5400	1,64	1,84	1,47	2,04	1,81	2890	1,88	1,67	1,51	2890	1,92	1,71	1,54	2,50	2,22	2890	1,92	1,71	1,54	2,50	2,22	2890	2,09	1,85	1,60	2,50	2,22	2890	2,09	1,85	1,60
5600	1,63	1,83	1,46	2,02	1,80	2896	1,87	1,66	1,50	2896	1,91	1,69	1,53	2,50	2,22	2896	1,91	1,69	1,53	2,50	2,22	2896	2,07	1,83	1,60	2,50	2,22	2896	2,07	1,83	1,60
5800	1,62	1,81	1,45	2,01	1,79	2902	1,86	1,65	1,49	2902	1,89	1,68	1,51	2,50	2,22	2902	1,89	1,68	1,51	2,50	2,22	2902	2,06	1,82	1,60	2,50	2,22	2902	2,06	1,82	1,60
6000	1,61	1,81	1,45	2,00	1,77	2907	1,84	1,64	1,47	2907	1,88	1,67	1,50	2,50	2,22	2907	1,88	1,67	1,50	2,50	2,22	2907	2,05	1,81	1,60	2,50	2,22	2907	2,05	1,81	1,60
6500	1,59	1,79	1,44	1,96	1,75	2918	1,82	1,62	1,46	2918	1,85	1,64	1,48	2,50	2,22	2918	1,85	1,64	1,48	2,50	2,22	2918	2,01	1,78	1,60	2,50	2,22	2918	2,01	1,78	1,60
7000	1,58	1,78	1,41	1,94	1,72	2927	1,80	1,60	1,44	2927	1,82	1,62	1,46	2,50	2,22	2927	1,82	1,62	1,44	2,50	2,22	2927	1,98	1,75	1,60	2,50	2,22	2927	1,98	1,75	1,60
7500	1,57	1,76	1,41	1,92	1,70	2934	1,78	1,58	1,43	2934	1,80	1,60	1,44	2,50	2,22	2934	1,80	1,60	1,44	2,50	2,22	2934	1,96	1,73	1,60	2,50	2,22	2934	1,96	1,73	1,60
8000	1,55	1,75	1,40	1,90	1,69	2940	1,77	1,57	1,42	2940	1,78	1,59	1,43	2,50	2,22	2940	1,78	1,59	1,43	2,50	2,22	2940	1,94	1,71	1,60	2,50	2,22	2940	1,94	1,71	1,60
9000	1,54	1,73	1,38	1,87	1,66	2950	1,74	1,55	1,39	2950	1,76	1,56	1,41	2,50	2,22	2950	1,76	1,56	1,41	2,50	2,22	2950	1,91	1,68	1,60	2,50	2,22	2950	1,91	1,68	1,60
10000	1,52	1,71	1,37	1,84	1,63	2957	1,72	1,53	1,38	2957	1,73	1,54	1,39	2,50	2,22	2957	1,73	1,54	1,39	2,50	2,22	2957	1,88	1,66	1,60	2,50	2,22	2957	1,88	1,66	1,60
15000	1,48	1,66	1,33	1,76	1,56	2975	1,66	1,48	1,33	2975	1,67	1,48	1,34</																		

17.7. Die Beulsicherheit der Stegbleche vollständig einbetonierter Träger braucht nicht nachgewiesen zu werden.

## 18. Aussteifung von Stegblechen

18.1. Die in Abschnitt 16.3. geschilderte Unterteilung des Stegbleches in einzelne Felder der Länge (a) und Breite (b) setzt eine unverschiebliche Querstützung des Bleches an allen vier Feldrändern voraus. In der Regel wird diese Querstützung durch die Gurte des Trägers und die mit den Quertägern verbundenen Pfosten, Halbrahmenstiele, bei mehrwandigen Konstruktionen auch durch Quer- und Längsschotte oder Quer- und Längsverbände bewirkt.

18.2. Werden zur Unterteilung einzelne Q u e r - oder L ä n g s - s t e i f e n verwendet, so gibt es grundsätzlich zwei Wege: Entweder erhalten die Längs- und Quersteifen eine so große Biegesteifigkeit, Mindeststeifigkeit, siehe TGL 13 503 Bl.2, daß sie die Beulspannung für das zu untersuchende Feld zumindest bis auf jenen Wert heben, der sich für das stärkstbeanspruchte T e i l f e l d bei Annahme einer einspannungsfreien Umfangslagerung nach Abschnitt 17.3. ergibt. Oder die Biegesteifigkeiten der Steifen werden kleiner gewählt als die Mindeststeifigkeiten, siehe TGL 13 503 Bl.2, so daß die Beulwerte (k) kleiner werden als die, die sich für die Teilfelder ergeben, aber noch ausreichend groß sind, um die erforderliche Beulsicherheit zu erreichen. Der zweite Weg ist besonders zweckmäßig, da die Erhöhung der Beulspannungen für die sich aus den Mindeststeifigkeiten ergebenden Teilfelder durch die Abminderung im plastischen Bereich häufig nicht ausgenutzt werden kann.

*Siehe hierzu: Verschriftl. Nr. 23/74 der Staatl. Bauaufsicht. Verfügungen und Mitteilungen Nr. 10 1974 S. 102*

18.3. Steifen, die als Folge ihrer Verbindung mit dem Stegblech eine axiale Druckspannung erfahren, die bei Einwirkung der Beulbelastung des versteiften Bleches die Proportionalitätsgrenze  $\sigma_p$  überschreitet, dürfen bei Stegblechen aus höchstfestem Stahl nicht aus Stahl geringerer Festigkeit hergestellt werden. Für alle Stahlmarken ist  $\sigma_p = 0,8 \sigma_F$  anzunehmen.

18.4. Längssteifen von Stegblechen, die an den Kreuzungsstellen mit Quersteifen, Halbrahmenstielen, Querschotten und dergleichen ungeschwächt durchgeführt oder gleichwertig gestoßen werden, dürfen bei der Berechnung der Fläche und des Trägheitsmomentes des gesamten Trägerquerschnittes mit berücksichtigt werden. Hierbei wird vorausgesetzt, daß eine einwandfreie Übertragung der auf die Steife entfallenden Axialkraft durch ihre Anschlüsse sichergestellt ist.

18.5. Für die Wahl des Steifenquerschnittes ist auch das Verhalten der Steife während des Ausbeulens des Bleches von Bedeutung. Steifen, deren Biegesteifigkeit schon nach kleinen Ausbeulungen des Bleches durch örtliches Ausweichen absinken kann, sind nicht zulässig.

## 19. Zuständige Prüfstellen

Zuständige Prüfstellen - Aufsichts- und Überwachungsorgane der DDR - sind Staatliche Bauaufsicht, Abnahmeamt der Deutschen Reichsbahn, Technische Überwachung, Prüfstelle für Tagebaugroßgeräte und andere nichtstationäre Tagebauausrüstungen, Prüfstelle für Lastaufnahmemittel, Oberste Bergbehörde, Deutsche Schiffsrevision und -klassifikation sowie Amt für Standardisierung, Meßwesen und Warenprüfung.

# Verfügungen u. Mitteilungen"

Heft 10/1974

## Vorschrift Nr. 23/74 der Staatlichen Bauaufsicht – Ergänzungsvorschriften für Stahltragwerke des Hochbaues

verbindlich ab: 1. Dezember 1974

gültig bis: zur Einarbeitung in die Standards

Deskriptoren: Stahltragwerke – Stabilität, Beulung  
Stahltragwerke – Montagezustand

ausgearbeitet und

verantwortlich: Staatliche Bauaufsicht im Ministerium für  
Bauwesen Abt. Prüfungen und Vorschriften

Berlin, den 10. Oktober 1974

Der Leiter der Staatlichen Bauaufsicht  
im Ministerium für Bauwesen  
Dipl.-Ing. Schütze

Diese Ergänzungsvorschriften für Stahltragwerke des Hochbaues dienen der Erhöhung der Sicherheit im Montagezustand und zur Erhöhung der Sicherheit gegen die Beulung ebener Bleche. Durch diese Vorschrift werden die Standards TGL 13 450, Stahlbau, Stahltragwerke im Hochbau und die TGL 13 503, Stahlbau, Stabilitätsfälle geändert bzw. ergänzt. Mit dieser Vorschrift wird die Vorschrift Nr 23/73 vom 10. Dezember 1973 – Sicherheit von Stahltragwerken im Montagezustand – (Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Bauwesen Nr. 1/1974 S. 7) ungültig

### 1. Grenzlastfälle – TGL 13 450 –

Entgegen der Vorschrift in TGL 13 450, September 1962, Abschnitt 2.4.3., sind die im Montagezustand auftretenden Belastungen dem Grenzlastfall HZ zuzuordnen.

### 2. Beulung ebener Bleche – TGL 13 503 –

Die in der TGL 13 503 vorgeschriebenen Beulsicherheiten setzen die in Versuchen festgestellten überkritischen Reserven voraus. Im Falle erheblicher Anisotropie und geringer Randsteifigkeiten von Beulfeldern sind diese erhöht beulgefährdet.

Im folgenden werden die notwendigen Änderungen und Ergänzungen, den einzelnen Abschnitten der TGL 13 503 zugeordnet, vorgeschrieben.

#### 2.1. Spannungsermittlung

Im Druckbereich von Stegblechen mit mehr als zwei Längssteifen sind für den Beulnachweis der an die Auflager angrenzenden Einzelfelder Schubspannungserhöhungen aus konzentrierten Lagerpressungen zu berücksichtigen. Es ist dafür die errechnete Schubspannung mit dem 1,3fachen Wert anzunehmen.

#### 2.2. Beulsicherheit

Abschnitt 17.4 – TGL 13 503 –

Bei Druckgurten von Biegeträgern mit einem Breiten-

Dickenverhältnis  $\frac{b_0}{t} > 30$  ist zusätzlich zu dem Beulnach-

weis der TGL 13 503 ein Nachweis nach TGL 13 506, Abschnitt 4.2.1., zu führen.

Druckgurte von Biegeträgern, die mit mehr als 3 Längssteifen ausgesteift sind oder die ein Seitenverhältnis von

$\frac{a}{b} < 0,9$  aufweisen, sind als Knickstab nach TGL 13 503 zu berechnen.

Es ist dabei nach der Vorschrift 3/74 der Staatlichen Bau-

aufsicht des Ministeriums für Verkehrswesen zu verfahren.

Bei Stegblechen mit mehr als zwei Längssteifen sind folgende Beulsicherheiten einzuhalten:

Grenzlastfall H erf.  $r_B = 1,50$

Grenzlastfall HZ erf.  $r_B = 1,35$

Grenzlastfall S erf.  $r_B = 1,20$

Bei Stegblechteilfeldern mit einem Seitenverhältnis  $\frac{a}{b} > 4$  sind diese Beulsicherheiten um 15%, bei einem

Seitenverhältnis  $\frac{a}{b} > 6$  um 20% zu erhöhen.

Treten außer den Beanspruchungen in der Scheibenebene zusätzliche Beanspruchungen rechtwinklig zur Scheibenebene auf, so ist der Beulnachweis durch einen Tragsicherheitsnachweis nach Theorie II. Ordnung zu ergänzen

Blechstöße mit einer Dickendifferenz  $\leq 3$  mm dürfen ohne Nachweis nur bis zu einem maximalen Abstand  $a/4$  von den Aussteifungen vorgenommen werden

#### 2.3. Aussteifungen

Abschnitt 18.2 – TGL 13 503 –

Die Mindeststeifigkeit  $\gamma^*$  für Aussteifungen von Blechen mit zwei Längssteifen ist gegenüber den nach TGL 13 503, Blatt 2, Abschnitt 18.1, oder nach Literaturangaben errechneten Werten zu verdoppeln, bei Anordnung von 3 und mehr Längssteifen zu verdreifachen. Zwei bzw. drei und mehr Längsaussteifungen, die keine Mindeststeifigkeitseigenschaften aufweisen sollen, sind zur Bestimmung des Beulwertes nur mit der Hälfte bzw. mit  $\frac{1}{3}$  ihres Trägheitsmomentes einzuführen. Das Trägheitsmoment der Aussteifungen ist auf die Schwerlinie von Steife und anteiligem Blech zu beziehen, wenn sich daraus ein kleineres Trägheitsmoment als nach dem in TGL 13 503 vorgeschriebenen Verfahren ergibt

Abschnitt 18.4 – TGL 13 503 –

Längssteifen von Druckgurten sind ungeschwächt durchzuführen oder gleichwertig zu stoßen. Ein max. Steifenabstand von  $50 \cdot t$  ist einzuhalten, wobei  $t =$  Blechdicke des auszusteifenden Bleches darstellt.

Abschnitt 18.5 – TGL 13 503 –

Die Anwendung von Flachblech- und Flachwulststernen zur Längsaussteifung von Druckgurten, von Biegeträgern oder Bauteilen eines Druckstabes ist nur zulässig, wenn

vorh.  $r_B > 1,3$  erf.  $r_B$  bzw.

$r_B < 0,75$  zul.  $r_B$

ist.

Bei Flachstahlsteifen ist einzuhalten

$$\frac{h}{d} \leq 15 \text{ und } \lambda \leq 80$$

$h =$  Steifenhöhe

$d =$  Dicke der Steife

$\lambda =$  Schlankheit des Knickstabes aus Steife und anteiligem Blech.

Auf den Biegedrillknicknachweis kann verzichtet werden.

## Hinweise

Ersatz für TGL 0-4114 Bl.1 Ausg.9.62

Änderungen gegenüber TGL 0-4114 Bl.1:

Abschnitt 3. und 7. Knickstäbe werden grundsätzlich nach Spannungstheorie II. Ordnung berechnet (anstelle des Traglastverfahrens nach Ježek) unter Beibehaltung einer weiteren Absicherung gegen Eulerlast. Die zulässigen Knickspannungen wurden erhöht (Änderung von  $\omega$  und zul  $\sigma$ ).

Abschnitt 8. Für Querkräfte in mehrteiligen Druckstäben werden neue Formeln angegeben.

Abschnitt 10. Überlagerung Druck und Biegung wird nach Spannungstheorie II. Ordnung berechnet.

Für die Querkraft in mehrteiligen Druckstäben mit planmäßiger Querlast ist eine Formel angegeben.

Abschnitt 12.5. Stabilisierungsverbände wurden neu aufgenommen.

Abschnitt 14. Für den Stabilitätsnachweis von Rahmen wird der Spannungsnachweis nach Theorie II. Ordnung zugelassen.

Abschnitt 17. Beulsicherheit wurde auf Druckgurte von Biegeträgern erweitert.

Euler-Knickspannungen  $\sigma_{K1}$  abhängig von  $\lambda$  siehe Tabelle Seite 57.

Die Werte für einen Stahl mit der Fließgrenze  $\sigma_F = 3000 \text{ kp/cm}^2$  sind aufgenommen worden, weil derartiger Stahl nach Sondergenehmigung praktisch eingesetzt wird (z.B. St 30/45), auch wenn er noch nicht nach TGL 13 500 allgemein zugelassen ist.

Knickzahlen für einen Stahl mit  $\sigma_F = 2300 \text{ kp/cm}^2$  und zul  $\sigma = 1400 \text{ kp/cm}^2$  siehe DV 804/100 "Richtlinien für die Nachrechnung stählerner Eisenbahnbrücken".

Stahlbau; Stahltragwerke;  
Berechnung, bauliche Durchbildung

siehe TGL 13 500

Stahlbau; Stabilitätsfälle;  
Berechnung nach zulässigen Spannungen,  
Erläuterungen und  
zusätzliche Forderungen

siehe TGL 13 503 Bl.2

