

Canaletto in England

A VENETIAN ARTIST ABROAD, 1746-1755



Themen der heutigen Vorlesung

Stützen

- Knickgefahr
- Knicklasten
- Schlankheit
- Stützenprofile





Frankfurt University of Applied Sciences FB1 Architektur TWL 4

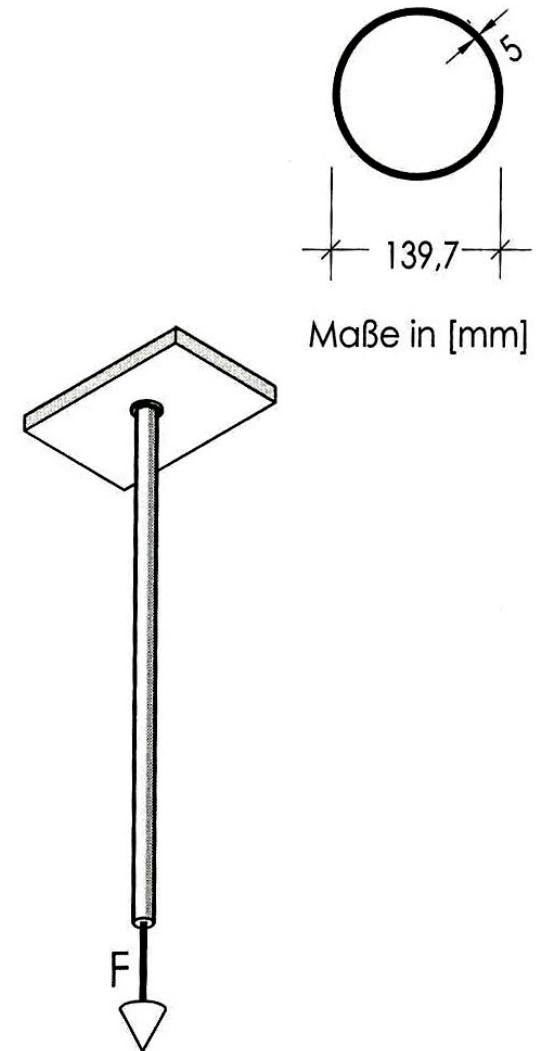
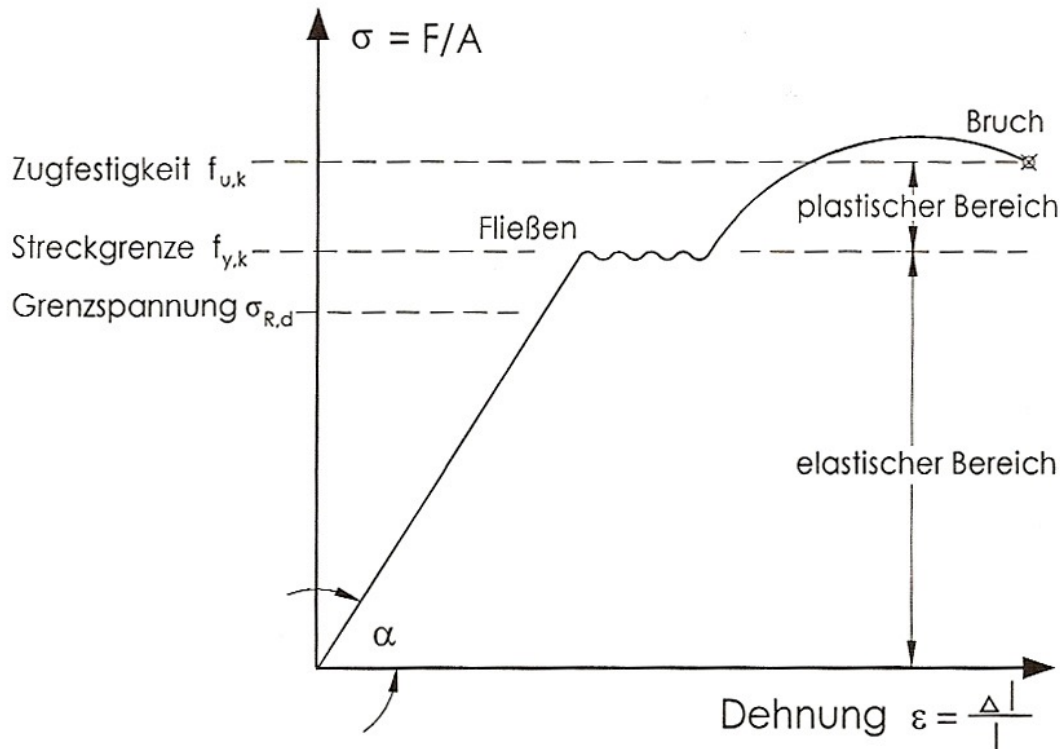


Stahlrohr als Zugstab

aufnehmbare Zugkraft $F = 460 \text{ kN}$

$$A = 21,15 \text{ cm}^2 \quad \sigma_{R,d} = 24 / 1,1 = 21,8 \text{ kN/cm}^2$$

$$F = A \times \sigma_{R,d} = 460 \text{ kN}$$



Maße in [mm]

* aus Leicher: Tragwerkslehre aus beispielen und Zeichnungen, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag

Stahlrohr als Zugstab

aufnehmbare Zugkraft $F = 460 \text{ kN}$

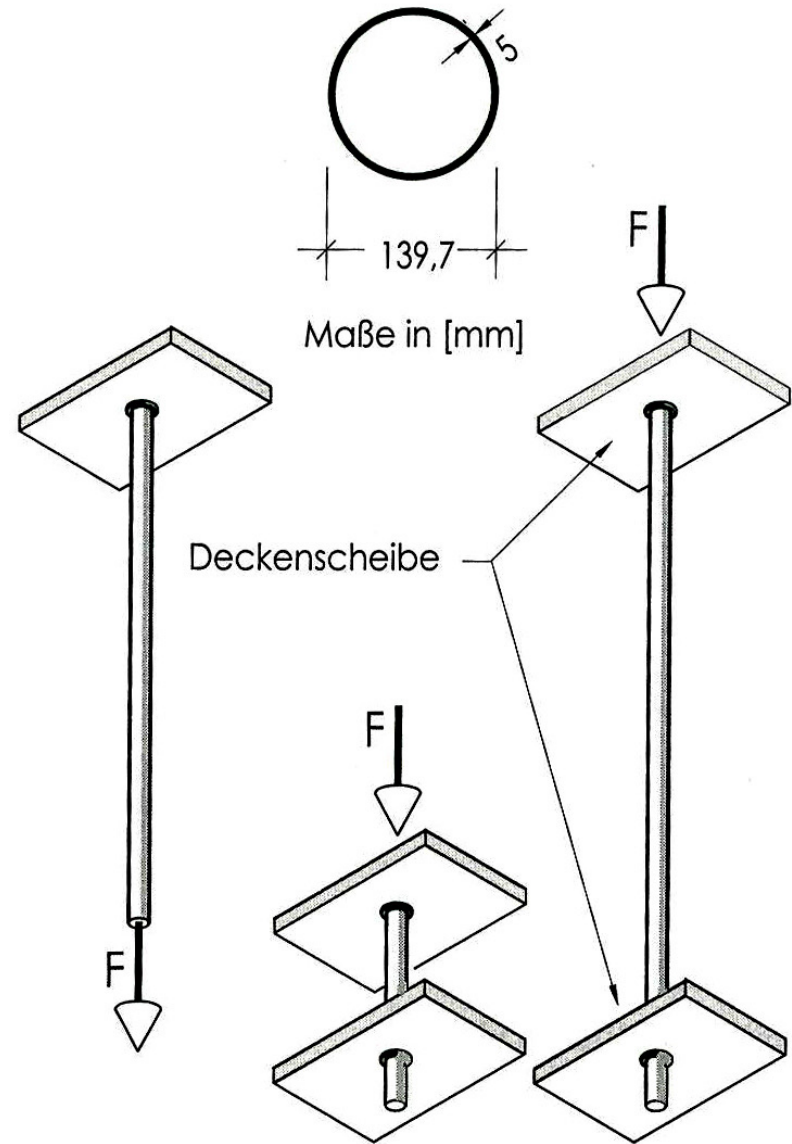
Stahlrohr als Druckstab ($L = 1,0 \text{ m}$)

aufnehmbare Druckkraft $F = 460 \text{ kN}$

Stahlrohr als Druckstab ($L = 4,0 \text{ m}$)

aufnehmbare Druckkraft $F = 276 \text{ kN}$
(= 60 %)

Grund: Knickgefahr



* aus Leichter: Tragwerkslehre aus beispielen und Zeichnungen, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag

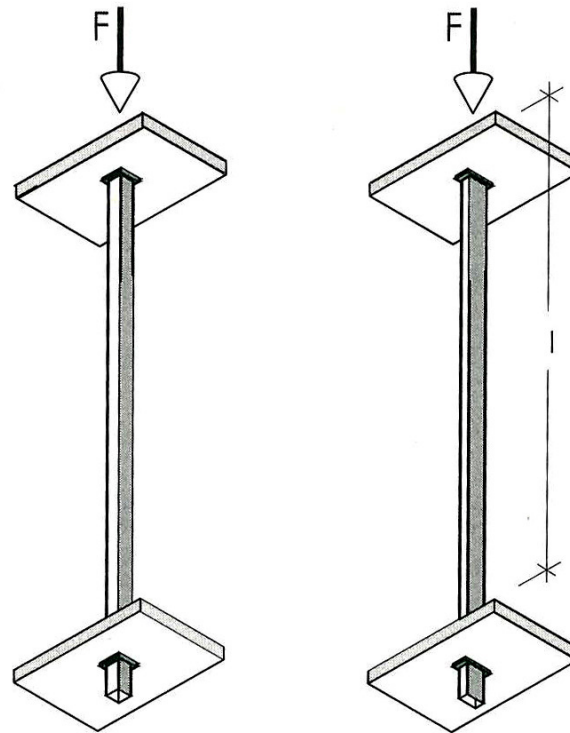
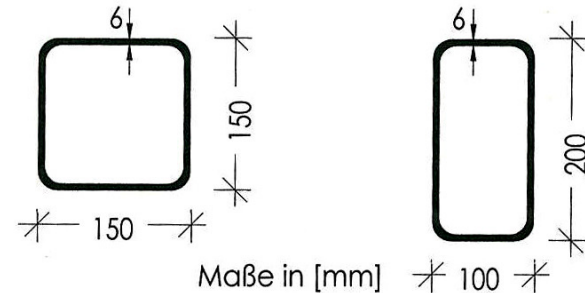
Stahlhohlprofil 150 x 150 x 6 mm

Querschnittsfläche $A = 33,6 \text{ cm}^2$

aufnehmbare Zugkraft $F = 525 \text{ kN}$

als Stütze mit $L = 4,0 \text{ m}$

aufnehmbare Druckkraft $F = 400 \text{ kN}$
(= 75 %)



Stahlhohlprofil 200 x 100 x 6 mm

Querschnittsfläche $A = 33,6 \text{ cm}^2$

aufnehmbare Zugkraft $F = 525 \text{ kN}$

als Stütze mit $L = 4,0 \text{ m}$

aufnehmbare Druckkraft $F = 295 \text{ kN}$
(= 55 %)

Grund: Knickgefahr

* aus Leichter: Tragwerkslehre aus beispielen und Zeichnungen, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag

Eulerfall 2

Untersuchung des Knickproblems durch Schweizer Mathematiker Euler

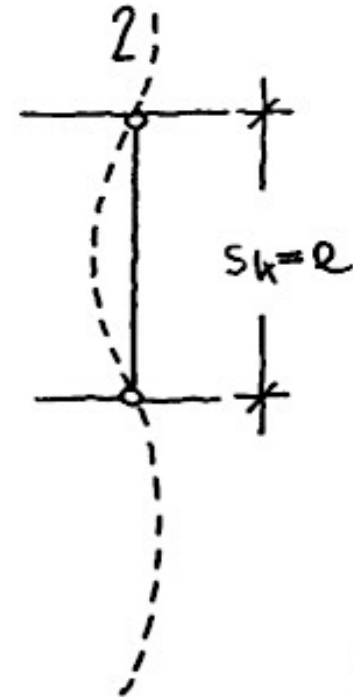
Ansatz:

- Stab mit ideal gerader Stabachse
- zentrischer Lastangriff
- elastisches Werkstoffverhalten

Einordnung des Knickproblems in 4 „Euler Fälle“

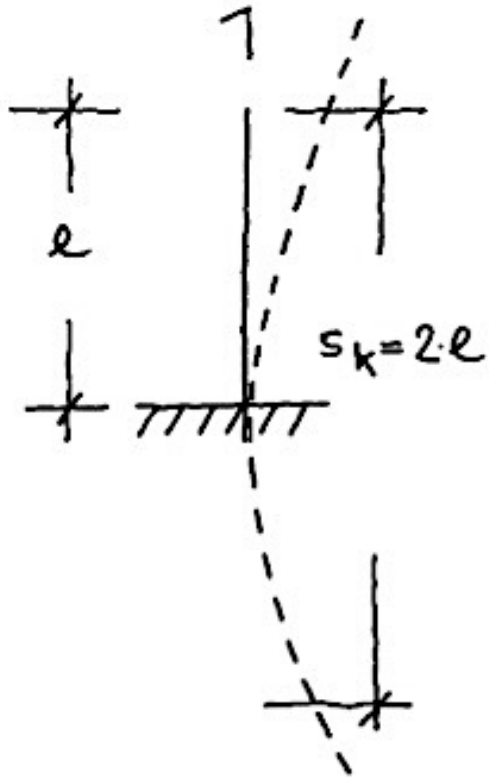
Abhängig von der Knicklänge s_k

Ermittlung der Knicklast unter denen ein Stab ausknickt



$$N_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2} \quad [\text{kN}]$$

Eulerfall 1

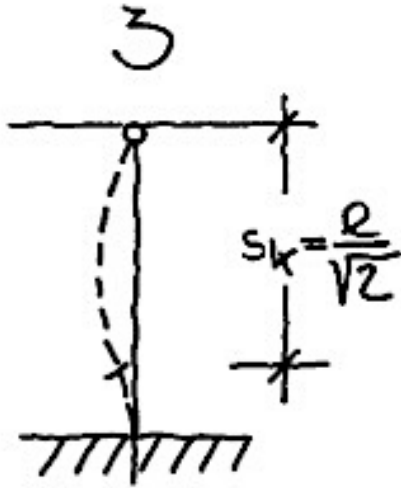


$$s_k = 2 \cdot l$$

$$N_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(2 \cdot l)^2} = 0,25 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2}$$

Knicklast nur ein Viertel der Knicklast vom Eulerfall 2

Eulerfall 3

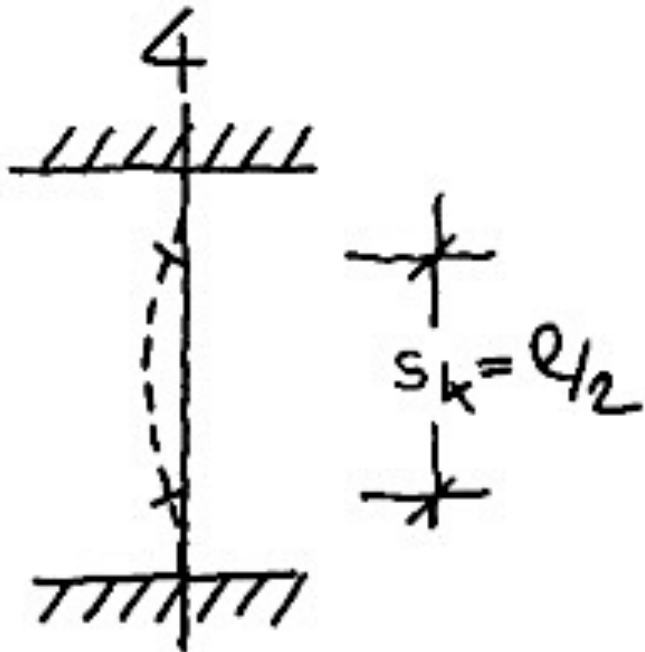


$$s_k = 0,7 \cdot l$$

$$N_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(0,7 \cdot l)^2} = 2 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2}$$

Knicklast das Doppelte der Knicklast vom Eulerfall 2

Eulerfall 4



$$s_k = 0,5 \cdot l$$

$$N_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{(0,5 \cdot l)^2} = 4 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{l^2}$$

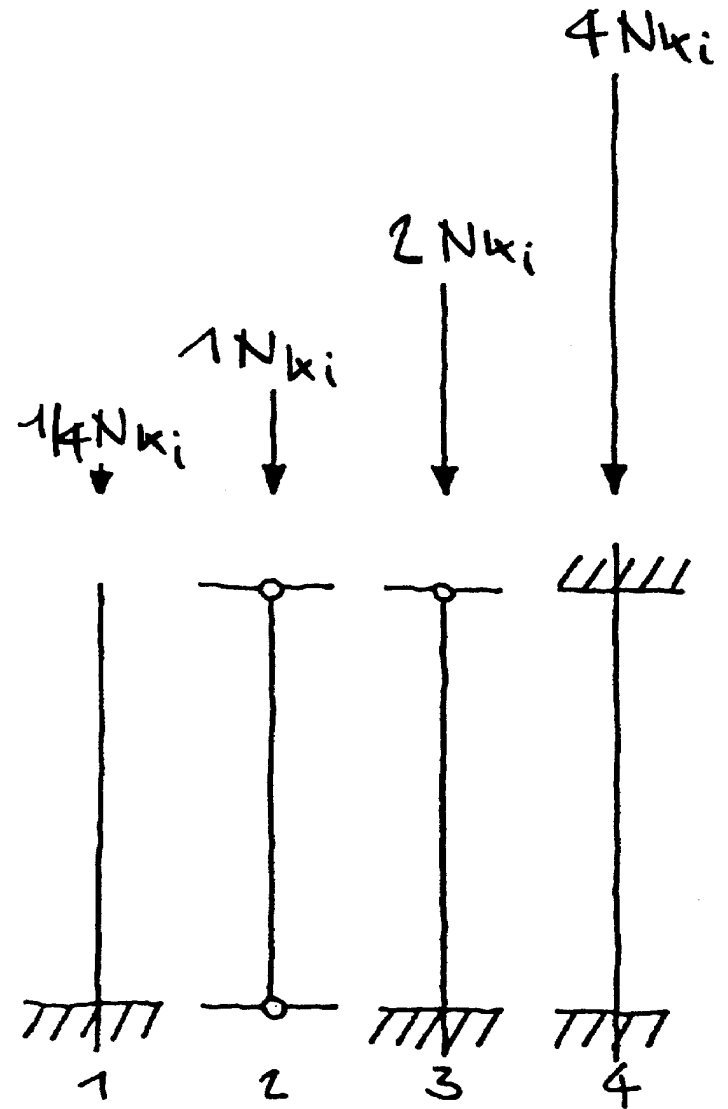
Knicklast das Vierfache
der Knicklast vom Eulerfall

Vergleich der Knicklasten

Euler'sche Knicklast

$$N = \pi^2 E I / s_k^2$$

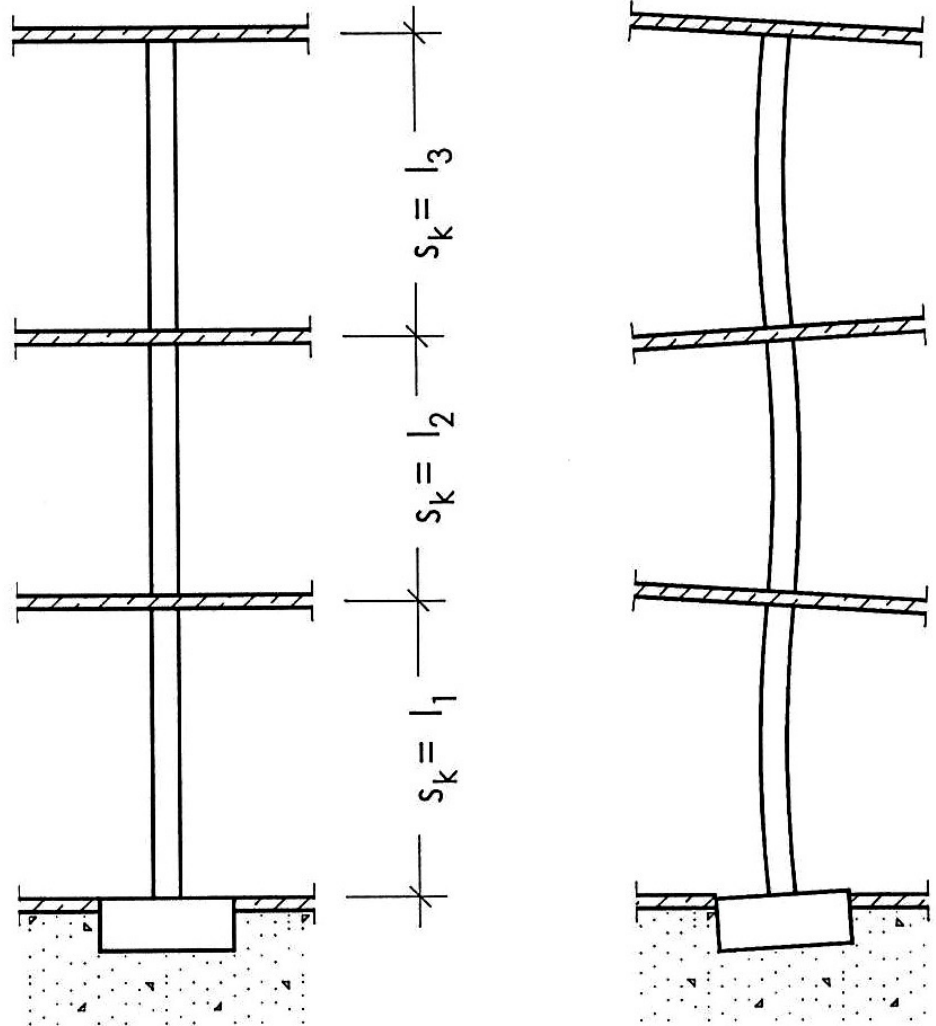
Eulerfall	s_k	Knicklast
1	$2l$	$1/4$
2	l	1
3	$l/\sqrt{2}$	2
4	$l/2$	4



Knickverhalten einer durchlaufenden,
mehrgeschossigen Stütze

Deckenscheiben wirken als
horizontale Lager

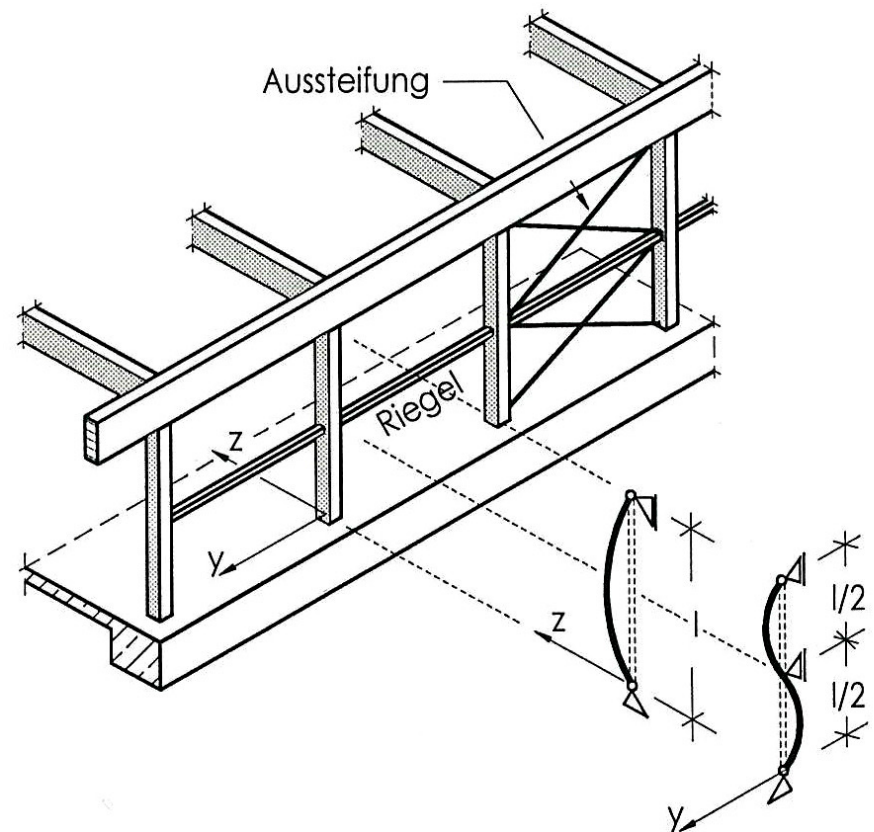
Knickfigur setzt sich wellenartig
durch alle Geschosse fort



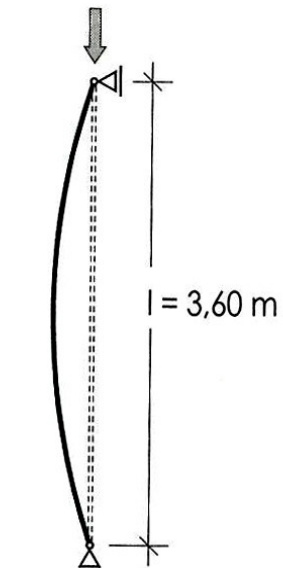
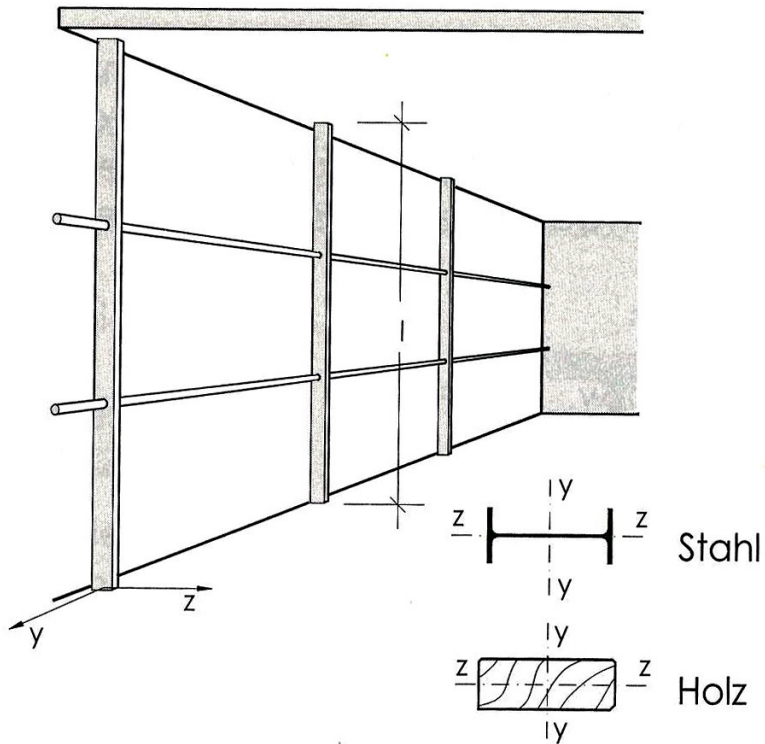
* aus Leicher: Tragwerkslehre aus beispielen und
Zeichnungen, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag

Ein Stab kann in den beiden Stabachsen unterschiedliche Knicklängen aufweisen

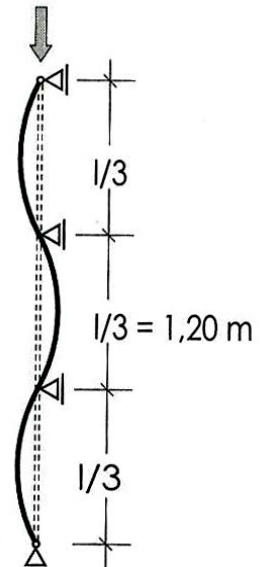
Zwischenhalterung der Fassadenstütze durch Fassadenriegel entlang der Fassade



Ausrichtung der Stützenprofile entsprechend der Knicklängen



Knicken
in z -Richtung



Knicken
in y -Richtung

* aus Leicher: Tragwerkslehre aus beispielen und Zeichnungen, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag

Definition der Schlankheit eines Querschnittes:

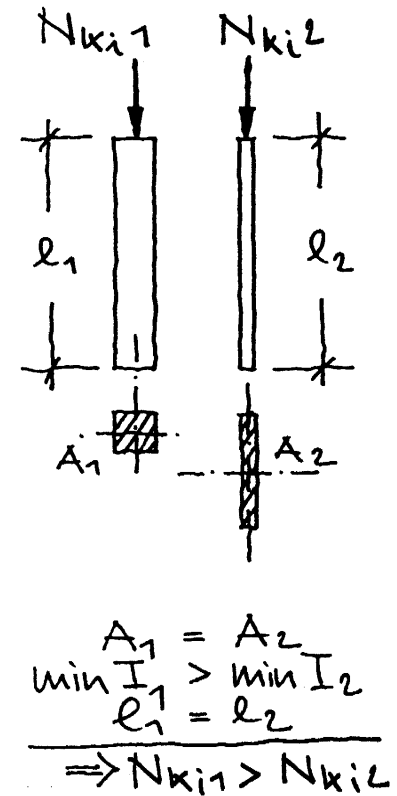
$$\lambda = s_k / i \text{ (dimensionslos)}$$

Trägheitsradius

$$\sqrt{\frac{I}{A}} = i \quad \left[\sqrt{\frac{\text{cm}^4}{\text{cm}^2}} = \text{cm} \right]$$

$$I = b \times h^3 / 12 \text{ (Trägheitsmoment cm}^4\text{)}$$

$$A = b \times h \text{ (Fläche cm}^2\text{)}$$



Bestimmung der Knickspannung

$$\sigma_k = \frac{N_k}{A} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{s_k^2 \cdot A} \quad [\text{kN/cm}^2]$$

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} \quad [\text{cm}] \quad \text{Trägheitsradius} = \sqrt{\frac{\text{Trägheitsmoment}}{\text{Querschnittsfläche}}}$$

$$\sigma_k = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot i^2}{s_k^2} \quad [\text{kN/cm}^2]$$

$$\lambda = \frac{s_k}{i} \quad [\text{dimensionslos}] \quad \text{Schlankheit} = \frac{\text{Knicklänge}}{\text{Trägheitsradius}}$$

$$\sigma_k = \frac{\pi^2 \cdot E}{\lambda^2} \quad [\text{kN/cm}^2]$$

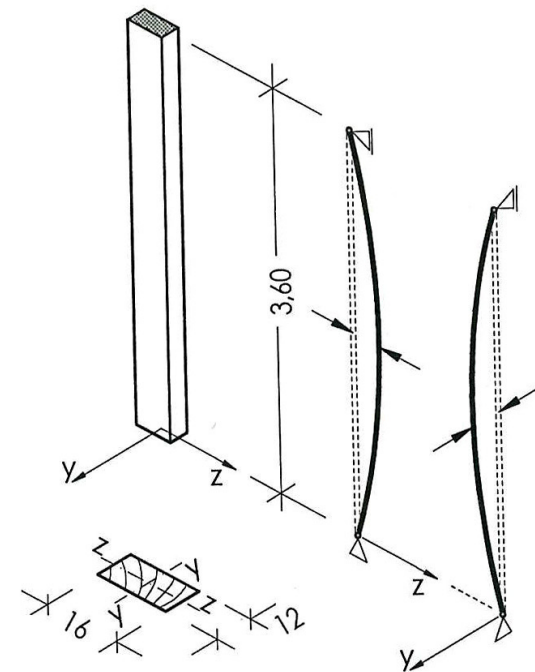
Erkenntnisse aus der Knickspannung

- Knicklast nimmt mit steigendem E-Modul zu

$$E_{\text{Stahl}} = 21000 \text{ kN/cm}^2 \quad E_{\text{Alu}} = 7000 \text{ kN/cm}^2$$

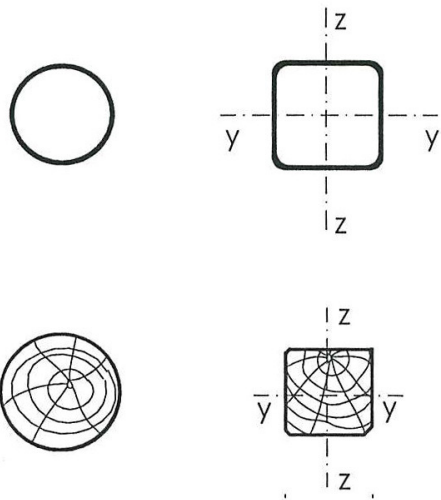
bei gleichen Randbedingungen 3-fache Knicklast für Stahlstütze

- Knicklast nimmt mit steigendem Trägheitsmoment zu
- für Stützen großer Trägheitsradius günstig
- bei gleichen Randbedingungen nimmt Knicklast ungefähr mit dem Quadrat der Stablänge ab

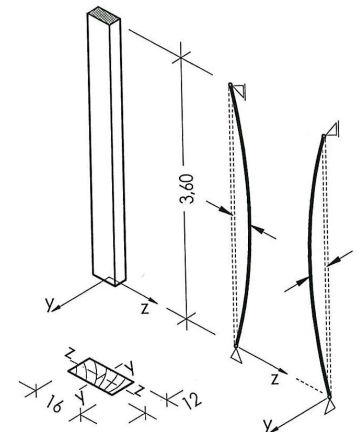
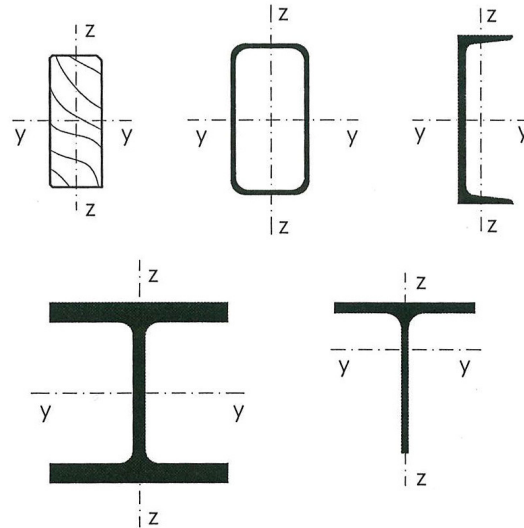


* aus Leichter: Tragwerkslehre aus beispielen und Zeichnungen, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag

Querschnitte mit gleichen Steifigkeiten in beiden Achsen

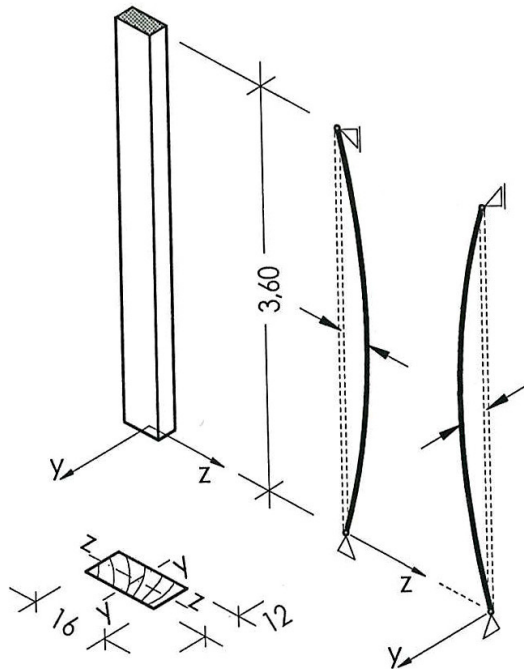


Querschnitte mit ungleichen Steifigkeiten in den Achsen



Stützenbemessung: k-Verfahren

Schlankheit ermitteln



* aus Leicher: Tragwerkslehre aus beispielen und Zeichnungen, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag

gegeben: Druckkraft N_{t1} [kN]
(einschließlich geschätztem Stützengewicht)
Stützhöhe l
Eulerfall $\Rightarrow s_k$
Material $\Rightarrow \sigma_{Rd}$

schätzen: Querschnitt
Erster Anhaltspunkt:

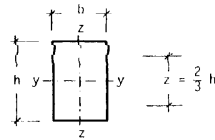
$$A \geq \frac{N_d}{\sigma_{Rd}}$$

ermitteln: A
 $\min i \Leftarrow$ Querschnittstabelle
Falls der Querschnitt nicht in der Tabelle enthalten:

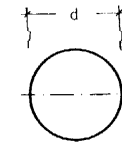
$$\min i = \sqrt{\frac{\min I}{A}}$$

$$\lambda = \frac{s_k}{\min i}$$

Trägheitsradius min i
aus Tabellen ablesen
oder selbst berechnen!



= Hebelarm der inneren Kräfte



A = Querschnittsfläche
W = Widerstandsmoment
I = Trägheitsmoment
i = Trägheitsradius

2.2 KANTHÖLZER □

b	h	A	G	I _y	W _y	I _z	W _z	min i
cm	cm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm
6	6	36	2,16	108	36,0	108	36,0	1,73
6	8	48	2,88	256	64,0	144	48,0	1,73
6	10	60	3,60	500	100	180	60,0	1,73
6	12	72	4,32	864	144	216	72,0	1,73
6	14	84	5,04	1372	196	252	84,0	1,73
8	8	64	3,84	341	85	341	85,0	2,31
8	10	80	4,80	667	133	427	107	2,31
8	12	96	5,76	1150	192	512	128	2,31
8	14	112	6,72	1830	261	597	149	2,31
8	16	128	7,68	2730	341	683	181	2,31
8	18	144	8,64	3888	432	768	192	2,31
8	20	160	9,60	5330	533	853	213	2,31
10	10	100	6,00	833	167	833	167	2,89
10	12	120	7,20	1440	240	1000	200	2,89
10	14	140	8,40	2290	327	1170	233	2,89
10	16	160	9,60	3410	427	1330	267	2,89
10	18	180	10,8	4860	540	1500	300	2,89
10	20	200	12,0	6670	667	1670	333	2,89
10	22	220	13,2	8870	807	1830	367	2,89
12	12	144	8,64	1730	288	1730	288	3,46
12	14	168	10,1	2740	392	2020	336	3,46
12	16	192	11,5	4100	512	2300	384	3,46
12	18	216	12,9	5830	648	2590	432	3,46
12	20	240	14,4	8000	800	2880	480	3,46
12	22	264	15,8	10650	968	3170	528	3,46
12	24	288	17,3	13820	1150	3450	576	3,46
12	26	312	18,7	17570	1350	3740	624	3,46
13	16	208	12,5	4430	555	2930	451	3,76
13	18	234	14,0	6320	702	3300	507	3,76
14	14	196	11,7	3200	457	3200	457	4,04
14	16	224	13,4	4780	597	3660	523	4,04
14	18	252	15,1	6800	756	4120	588	4,04
14	20	280	16,8	9333	933	4570	653	4,04
x 14	22	308	18,5	12420	1130	5030	719	4,04
x 14	24	336	20,1	16130	1340	5490	784	4,04
x 14	26	364	21,8	20510	1580	5950	849	4,04
x 14	28	392	23,4	25610	1830	6400	915	4,04
16	16	256	15,3	5460	683	5460	683	4,62
x 16	18	288	17,3	7780	864	6140	768	4,62

b	h	A	G	I _y	W _y	I _z	W _z	min i
cm	cm	cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm
x 26	26	676	40,5	38080	2930	38080	2930	7,51
x 28	28	784	47,0	51220	3660	51220	3660	8,08
x 30	30	900	54,0	67500	4500	67500	4500	8,66

DACHLATTEN

24/48 mm	11,5	0,69	22,1	9,21	5,53	4,60	0,69
30/50 mm	15,0	0,90	31,3	12,5	11,3	7,54	0,87
40/60 mm	24,0	1,44	72,0	24,0	32,0	16,0	1,15
50/80 mm	40,0	2,40	213	53,3	83,3	33,3	1,44

Die Gewichte G in der vierten Spalte beziehen sich auf Kiefer, Tannen, Fichten und Lärchen mit einer Rohrdichte von je etwa ... 600 kg/m³

Die mit x bezeichneten Querschnittsabmessungen sind nicht genormt; nur in Ausnahmefällen sollen nicht genormte Abmessungen verwandt werden.

$$\text{Trägheitsradius } i_y = 0,289 h \left(= \sqrt{\frac{1}{12} \cdot h} \right)$$

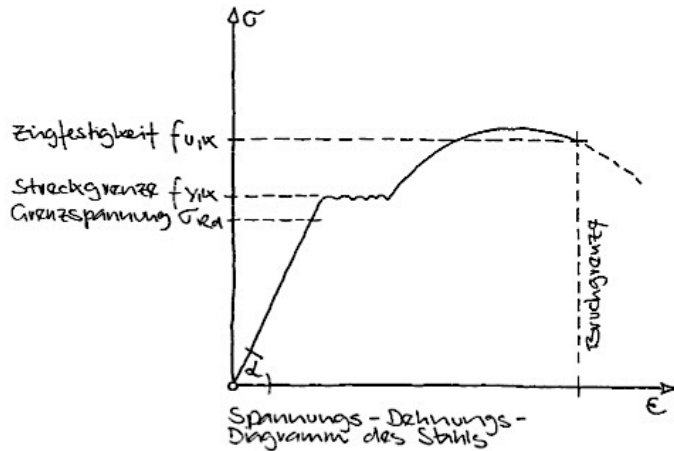
Trägheitsradius $i_z = 0,289 b$

2.3 RUNDHÖLZER ○

Durchm. d	A	I	W	i	max λ = 150 bei s _k (m)
cm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	
8	50,3	201	50,3	2,00	3,00
9	63,6	322	71,6	2,25	3,37
10	78,5	491	98,2	2,50	3,75
11	95	719	131	2,75	4,12
12	113	1020	170	3,00	4,50
13	133	1400	216	3,25	4,87
14	154	1890	269	3,50	5,25
15	177	2490	331	3,75	5,62

Stützenbemessung: k-Verfahren

Spannung berechnen und
mit zulässiger Spannung
vergleichen



gegeben: Druckkraft N_{d1} [kN]
(einschließlich geschätztem
Stützengewicht)
Stützhöhe l
Eulerfall $\Rightarrow s_k$
Material $\Rightarrow \sigma_{Rd}$

schätzen: Querschnitt
Erster Anhaltspunkt:

$$A \geq \frac{N_d}{\sigma_{Rd}}$$

ermitteln: A

min i \Leftarrow

Querschnittstabelle
Falls der Querschnitt
nicht in der Tabelle
enthalten:

$$\min i = \sqrt{\frac{\min I}{A}}$$

$$\lambda = \frac{s_k}{\min i}$$

\Downarrow

k \Leftarrow

k-Tabelle für das
gewählte Material

nachweisen: $\sigma_d = \frac{N_d}{\text{vorh } A}$

überprüfen: $\sigma_d \leq \sigma_{Rd} \cdot k$

3.2.3 Knickbeiwerte k für Vollholz, Brettschichtholz und Furnierschichtholz

k aus Tabellen ablesen
für Holzquerschnitte

Schlank- heit	Vollholz aus Nadelholz			Brettschichtholz aus Nadelholz				Furnier- schicht- holz (Kerto S)
λ	S 7	S 10 S 13 MS 13	MS 17	BS 11	BS 14	BS 16	BS 18	FSH
30	0,990	0,998	0,999	1,002	0,998	0,998	1,000	0,990
35	0,961	0,972	0,975	0,990	0,985	0,985	0,987	0,973
40	0,925	0,941	0,944	0,975	0,967	0,968	0,971	0,948
45	0,877	0,900	0,906	0,955	0,942	0,943	0,948	0,909
50	0,816	0,849	0,856	0,925	0,904	0,906	0,915	0,848
55	0,745	0,785	0,795	0,882	0,848	0,851	0,865	0,766
60	0,669	0,715	0,726	0,821	0,774	0,779	0,797	0,678
65	0,597	0,644	0,656	0,748	0,694	0,699	0,719	0,595
70	0,531	0,577	0,588	0,671	0,616	0,622	0,642	0,523
75	0,473	0,516	0,527	0,600	0,548	0,552	0,572	0,461
80	0,423	0,463	0,473	0,536	0,488	0,492	0,510	0,409
85	0,380	0,417	0,426	0,481	0,436	0,440	0,457	0,365
90	0,342	0,376	0,385	0,433	0,392	0,396	0,411	0,327
95	0,310	0,341	0,349	0,391	0,354	0,357	0,371	0,295
100	0,282	0,310	0,318	0,355	0,321	0,324	0,337	0,267
105	0,257	0,283	0,290	0,323	0,292	0,295	0,307	0,243
110	0,236	0,260	0,266	0,296	0,267	0,270	0,280	0,222
115	0,217	0,239	0,245	0,271	0,245	0,248	0,257	0,204
120	0,200	0,221	0,226	0,250	0,226	0,228	0,237	0,187
125	0,185	0,204	0,209	0,231	0,208	0,210	0,219	0,173
130	0,172	0,189	0,194	0,214	0,193	0,195	0,203	0,160
135	0,160	0,176	0,181	0,199	0,179	0,181	0,188	0,149
140	0,149	0,164	0,168	0,185	0,167	0,169	0,175	0,139
145	0,139	0,154	0,157	0,173	0,156	0,158	0,164	0,129
150	0,130	0,144	0,148	0,162	0,146	0,147	0,153	0,121
155	0,122	0,135	0,139	0,152	0,137	0,138	0,144	0,113
160	0,115	0,127	0,130	0,143	0,129	0,130	0,135	0,107
165	0,108	0,120	0,123	0,134	0,121	0,122	0,127	0,100
170	0,102	0,113	0,116	0,127	0,114	0,115	0,120	0,095
175	0,097	0,107	0,110	0,120	0,108	0,109	0,113	0,089
180	0,091	0,101	0,104	0,113	0,102	0,103	0,107	0,085
185	0,087	0,096	0,098	0,107	0,097	0,098	0,101	0,080
190	0,082	0,091	0,093	0,102	0,092	0,093	0,096	0,076
195	0,078	0,087	0,089	0,097	0,087	0,088	0,091	0,072
200	0,074	0,082	0,085	0,092	0,083	0,084	0,087	0,069
205	0,071	0,079	0,081	0,088	0,079	0,080	0,083	0,065

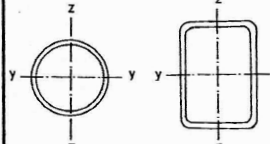
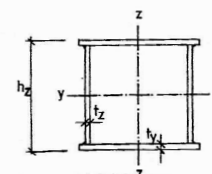
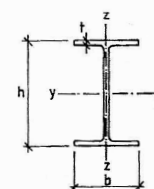
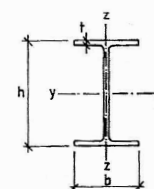
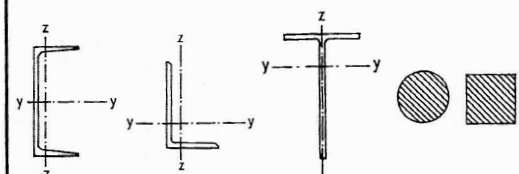
k aus Tabellen ablesen für Stahlquerschnitte

3.2.3 Knickbeiwerte k für die Knickspannungslinien

λ	k für die Knickspannungslinien					
	bei St 37 (\$ 235)			bei St 52 (\$ 355)		
	a	b	c	a	b	c
20	0,997	0,995	0,992	0,986	0,977	0,968
25	0,985	0,975	0,965	0,971	0,953	0,934
30	0,972	0,956	0,937	0,954	0,928	0,900
35	0,959	0,935	0,910	0,936	0,901	0,864
40	0,945	0,914	0,881	0,916	0,872	0,828
45	0,929	0,891	0,852	0,893	0,841	0,790
50	0,912	0,867	0,821	0,866	0,806	0,750
55	0,893	0,841	0,790	0,836	0,770	0,709
60	0,872	0,813	0,758	0,801	0,730	0,668
65	0,848	0,784	0,725	0,762	0,689	0,627
70	0,821	0,753	0,691	0,719	0,647	0,586
75	0,791	0,720	0,658	0,674	0,605	0,547
80	0,759	0,686	0,624	0,628	0,553	0,509
85	0,724	0,652	0,591	0,582	0,523	0,474
90	0,687	0,617	0,558	0,539	0,486	0,441
95	0,650	0,583	0,527	0,498	0,451	0,410
100	0,612	0,549	0,497	0,461	0,419	0,382
105	0,575	0,517	0,468	0,426	0,389	0,355
110	0,540	0,487	0,441	0,395	0,362	0,332
115	0,507	0,458	0,416	0,366	0,337	0,310
120	0,475	0,431	0,392	0,340	0,314	0,290
125	0,446	0,406	0,370	0,317	0,293	0,271
130	0,418	0,382	0,349	0,295	0,275	0,255
135	0,393	0,360	0,330	0,276	0,257	0,239

λ	k für die Knickspannungslinien					
	bei St 37 (\$ 235)			bei St 52 (\$ 355)		
	a	b	c	a	b	c
140	0,370	0,340	0,312	0,259	0,242	0,225
145	0,348	0,321	0,296	0,242	0,227	0,212
150	0,328	0,303	0,280	0,228	0,214	0,200
155	0,310	0,287	0,266	0,214	0,202	0,189
160	0,293	0,272	0,252	0,202	0,191	0,179
165	0,277	0,258	0,240	0,191	0,180	0,170
170	0,262	0,245	0,228	0,181	0,171	0,161
175	0,249	0,233	0,217	0,171	0,162	0,153
180	0,236	0,222	0,207	0,162	0,154	0,146
185	0,225	0,211	0,198	0,154	0,146	0,139
190	0,214	0,201	0,189	0,146	0,139	0,132
195	0,204	0,192	0,180	0,139	0,133	0,126
200	0,194	0,184	0,173	0,133	0,127	0,120
205	0,186	0,176	0,165	0,127	0,121	0,115
210	0,177	0,168	0,158	0,121	0,116	0,110
215	0,170	0,161	0,152	0,116	0,111	0,106
220	0,163	0,154	0,146	0,111	0,106	0,101
225	0,156	0,148	0,140	0,106	0,102	0,097
230	0,149	0,142	0,135	0,102	0,098	0,093
235	0,143	0,137	0,130	0,097	0,094	0,090
240	0,138	0,131	0,125	0,094	0,090	0,086
245	0,133	0,127	0,120	0,090	0,087	0,083
250	0,128	0,122	0,116	0,087	0,083	0,080

3.2.5 Zuordnung der Querschnitte zu den Knickspannungslinien

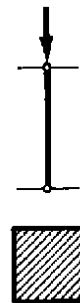
Querschnitt	Ausweichen rechtwinklig zur Achse	Knick- spannungslinie
Hohlprofile und geschweißte Kastenprofile 	warm gefertigt y - y z - z	a
	kalt gefertigt oder geschweißt y - y z - z	b
gewalzte I-Profile 	IPE und > IPB 360 (HEB 360) y - y z - z	a b
	≤ IPB 360 (HEB 360) und geschweißte I-Profile y - y z - z	b c
U-, L-, T- und Vollquerschnitte 	y - y z - z	c

Wie immer ist schon alles fertig....

3.2.4 Traglasten von einteiligen Holzstützen

N_{Rd} in kN von **quadratischen** Holzstützen aus Nadelholz

Sortierklasse S10 $\sigma_{Rd} = 1,3 \text{ kN/cm}^2$



b = d cm	A cm ²	i cm	Knicklänge s_k in cm										
			200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
10	100	2,89	76	53	38	28	22	17	14	12	10	9	7
12	144	3,46	140	103	75	57	44	35	29	24	20	17	15
14	196	4,04	218	175	134	103	81	65	53	44	37	32	28
16	256	4,62	305	265	215	169	134	108	89	75	63	54	47
18	324	5,20	401	366	315	258	209	170	141	118	100	86	75
20	400	5,77	507	476	429	367	304	252	209	176	150	129	112
22	484	6,35	623	595	553	493	423	356	299	254	217	187	163
24	576	6,93	742	709	660	590	508	428	360	305	261	225	196
26	676	7,51	890	863	827	778	711	629	547	472	408	355	310
28	784	8,08	1040	1012	978	933	871	791	701	614	535	468	411
30	900	8,66	1201	1173	1140	1097	1040	965	875	778	686	603	532

Werte oberhalb der Staffellinie $\lambda > 150$

Wie immer ist schon alles fertig....

3.2.6 Traglasten für Stahlstützen

Traglasten N_{Rd} in kN von Breitflansch – IPB – Stahlstützen aus St 37 (S 235) (HE – B)

IPB HEB	A cm ²	i cm	Knicklänge s _k in cm										
			200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700
IPB 100	26,0	2,53	358	286	226	180	146	120	100	85	72		
IPB 120	34,0	3,06	536	454	377	311	257	214	181	154	133	115	101
IPB 140	43,0	3,58	736	650	562	479	406	344	294	253	219	191	169
IPB 160	54,3	4,05	978	885	787	689	597	516	446	388	339	297	263
IPB 180	65,3	4,57	1224	1128	1027	922	818	721	633	557	491	434	386
IPB 200	78,1	5,07	1507	1407	1301	1189	1076	965	861	766	682	608	544
IPB 220	91,0	5,59	1797	1694	1586	1471	1352	1232	1116	1006	905	814	733
IPB 240	106,0	6,08	2131	2023	1909	1789	1664	1536	1408	1284	1167	1059	961
IPB 260	118,0	6,58	2408	2298	2184	2064	1938	1808	1676	1545	1418	1298	1186
IPB 280	131,0	7,09	2708	2596	2480	2359	2233	2101	1966	1830	1695	1565	1442
IPB 300	149,0	7,58	3112	2994	2872	2746	2614	2477	2336	2191	2047	1904	1767
IPB 320	161,0	7,57	3362	3234	3103	2966	2824	2675	2522	2366	2209	2055	1906
IPB 340	171,0	7,53	3568	3431	3291	3145	2992	2834	2670	2503	2336	2172	2013
IPB 360	181,0	7,49	3774	3628	3478	3323	3160	2991	2817	2639	2461	2287	2119
IPB 400	198,0	7,40	4121	3959	3793	3620	3439	3251	3058	2861	2664	2472	2287

oberhalb der Staffellinie $\lambda > 150$

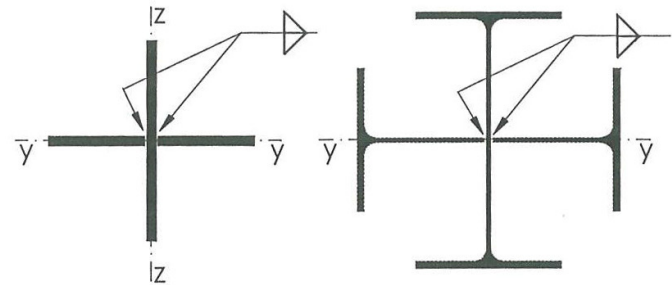
Traglasten N_{Rd} in kN einer Auswahl von Stahlrohren für einteilige Druckstäbe aus St 37 (S 235)

Durch- messer	Wanddicke	A cm ²	i cm	Knicklänge s_k in cm									
				200	250	300	350	400	450	500	550	600	700
42,3	3,2	3,94	1,39	30	20	14							
	4,0	4,83	1,36	36	24	17							
48,3	3,2	4,53	1,60	44	30	22	16						
	4,0	5,57	1,57	53	36	26	19						
60,3	4,0	7,07	2,00	94	69	51	38	30	24	20			
76,1	4,0	9,06	2,55	152	124	97	76	60	48	40	33	28	
	5,6	12,40	2,50	205	166	129	100	79	64	53	44	37	
88,9	4,0	10,70	3,00	196	172	143	116	94	77	63	53	45	34
	5,6	14,70	2,95	267	233	192	155	125	102	85	71	60	45
101,6	4,0	12,30	3,45	236	217	191	161	134	112	93	79	68	51
	5,6	16,90	3,40	323	295	258	218	181	150	125	106	90	68
114,3	4,0	13,90	3,90	275	259	236	209	180	153	130	111	95	72
	5,6	19,10	3,85	377	354	322	284	243	206	175	149	128	97
	8,0	26,70	3,77	525	490	444	388	331	279	236	201	172	130
139,7	4,0	17,10	4,80	351	337	321	300	275	246	217	190	166	129
	5,6	23,60	4,75	483	465	441	412	376	336	295	258	226	174
	12,5	50,00	4,52	1016	973	917	847	762	672	585	507	441	338
168,3	4,5	23,20	5,79	486	473	458	440	418	392	362	329	296	238
	8,0	40,30	5,67	842	820	792	760	719	671	616	558	501	400
193,7	8,0	46,70	6,57	989	968	944	917	884	845	799	747	690	575

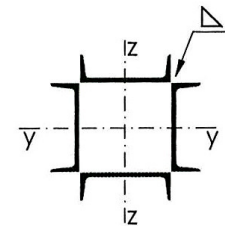
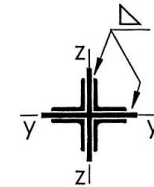
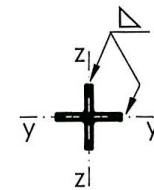
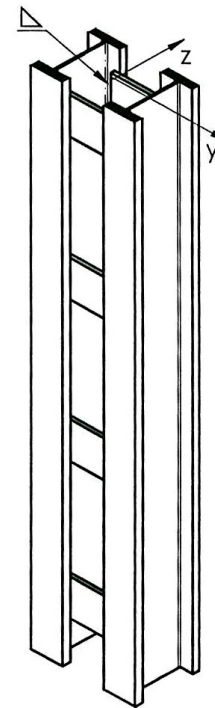
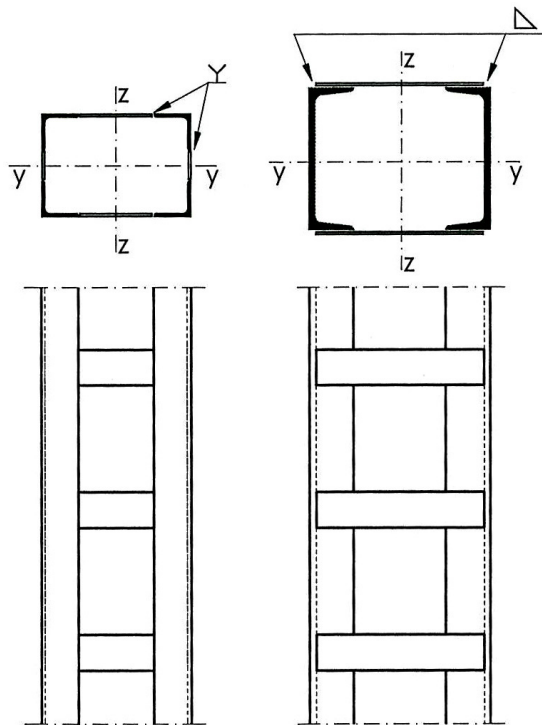
für Werte über der unteren Staffellinie $\lambda > 150$, über der oberen Staffellinie $\lambda > 200$
Weitere Traglasten für Stahlrohre mit Betonfüllung siehe StB 3.3.2.

Kreuzstützen

Zusammengefügte Stützenprofile



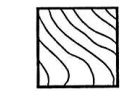
Rahmenstützen



* aus Leicher: Tragwerkslehre aus beispielen und Zeichnungen, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag

Zusammengefügte Stützenprofile

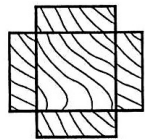
- aus Vollholz



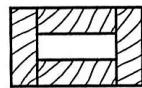
quadratisch



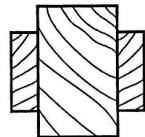
rechteckig



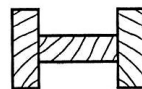
vierseitig



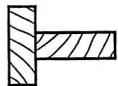
Hohlkasten



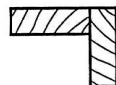
doppelseitig



Doppel-T

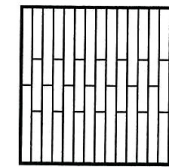


T-Profil

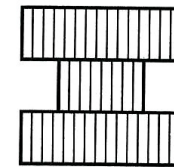


Winkel

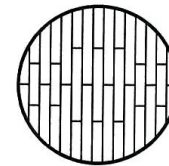
- aus Brettschichtholz



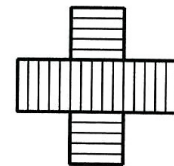
quadratisch



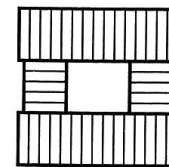
Doppel-T



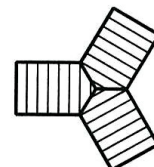
rund



kreuzförmig



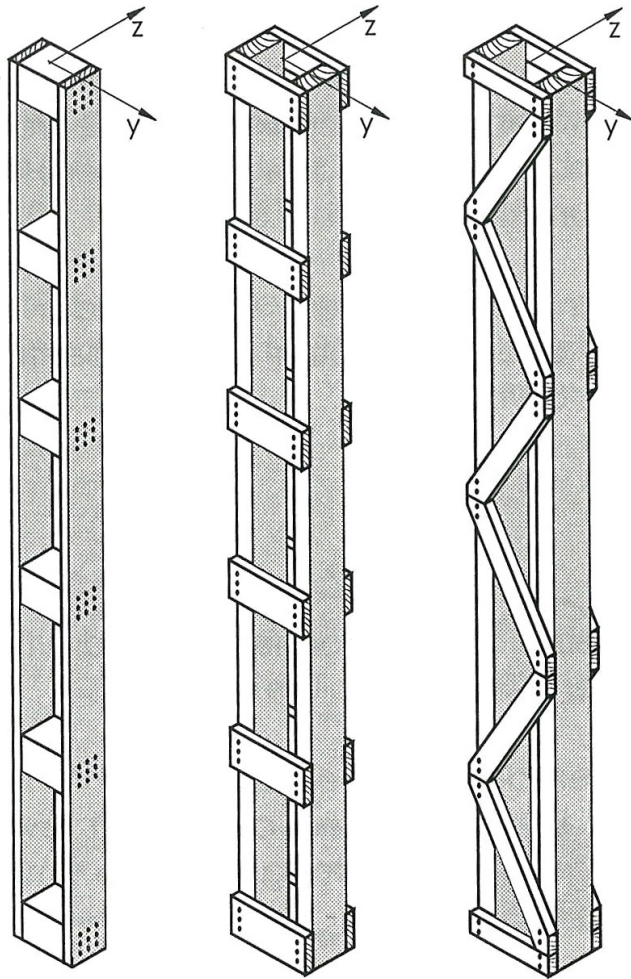
Hohlkasten



dreiecksförmig

* aus Leicher: Tragwerkslehre aus beispielen und Zeichnungen, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag

Gespreizte Stützen



* aus Leicher: Tragwerkslehre aus beispielen und Zeichnungen, 4. Auflage, Bundesanzeiger Verlag

