Die im Eisenhochbau gebräuchlichsten

Konstruktionen

schmiedeeiserner Säulen.

Ein Handbuch

für Ingenieure, Architekten, Techniker und Bauführer

von

Karl Schindler,

Ingenieur.

Mit 100 Textabbildungen, zahlreichen Tabellen und Rechnungsbeispielen.

Wien und Leipzig.

A. Hartleben's Verlag.

1908.

K. u. k. Hofbuchdrucker Fr. Winiker & Schickardt, Brünn.

Vorwort.

Das vorliegende Werk soll sowohl dem Konstrukteur im Bureau, wie auch dem Architekten oder Bauführer direkt auf der Baustelle als Nachschlagebuch dienen. Zu diesem Zwecke mußte einesteils Wert auf zahlreiche Berechnungsbeispiele gelegt werden, andernteils war es notwendig, für alle gebräuchlichsten Formen schmiedeeiserner Säulen Tabellen beizufügen, welche schnell die Querschnitte, die Gewichte pro Meter Säule, sowie die Trägheitsmomente angeben.

Die einleitenden theoretischen Abhandlungen wurden möglichst kurz gefaßt, da ein gewisses Maß technischer Kenntnisse vorausgesetzt wurde; alle höhere Mathematik wurde bei den Berechnungen vermieden und Berechnungsbeispiele aus der Praxis bevorzugt.

Die Trägheitsmomente für zusammengesetzte Säulenquerschnitte sind größtenteils neu berechnet, und zwar nach Näherungsformeln, so daß die angegebenen Werte für die Berechnungen in der Praxis vollständig genügen.

Karl Schindler.

Inhaltsverzeichnis.

5. Kapitel.

6. Kapitel.

7. Kapitel.

8. Kapitel.

9. Kapitel.

10. Kapitel.

1. Kapitel.

Einleitung.

Für die modernen Eisenhochbauten kommen sowohl gußeiserne, als auch schmiedeeiserne Säulen zur Anwendung und es bieten beide Ausführungsarten in jedem besonderen Falle ihre Vorteile, so daß man nicht allgemein das Urteil fällen kann, dieses eine System sei besser als das andere. Je nach der Art und dem Zweck des zu errichtenden Bauwerkes wird bald dem einen, bald dem anderen System der Vorzug einzuräumen sein, wobei besonders folgende Momente in Betracht zu ziehen sind:

1. Sind schwere Erschütterungen zu befürchten?
2. Sollen die Säulen möglichst leicht ausfallen?
3. Kommen ungünstig wirkende Seitendrücke, beziehungsweise größere exzentrische Belastungen in Frage?
4. Wird sich späterhin eine leicht auszuführende Verstärkung der Säulen notwendig machen?
5. Soll die Säulenkonstruktion derartig ausgebildet sein, daß sie gleichzeitig zur gegenseitigen Verstrebung von Querträgern beiträgt?
6. Erhalten die Säulen im Verhältnis zu ihrer Grundfläche eine beträchtliche Höhe?

Sofern die vorstehenden Fragen mit „Ja“ beantwortet werden müßten, würden in einem solchen Falle entschieden schmiedeeiserne Säulen vorzuziehen sein, da gußeiserne Säulen zur Erzielung einer gleichgroßen Sicherheit gegen Zerknickungsgefahr nicht unwesentlich schwerer ausfallen würden.

Nicht selten spielt auch die Lieferzeit bei der Entscheidung eine Rolle und muß man im allgemeinen voraussetzen, daß schmiedeeiserne Säulen schneller hergestellt werden können, als gußeiserne, weil für letztere erst Modelle angefertigt werden müssen.

Wie aus dem Titel des vorliegenden Buches hervorgeht, sollen in demselben lediglich schmiedeeiserne Säulen behandelt werden, und zwar speziell die im Eisenhochbau gebräuchlichsten Konstruktionen nebst deren Berechnung auf reine Druckfestigkeit, wie auch auf Knickungsfestigkeit.

2. Kapitel.

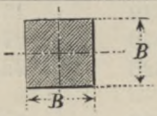
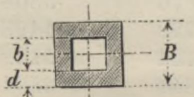
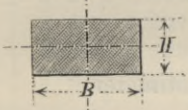
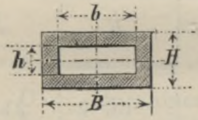
Grundformeln für das Trägheitsmoment einfacher Querschnitte.

Zur Berechnung von Säulen auf Knickungsfestigkeit ist es notwendig, das Trägheitsmoment des Säulenquerschnittes in bezug auf seine Schwerachsen zu kennen. Man versteht unter dem Trägheitsmoment eines gegebenen Querschnittes die Summe aller Trägheitsmomente der innerhalb der Ebene dieses Querschnittes liegenden Punkte in bezug auf eine Schwerpunktachse.

Das Trägheitsmoment eines Punktes ist bekanntlich das Produkt aus der Masse dieses Punktes und dem Quadrat seiner Entfernung von der Drehungsachse.

Da nun jede Querschnittsfläche mit Ausnahme der Kreisfläche und der Kreisringfläche mehrere Schwerpunktsachsen besitzt, für welche sich auch verschiedene Trägheitsmomente ergeben, so wird man für jeden Querschnitt ein größtes und ein kleinstes Trägheitsmoment erhalten, von denen im allgemeinen das letztere bei Säulenberechnungen in Frage kommt, wie aus den weiteren Kapiteln hervorgeht.

Tabelle der Grundformeln für das kleinste Trägheitsmoment *J*.

	Querschnitt	Kleinstes Trägheitsmoment J	Abstand e der äußersten Fasen von der Schwerpunktachse
a		$J = \frac{B^4}{12}$	$e = \frac{B}{2}$
b		$J = \frac{B^4 - b^4}{12}$	$e = \frac{B}{2}$
c		$J = \frac{1}{64} \pi D^4$	$e = \frac{D}{2}$
d		$J = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$	$e = \frac{D}{2}$
e		$J = \frac{B . H^3}{12}$	$e = \frac{B}{2}$
f		$J = \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3)$	$e = \frac{B}{2}$

Tabellen über Trägheitsmomente *J* und Querschnitte *F* für gangbare Dimensionen.

a) Quadratischer Querschnitt.

Es bezeichnen:
B = Breite des Querschnittes in Zentimeter.
F = Querschnitt in Quadratzentimeter.
J_{min} = Trägheitsmoment, bezogen auf Zentimeter.

B	F	J_{min}	B	F	J_{min}
1	1·0	0·083	6	36	108
2	4·0	1·33	7	49	200
3	9·0	6·75	8	64	341
4	16·0	21·33	9	81	547
5	25·0	52·08	10	100	833

B	F	J_{min}	B	F	J_{min}
11	121	1220	21	441	16206
12	144	1728	22	484	19521
13	169	2380	23	529	23320
14	196	3201	24	576	27648
15	225	4219	25	625	32552
16	256	5461	26	676	38081
17	289	6960	27	729	44286
18	324	8748	28	784	51221
19	361	10860	29	841	58940
20	400	13333	30	900	67500

b) Quadratischer Hohlquerschnitt.

Es bezeichnen:
B = Breite des Querschnittes in Zentimeter.
d = Wandstärke in Zentimeter.
F = Querschnitt in Quadratzentimeter.
J = Trägheitsmoment, bezogen auf Zentimeter.

B	d	F	J	B	d	F	J
10	1·2	42·3	555	15	1·2	66·2	2118
10	1·4	48·2	609	15	1·4	76·2	2373
10	1·6	53·9	651	15	1·6	85·8	2603
10	1·8	58·9	694	15	1·8	95·0	2811
				15	2·0	104	2999
12	1·2	51·8	1020	16	1·2	71·0	2610
12	1·4	59·4	1132	16	1·4	81·8	2931
12	1·6	66·6	1228	16	1·6	92·2	3224
12	1·8	73·4	1313	16	1·8	102	3491
				16	2·0	112	3733
14	1·2	61·4	1692	18	1·4	93	4300
14	1·4	70·6	1890	18	1·6	105	4750
14	1·6	79·4	2068	18	1·8	117	5165
14	1·8	87·8	2226	18	2·0	128	5548
14	2·0	96·0	2368	18	2·2	139	5897
				18	2·4	150	6218

B	d	F	J	B	d	F	J
20	1·4	104	6040	25	1·8	167	15076
20	1·6	118	6695	25	2·0	184	16345
20	1·8	131	7305	25	2·2	201	17545
20	2·0	144	7872	25	2·4	217	18678
20	2·2	157	8398	25	2·6	233	19714
20	2·4	169	8885	25	2·8	249	20748
22	1·6	131	9111	30	2·0	224	27752
22	1·8	145	9969	30	2·2	245	32290
22	2·0	160	10778	30	2·4	265	33898
22	2·2	174	11525	30	2·6	285	35981
22	2·4	188	12228	30	2·8	305	37998
22	2·6	202	12883	30	3·0	324	39852
				30	3·2	343	41646
24	1·8	160	13216	30	3·4	362	43379
24	2·0	176	14315	30	3·6	380	44966
24	2·2	192	15349	30	3·8	398	46500
24	2·4	207	16324	30	4·0	416	47978
24	2·6	223	17238				
24	2·8	237	18096				

c) Runder Querschnitt.

Es bezeichnen:
D = Durchmesser des Querschnittes in Zentimeter.
F = Querschnitt in Quadratzentimeter.
J = Trägheitsmoment, bezogen auf Zentimeter.

D	F	J	D	F	J
1	0·785	0·05	11	95·03	718·7
2	3·142	0·79	12	113·09	1018
3	7·069	3·98	13	132·73	1402
4	12·57	12·57	14	153·94	1886
5	19·64	30·68	15	176·71	2485
6	28·27	63·62	16	201·06	3217
7	38·49	117·9	17	226·98	4100
8	50·27	201·1	18	254·5	5153
9	63·62	322·1	19	283·5	6397
10	78·54	490·9	20	314·2	7854

D	F	J	D	F	J
21	346	9547	34	908	65597
22	380	11499	35	962	73662
23	415	13737			
24	452	16286	36	1018	82448
25	491	19175	37	1075	91998
			38	1134	102354
26	531	22432	39	1195	113561
27	573	26087	40	1257	125664
28	616	30172			
29	661	34719			
30	707	39762	41	1320	138709
			42	1385	152745
31	755	45333	43	1452	167820
32	804	51472	44	1521	183984
33	855	58214	45	1590	201289

d) Runder Hohlquerschnitt.

Es bezeichnen:

D = äußerer Durchmesser in Zentimeter.
d = innerer Durchmesser in Zentimeter.
s = Wandstärke in Zentimeter.
F = Querschnitt in Quadratzentimeter.
J = Trägheitsmoment, bezogen auf Zentimeter.

D	d	s	F	J
1	0·8	0·1	0·282	0·030
1	0·6	0·2	0·502	0·044
2	1·8	0·1	0·597	0·27
2	1·6	0·2	1·131	0·47
2	1·4	0·3	1·603	0·61
3	2·6	0·2	1·760	1·74
3	2·4	0·3	2·545	2·35
3	2·2	0·4	3·268	2·83
3	2·0	0·5	3·927	3·19

D	d	s	F	J
4	3·4	0·3	3·487	6·01
4	3·2	0·4	4·523	7·42
4	3·0	0·5	5·497	8·59
4	2·8	0·6	6·408	9·55
5	4·4	0·3	4·430	12·29
5	4·2	0·4	5·781	15·41
5	4·0	0·5	7·069	18·11
5	3·8	0·6	8·294	20·44
5	3·6	0·7	9·456	22·44
6	5·2	0·4	7·03	27·73
6	5·0	0·5	8·63	32·94
6	4·8	0·6	10·18	37·56
6	4·6	0·7	11·65	41·64
6	4·4	0·8	13·06	45·23
6	4·2	0·9	14·42	48·35
6	4·0	1·0	15·70	51·05
7	6·2	0·4	8·30	45·4
7	6·0	0·5	10·22	54·3
7	5·8	0·6	12·07	62·4
7	5·6	0·7	13·86	69·6
7	5·4	0·8	15·59	76·2
7	5·2	0·9	17·25	82·0
7	5·0	1·0	18·85	87·2
8	7·0	0·5	11·78	83·2
8	6·8	0·6	13·95	96·2
8	6·6	0·7	16·05	108·0
8	6·4	0·8	18·10	118·7
8	6·2	0·9	20·08	128·6
8	6·0	1·0	22·00	137·5
9	7·8	0·6	15·84	140·4
9	7·6	0·7	18·26	158·3
9	7·4	0·8	20·62	174·9
9	7·2	0·9	22·90	190·2
9	7·0	1·0	25·13	204·2
9	6·8	1·2	27·30	217·2

D	d	s	F	J
10	8·6	0·7	20·45	222·4
10	8·4	0·8	23·12	246·5
10	8·2	0·9	25·73	269·0
10	8·0	1·0	28·27	290
10	7·6	1·2	33·1	327
10	7·2	1·4	37·8	359
10	7·0	1·5	40·0	373
10	6·8	1·6	42·2	386
10	6·4	1·8	46·4	409
10	6·0	2·0	50·3	427
11	9·4	0·8	25·6	335·5
11	9·2	0·9	28·55	367·0
11	9·0	1·0	31·4	396
11	8·6	1·2	36·9	450
11	8·2	1·4	42·2	497
11	8·0	1·5	45·0	518
11	7·8	1·6	47·2	537
11	7·4	1·8	52·0	572
11	7·0	2·0	56·5	601
12	10·0	1·0	34·6	527
12	9·6	1·2	40·7	601
12	9·2	1·4	46·6	667
12	9·0	1·5	49·0	696
12	8·8	1·6	52·3	724
12	8·4	1·8	57·7	774
12	8·0	2·0	62·8	817
13	11·0	1·0	37·7	683
13	10·6	1·2	44·5	782
13	10·2	1·4	51·0	871
13	10·0	1·5	55·0	911
13	9·8	1·6	57·3	949
13	9·4	1·8	63·3	1019
13	9·0	2·0	69·1	1080
14	11·6	1·2	48·3	997
14	11·2	1·4	55·4	1113
14	11·0	1·5	59·0	1167
14	10·8	1·6	62·3	1218
14	10·4	1·8	69·0	1311
14	10·0	2·0	75·4	1395

D	d	s	F	J
15	12·6	1·2	52·0	1248
15	12·2	1·4	59·8	1398
15	12·0	1·5	64·0	1467
15	11·8	1·6	67·4	1533
15	11·4	1·8	74·6	1656
15	11·0	2·0	81·7	1766
15	10·6	2·2	88·5	1865
16	13·2	1·4	64·2	1727
16	13·0	1·5	68·0	1815
16	12·8	1·6	72·4	1899
16	12·4	1·8	80·3	2056
16	12·0	2·0	88·0	2199
16	11·6	2·2	95·4	2328
17	14·2	1·4	68·5	2104
17	14·0	1·5	73·0	2214
17	13·8	1·6	77·5	2320
17	13·4	1·8	86·0	2517
17	13·0	2·0	94·2	2698
17	12·6	2·2	102·3	2823
18	15·2	1·4	73·0	2533
18	15·0	1·5	78·0	2668
18	14·8	1·6	82·4	2798
18	14·4	1·8	91·6	3042
18	14·0	2·0	100·5	3267
18	13·6	2·2	109·2	3474
19	16·0	1·5	82·0	3180
19	15·8	1·6	87·5	3338
19	15·4	1·8	97·3	3636
19	15·0	2·0	106·8	3912
19	14·6	2·2	116·1	4168
19	14·2	2·4	125·2	4396
20	17·0	1·5	87·0	3754
20	16·8	1·6	92·5	3944
20	16·4	1·8	102·9	4303
20	16·0	2·0	113·1	4637
20	15·6	2·2	123·0	4948
20	15·2	2·4	132·7	5214
20	15·0	2·5	137·0	5369
20	14·8	2·6	142·1	5499

D	*d*	*s*	*F*	*J*
21	17·8	1·6	97·5	4620
21	17·4	1·8	108·6	5047
21	17·0	2·0	119·4	5448
21	16·6	2·2	130·0	5820
21	16·2	2·4	140·2	6166
21	15·8	2·6	150·3	6488
22	18·8	1·6	102·5	5367
22	18·4	1·8	114·2	5873
22	18·0	2·0	125·7	6346
22	17·6	2·2	136·9	6790
22	17·2	2·4	147·8	7204
22	16·8	2·6	158·5	7590
23	19·8	1·6	107·6	6193
23	19·4	1·8	120·0	6785
23	19·0	2·0	132·0	7340
23	18·6	2·2	143·8	7862
23	18·2	2·4	155·3	8352
23	17·8	2·6	166·6	8809
24	20·8	1·6	112·6	7098
24	20·4	1·8	125·5	7785
24	20·0	2·0	138·2	8432
24	19·6	2·2	150·7	9042
24	19·2	2·4	162·9	9615
24	18·8	2·6	174·8	10155
24	18·4	2·8	186·5	10660
25	21·8	1·6	117·6	8088
25	21·4	1·8	131·2	8880
25	21·0	2·0	144·5	9628
25	20·6	2·2	157·6	10335
25	20·2	2·4	170·4	11002
25	19·8	2·6	183·0	11630
25	19·4	2·8	195·3	12222
25	19·0	3·0	207·4	12778
27·5	23·5	2·0	161	13118
27·5	23·1	2·2	175	14095
27·5	22·5	2·5	196	15493
27·5	21·9	2·8	217	16782
27·5	21·5	3·0	231	17585

D	d	s	F	J
30	25·6	2·2	192	18677
30	24·8	2·6	224	21193
30	24·0	3·0	255	23475
30	23·0	3·5	292	26024
35	29·4	2·8	283	36983
35	29·0	3·0	302	38938
35	28·0	3·5	346	43484
40	34·8	2·6	306	53672
40	34·0	3·0	349	60081
40	33·0	3·5	402	67440
40	32·0	4·0	453	74154

e) Rechteckiger Querschnitt.

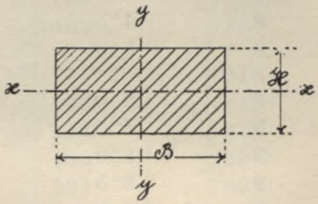


Fig. 1.

Es bezeichnen (Fig. 1):

B = Breite in Zentimeter.
H = Höhe, resp. Stärke in Zentimeter.
F = Querschnitt in Quadratzentimeter.
J_{min} = kleinstes Trägheitsmoment, bezogen auf die Achse x—x.
J_{max} = größtes Trägheitsmoment, bezogen auf die Achse y—y.

B	H	F	J_{min}	J_{max}
5	1·0	5·0	0·41	10·41
5	1·5	7·5	1·41	15·62
5	2·0	10·0	3·33	20·83
5	2·5	12·5	6·50	26·04
5	3·0	15·0	11·25	31·25
6	1·0	6·0	0·5	18·0
6	1·5	9·0	1·69	27·0
6	2·0	12·0	4·0	36·0
6	2·5	15·0	7·0	45·0
6	3·0	18·0	13·5	54·0
6	3·5	21	21·4	63·0
6	4·0	24	32·0	72·0

B	H	F	J_{min}	J_{max}
7	1·5	10·5	1·9	42·9
7	2·0	14	4·7	57·1
7	2·5	17·5	9·1	71·4
7	3·0	21	15·7	85·7
7	3·5	24·5	25·0	100·0
7	4·0	28	37·3	114·3
7	4·5	31·5	53·1	128·6
7	5·0	35	72·9	142·9
8	2·0	16	5·3	85·3
8	2·5	20	10·4	106·6
8	3·0	24	18·0	128
8	3·5	28	28·3	148·5
8	4·0	32	42·7	170·7
8	4·5	36	60·7	192·0
8	5·0	40	83·3	213·3
9	2·0	18	6·0	121·5
9	2·5	22·5	11·7	151·9
9	3·0	27	20·3	182·3
9	3·5	31·5	31·9	212·6
9	4·0	36	48·0	243
9	4·5	40·5	68·3	273·4
9	5·0	45	93·7	303·9
10	2·0	20	6·6	166·7
10	2·5	25	13·0	208·3
10	3·0	30	22·5	250
10	3·5	35	35·6	291·7
10	4·0	40	53·3	333·3
10	4·5	45	75·8	375
10	5·0	50	104·1	417
10	6·0	60	180	500
10	6·5	65	228·1	542
10	7·0	70	285·1	583
10	7·5	75	352·5	625
11	3·0	33	24·8	333
11	4·0	44	58·6	444
11	5·0	55	114·6	555
11	6·0	66	198	666
11	7·0	77	352	776
11	8·0	88	469	887

B	H	F	J_{min}	J_{max}
12	3	36	27	432
12	4	48	64	576
12	5	60	125	740
12	6	72	216	864
12	7	84	343	1008
12	8	96	512	1152
13	3	39	29·2	549
13	4	52	69·3	732
13	5	65	135	915
13	6	78	234	1099
13	7	91	372	1265
13	8	104	555	1465
13	9	117	790	1648
13	10	130	1083	1831
14	4	56	74·6	914
14	5	70	146	1143
14	6	84	252	1372
14	7	98	400	1601
14	8	112	597	1829
14	9	126	851	2058
14	10	140	1167	2287
14	11	154	1553	2515
14	12	168	2016	2744
15	5	75	156	1406
15	6	90	270	1688
15	7	105	429	1969
15	8	120	640	2250
15	9	135	911	2531
15	10	150	1250	2812
15	11	165	1664	3094
15	12	180	2160	3375
16	6	96	288	2048
16	7	112	457	2389
16	8	128	683	2731
16	9	144	972	3072
16	10	160	1333	3413
16	11	176	1775	3755
16	12	192	2304	4096
16	13	208	2929	4437

B	H	F	J_{min}	J_{max}
17	6	102	306	2456
17	7	119	486	2866
17	8	136	725	3275
17	9	153	1033	3685
17	10	170	1417	4094
17	11	187	1886	4504
17	12	204	2448	4913
17	13	221	3112	5322
17	14	238	3887	5732
18	6	108	324	2916
18	7	126	514	3402
18	8	144	768	3888
18	9	162	1093	4374
18	10	180	1500	4860
18	11	198	1996	5346
18	12	216	2592	5832
18	13	234	3296	6319
18	14	252	4116	6804
19	7	133	543	4001
19	8	152	811	4573
19	9	171	1154	5145
19	10	190	1583	5716
19	11	209	2107	6287
19	12	228	2736	6859
19	13	247	3479	7431
19	14	266	4345	8002
20	8	160	853	5333
20	9	180	1215	6001
20	10	200	1667	6667
20	11	220	2218	7333
20	12	240	2880	8000
20	13	260	3662	8667
20	14	280	4573	9333
20	15	300	5625	10000
21	8	168	896	6174
21	9	189	1276	6946
21	10	210	1750	7718
21	11	231	2329	8489

B	H	F	J_{min}	J_{max}
21	12	252	3024	9261
21	13	273	3845	10033
21	14	294	4802	10805
21	15	315	5906	11576
22	8	176	939	7099
22	9	198	1337	7986
22	10	220	1833	8873
22	11	242	2440	9761
22	12	264	3168	10648
22	13	286	4028	11535
22	14	308	5031	12423
22	15	330	6188	13310
22	16	352	7509	14197
23	8	184	981	8112
23	9	207	1397	9125
23	10	230	1917	10139
23	11	253	2551	11153
23	12	276	3312	12167
23	13	299	4211	13181
23	14	322	5259	14195
23	15	345	6469	15209
24	8	192	1024	9216
24	9	216	1458	10368
24	10	240	2000	11520
24	11	264	2662	12672
24	12	288	3456	13824
24	13	312	4394	14976
24	14	336	5488	16128
24	15	360	6750	17280
24	16	384	8192	18432
25	8	200	1067	10417
25	9	225	1519	11719
25	10	250	2083	13021
25	11	275	2773	14323
25	12	300	3600	15625
25	13	325	4577	16927
25	14	350	5717	18229

B	H	F	J_{min}	J_{max}
25	15	375	7031	19531
25	16	400	8533	20833
26	8	208	1109	10717
26	9	234	1580	13182
26	10	260	2167	14647
26	11	286	2884	16111
26	12	312	3744	17576
26	13	338	4760	19040
26	14	364	5945	20505
26	15	390	7312	21970
26	16	416	8875	23435
27	8	216	1152	13122
27	9	243	1640	14763
27	10	270	2250	16403
27	11	297	2995	18043
27	12	324	3888	19683
27	13	351	4943	21323
27	14	378	6174	22964
27	15	405	7594	24604
27	16	432	9216	26244
28	8	224	1195	14635
28	9	252	1701	16464
28	10	280	2333	18293
28	11	308	3106	20123
28	12	336	4032	21952
28	13	364	5126	23781
28	14	392	6403	25611
28	15	420	7875	27440
28	16	448	9557	29269
29	10	290	2417	20324
29	11	319	3217	22357
29	12	348	4176	24389
29	13	377	5309	26421
29	14	406	6631	28454
29	15	435	8156	30486
29	16	464	9899	32519
29	17	493	11873	34551
29	18	522	14094	36583

B	H	F	J_{min}	J_{max}
30	10	300	2500	22500
30	11	330	3328	24750
30	12	360	4320	27000
30	13	390	5493	29250
30	14	420	6860	31500
30	15	450	8437	33750
30	16	480	10240	36000
30	17	510	12283	38250
30	18	540	14580	40500
30	19	570	17148	42750
30	20	600	20000	45000
32	12	384	4608	32768
32	13	416	5859	35499
32	14	448	7317	38229
32	15	480	9000	40960
32	16	512	10923	43691
32	17	544	13101	46421
32	18	576	15552	49152
32	19	608	18291	51883
32	20	640	21333	54613
34	14	476	7775	45855
34	15	510	9563	49130
34	16	544	11605	52405
34	17	578	13920	55681
34	18	612	16524	58956
34	19	646	19434	62231
34	20	680	22667	65507
34	21	714	26240	68782
34	22	748	30169	72057
36	16	576	12288	62207
36	17	612	14739	66096
36	18	648	17496	69984
36	19	684	20557	73872
36	20	720	24000	77760
36	21	756	27783	81648
36	22	792	31944	85536
36	23	828	36501	89424
36	24	864	41472	93312

B	H	F	J_{min}	J_{max}
38	18	684	18468	82308
38	19	722	21720	86881
38	20	760	25333	91453
38	21	798	29327	96026
38	22	836	33719	100599
38	23	874	38529	105171
38	24	912	43776	109744
38	25	950	49479	114317
40	20	800	26667	106667
40	22	880	35493	117333
40	24	960	46080	128000
40	26	1040	58587	138667
40	28	1120	73173	149333
40	30	1200	90000	160000

f) Rechteckiger Ho~~lz~~hlquerschnitt.

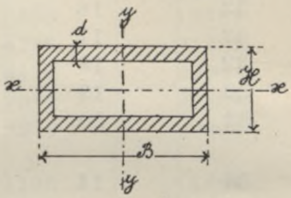


Fig. 2.

Es bezeichnen: (Fig. 2.)

B = Breite in Zentimter.
H = Höhe in Zentimeter.
d = Wandstärke in Zentimeter.
F = Querschnitt in Quadratzentimeter.
J_{min} = kleinstes Trägheitsmoment, bezogen auf die Achse x—x.
J_{max} = größtes Trägheitsmoment, bezogen auf die Achse y—y.

B	H	d	F	J_{min}	J_{max}
10	8	1	32	283	411
10	8	1·5	45	334	523
10	8	2	56	395	595
12	10	1	40	573	733
12	10	1·5	57	743	1015
12	10	2	72	856	1184
14	10	1	44	655	1135
14	10	1·5	63	853	1510
14	10	2	80	987	1787

B	H	d	F	J_{min}	J_{max}
16	10	1	48	736	1584
16	10	1·5	69	962	2132
16	10	2	88	1117	2549
18	10	1	52	817	2129
18	10	1·5	75	1071	2891
18	10	2	96	1248	3498
18	12	1	56	1259	2419
18	12	1·5	81	1681	3301
18	12	2	104	1995	4003
20	12	1	60	1380	3140
20	12	1·5	87	1847	4315
20	12	2	112	2197	5269
20	14	1	64	1981	3501
20	14	1·5	93	2687	4829
20	14	2	120	3240	5920
22	14	1·5	99	2924	6136
22	14	2	128	3531	7563
22	14	2·5	155	3998	8738
22	16	1·5	105	4030	6766
22	16	2	136	4917	8365
22	16	2·5	165	5623	9693
24	14	1·5	105	3159	7639
24	14	2	136	3821	9461
24	14	2·5	165	4334	10983
24	16	1·5	111	4347	8399
24	16	2	144	5312	10432
24	16	2·5	175	6085	12145
26	16	1·5	117	4664	10254
26	16	2	152	5707	12787
26	16	2·5	185	6546	14946
26	18	2	160	7605	13941
26	18	2·5	195	8791	16331
26	18	3	228	9756	18364

B	H	d	F	J_{min}	J_{max}
26	20	2	168	9824	15096
26	20	2·5	205	11427	17717
26	20	3	240	12760	19960
28	20	2	176	10475	18155
28	20	2·5	215	12198	21378
28	20	3	252	13636	24164
28	22	2	186	13181	19509
28	22	2·5	227	15428	23008
28	22	3	266	17336	26048
30	20	2	184	11125	21565
30	20	2·5	225	12969	25469
30	20	3	264	14512	28872
30	22	2	192	13984	23136
30	22	2·5	235	16385	27365
30	22	3	276	18428	31068

3. Kapitel.

Grundformeln für das Trägheitsmoment zusammengesetzter Querschnitte.

Die im Eisenhochbau gebräuchlichen schmiedeeisernen Säulen erhalten größtenteils einen aus Profileisen zusammengesetzten Querschnitt, für welchen das kleinste Trägheitsmoment in bezug auf die Schwerpunktachse zu ermitteln ist. Soweit es sich hierbei um Walzeisen deutscher Normalprofile handelt, findet man die Trägheitsmomente für einzelne und auch für zusammengesetzte Querschnitte in den meisten technischen Kalendern zusammengestellt, für kompliziertere Querschnitte ist man indessen gezwungen, das Trägheitsmoment rechnerisch oder graphisch zu ermitteln, wie aus nachstehenden Beispielen ersichtlich ist.

a) Rechnerische Methode.

Beispiel 1. (Fig. 3.) Eine schmiedeeiserne genietete Säule habe den in Fig. 3 dargestellten Querschnitt, für welchen das Trägheitsmoment in bezug auf die Achse $x - x$ rechnerisch bestimmt werden soll.

Man zeichnet zunächst den Säulenquerschnitt in einem deutlich übersichtlichem Maßstabe, am vorteilhaftesten in natürlicher Größe auf, teilt alsdann die obere Querschnittshälfte in eine Anzahl gleichbreiter horizontaler Streifen ein, in diesem Falle in Streifen von

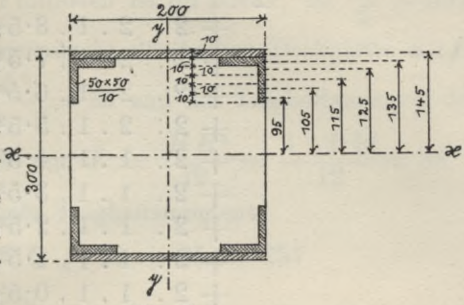


Fig. 3.

je 10 *mm* Breite und berechnet dann das Trägheitsmoment J wie folgt:

$$
\begin{aligned}
\frac{J}{2} = {} & 20 \,.\, 1 \,.\, 14{\cdot}5^2 = 4205 \\
& + 2 \,.\, 5 \,.\, 1 \,.\, 13{\cdot}5^2 = 1823 \\
& + 2 \,.\, 1 \,.\, 1 \,.\, 12{\cdot}5^2 = 313 \\
& + 2 \,.\, 1 \,.\, 1 \,.\, 11{\cdot}5^2 = 265 \\
& + 2 \,.\, 1 \,.\, 1 \,.\, 10{\cdot}5^2 = 221 \\
& + 2 \,.\, 1 \,.\, 1 \,.\, 9{\cdot}5^2 = 181 \\
& \frac{J}{2} = 7008,
\end{aligned}
$$

demnach $J = 2 \,.\, 7008 = \mathbf{14.016}$ bezogen auf die Achse $x - x$.

Beispiel 2. Wie groß ist das Trägheitsmoment der genieteten Säule aus vorstehendem Beispiel in bezug auf die Achse $y - y$? Man zeichnet wiederum den Querschnitt maßstäblich auf (Fig. 4) und teilt die linke Querschnitthälfte in eine Anzahl gleichbreiter Streifen parallel zur Achse $y - y$.

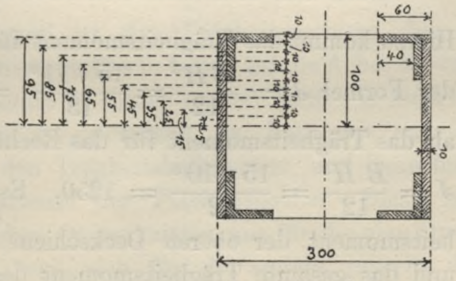


Fig. 4.

Das Trägheitsmoment beträgt dann:

$$
\begin{aligned}
\frac{J}{2} &= 2 \,.\, 60 \,.\, 1 \,.\, 9{\cdot}5^2 = 10830\\
&+ 2 \,.\, 2 \,.\, 1 \,.\, 8{\cdot}5^2 = 289\\
&+ 2 \,.\, 2 \,.\, 1 \,.\, 7{\cdot}5^2 = 225\\
&+ 2 \,.\, 2 \,.\, 1 \,.\, 6{\cdot}5^2 = 169\\
&+ 2 \,.\, 2 \,.\, 1 \,.\, 5{\cdot}5^2 = 121\\
&+ 2 \,.\, 1 \,.\, 1 \,.\, 4{\cdot}5^2 = 41\\
&+ 2 \,.\, 1 \,.\, 1 \,.\, 3{\cdot}5^2 = 25\\
&+ 2 \,.\, 1 \,.\, 1 \,.\, 2{\cdot}5^2 = 13\\
&+ 2 \,.\, 1 \,.\, 1 \,.\, 1{\cdot}5^2 = 5\\
&+ 2 \,.\, 1 \,.\, 1 \,.\, 0{\cdot}5^2 = 0{\cdot}5\\
\frac{J}{2} &= 11718{\cdot}5,
\end{aligned}
$$

demnach $J = 2 \,.\, 11.718{\cdot}5 = \mathbf{23.437}$ bezogen auf die Achse $y - y$.

Beispiel 3. Für eine Trägersäule nach Fig. 5 soll das Trägheitsmoment für beide Schwerpunktachsen rechnerisch bestimmt werden.

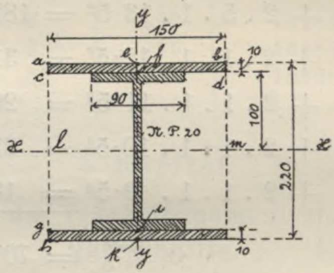


Fig. 5.

a) Für die Achse x—x:

Nach dem deutschen Profilbuch ist für **I**-N. P. 20 $\frac{J}{2} = \mathbf{1070}$. Hierzu kommt das Trägheitsmoment für das Rechteck $a\ b\ l\ m$ nach der Formel $J = \frac{BH^3}{12} = \frac{15 \,.\, 11^3}{12} = \mathbf{1664}$; von letzterem geht ab das Trägheitsmoment für das Rechteck $c\ d\ l\ m$ nach der Formel $J = \frac{B\ H^3}{12} = \frac{15 \,.\, 10^3}{12} = \mathbf{1250}$. Es beträgt demnach das Trägheitsmoment der oberen Deckschiene $J = 1664 - 1250 = \mathbf{414}$ und das gesamte Trägheitsmoment des Säulenquerschnittes

$$J = 2 \,.\, (1070 + 414) = 2 \,.\, 1484 = \mathbf{2968}$$

bezogen auf die Achse $x - x$.

b) Für die Achse $y - y$.

Nach dem deutschen Profilbuch ist für **I**-N. P. 20 $\frac{J}{2} = 58{\cdot}5$. Hierzu kommt das Trägheitsmoment der halben Deckplatte $a\ c\ f\ e$ mit $J = \frac{B\,H^3}{12} = \frac{1\,.\,7{\cdot}5^3}{12} = 35$ und das Trägheitsmoment der halben Deckplatte $g\ h\ i\ k$ mit $J = \frac{B\,H^3}{12} = \frac{1\,.\,7{\cdot}5^3}{12} = 35$. Demnach beträgt das gesamte Trägheitsmoment

$$J = 2\,.\,58{\cdot}5 + 35 + 35 = 257$$

bezogen auf die Achse $y - y$.

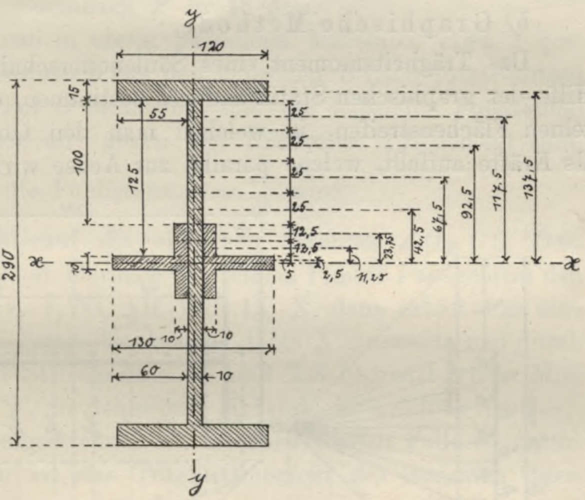


Fig. 6.

Beispiel 4. Wie groß ist das Trägheitsmoment des in Fig. 6 dargestellten Säulenquerschnittes in bezug auf die Achse $x - x$?

Nachdem der Querschnitt in seiner oberen Hälfte in mehrere Streifen parallel zur Achse $x - x$ zerlegt ist, bestimmt man zu jedem einzelnen Streifen den Trägheitshalbmesser und berechnet die einzelnen Trägheitsmomente der Flächenstreifen. Diese Berechnung ist bei symmetrischen Querschnitten nur für die eine Querschnittshälfte erforderlich, weil sich für die andere, jenseits der Achse $x - x$ liegende Hälfte dieselben einzelnen Trägheitsmomente ergeben.

Man erhält somit
$$\begin{aligned}\frac{J}{2} = {} & 12 \,.\, 1{\cdot}5 \,.\, 13{\cdot}75^2 = 3403{\cdot}08 \\ & + 1 \,.\, 2{\cdot}5 \,.\, 11{\cdot}75^2 = 345{\cdot}15 \\ & + 1 \,.\, 2{\cdot}5 \,.\, 9{\cdot}25^2 = 213{\cdot}90 \\ & + 1 \,.\, 2{\cdot}5 \,:\, 6{\cdot}75^2 = 113{\cdot}90 \\ & + 1 \,.\, 2{\cdot}5 \,.\, 4{\cdot}25^2 = 45{\cdot}15 \\ & + 3 \,.\, 1{\cdot}25 \,.\, 2{\cdot}375^2 = 21{\cdot}15 \\ & + 3 \,.\, 1{\cdot}25 \,.\, 1{\cdot}125^2 = 4{\cdot}76 \\ & + 13 \,.\, 0{\cdot}5 \,.\, 0{\cdot}25^2 = 0{\cdot}41 \\ \hline & \frac{J}{2} = 4147{\cdot}50\end{aligned}$$

und $J = 2 \,.\, 4147{\cdot}5 = \mathbf{8295}$ bezogen auf Zentimeter.

b) Graphische Methode.

Das Trägheitsmoment eines Säulenquerschnittes läßt sich mit Hilfe der graphischen Statik dadurch bestimmen, daß man die einzelnen Flächenstreifen, in welchen man den Querschnitt zerlegt, als Kräfte auffaßt, welche parallel zur Achse wirken.

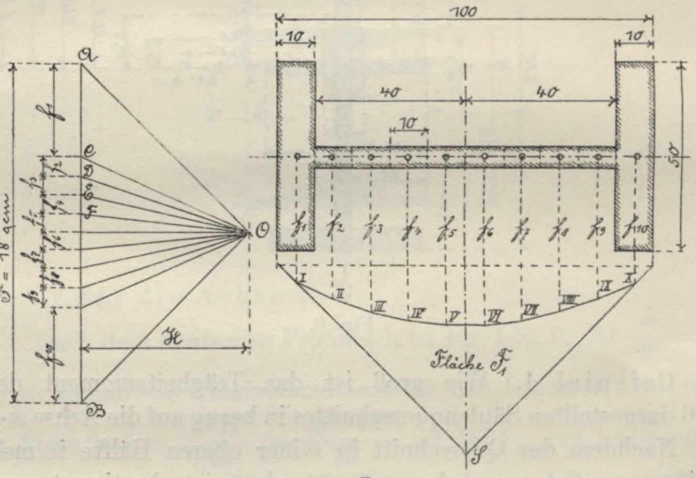


Fig. 7.

Beispiel 5. Das Trägheitsmoment einer Trägersäule nach Fig. 7 soll graphisch ermittelt werden, und zwar in bezug auf die Achse $x - x$. Zunächst zeichnet man den Säulenquerschnitt möglichst in natürlicher Größe auf, teilt denselben in eine Anzahl, im vorliegenden Falle am besten in 10 Streifen ein, welche parallel zur

x-Achse liegen und berechnet zuerst die Flächeninhalte dieser Streifen.

$$
\begin{aligned}
f_1 &= 5 \,.\, 1 = 5 \; qcm. \\
f_2 &= 1 \,.\, 1 = 1 \;\; „ \\
f_3 &= 1 \,.\, 1 = 1 \;\; „ \\
f_4 &= 1 \,.\, 1 = 1 \;\; „ \\
f_5 &= 1 \,.\, 1 = 1 \;\; „ \\
f_6 &= 1 \,.\, 1 = 1 \;\; „ \\
f_7 &= 1 \,.\, 1 = 1 \;\; „ \\
f_8 &= 1 \,.\, 1 = 1 \;\; „ \\
f_9 &= 1 \,.\, 1 = 1 \;\; „ \\
f_{10} &= 5 \,.\, 1 = 5 \;\; „ \\
\hline
\text{demnach } F &= 18 \; qcm.
\end{aligned}
$$

Nun bildet man in einem passenden Maßstabe, etwa 1 *qcm* = 5 *mm*, einen Kräftezug aus den einzelnen Streifenquerschnitten und wählt einen Pol O dermaßen, daß die äußersten Polstrahlen AO und BO unter 45^0 gegen den Kräftezug AB geneigt sind, in welchem Falle die Poldistanz $H = \frac{F}{2}$ wird.

Zieht man hierauf die einzelnen Strahlen AO, CO, DO, EO usw. und zeichnet hiernach von einem Punkte I ausgehend den Seilzug I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X, dann erhält man eine Fläche F_1, welche durch den Seilzug I bis X einerseits und durch die beiden äußeren Seilzugseiten IS und XS begrenzt wird. Mißt man diese Fläche F_1 in demselben Maßstab, in welchem die Querschnittsfläche F aufgezeichnet ist, im vorliegenden Falle in natürlicher Größe, dann ist das Trägheitsmoment des gesamten Querschnittes

$$J = F \,.\, F_1 = 18 \,.\, 15 = 270$$

bezogen auf Zentimeter und auf die Achse $x — x$.

Dieses graphische Verfahren ist immerhin ziemlich umständlich, weil neben der zeichnerischen Arbeit auch noch rechnerisch vorgegangen werden muß; es wird sich daher wohl schwerlich einbürgern und höchstenfalls für unsymmetrische Säulenquerschnitte Vorteile bieten.

Allgemein gültige Grundformeln lassen sich für die zahlreichen möglichen Kombinierungen bei zusammengesetzten Säulenquerschnitten nicht aufstellen und sei deshalb auf die einzelnen Tabellen in den späteren Kapiteln hingewiesen.

4. Kapitel.

Bestimmung des erforderlichen Trägheitsmomentes.

Sobald ein auf Druck beanspruchter Stab oder eine Säule im Verhältnis zu seinen Querschnittsdimensionen eine verhältnismäßig große Länge besitzt, dann ist die Berechnung auf Knickungsfestigkeit durchzuführen und das erforderliche Trägheitsmoment zu bestimmen, welches der Säulenquerschnitt in bezug auf seine Schwerachsen mindestens besitzen muß.

Daß man in solchen Fällen die Stützen nicht allein auf Druck berechnen darf, ist ohne weiteres einleuchtend, wenn man berücksichtigt, daß bei langen Stäben die Vertikalachse niemals genau gerade ist und infolgedessen seitliche Ausbiegungen zweifellos zu befürchten sein würden, was um so mehr zu erwarten ist, als die Beschaffenheit des Materials nicht an allen Stellen gleichmäßig ist und somit eine verschiedenartige Veränderung des Materials eine Veränderung in der Lage der Stabachse herbeiführt.

Für die Berechnung eines Stabes auf Knickfestigkeit ist zunächst seine freie Länge, die Belastung, die Art und Weise der Befestigung der Stabenden und der verlangte Sicherheitsgrad maßgebend.

Da es sich im vorliegenden Thema lediglich um schmiedeeiserne Säulen, bzw. Stützen handelt, so kommt hier speziell die absolute Druckfestigkeit für Stabeisen in Frage. Dieselbe kann für Flußeisen, welches vorwiegend zur Anwendung kommt, mit 3750 *kg* pro 1 *qcm* Querschnitt angenommen werden. Für die verschiedenen Sicherheitsgrade ergeben sich dann folgende Belastungen pro Quadratzentimeter:

Für einfache Sicherheit ist $s = \frac{3750}{1} = 3750$ *kg* pro *qcm*

„ doppelte „ „ $s = \frac{3750}{2} = 1875$ „ „ „

„ dreifache „ „ $s = \frac{3750}{3} = 1250$ „ „ „

„ vierfache „ „ $s = \frac{3750}{4} = 935$ „ „ „

„ fünffache „ „ $s = \frac{3750}{5} = 750$ „ „ „

Für sechsfache Sicherheit ist $s = \frac{3750}{6} = 625$ *kg* pro *qcm*

„ achtfache „ „ $s = \frac{3750}{8} = 465$ „ „ „

„ zehnfache „ „ $s = \frac{3750}{10} = 375$ „ „ „

Für schmiedeeiserne Säulen genügt im allgemeinen eine fünffache Sicherheit, es dürfte jedoch ratsam sein, für Säulen mit größeren Erschütterungen eine mindestens sechsfache Sicherheit in Rechnung zu stellen.

Das erforderliche kleinste Trägheitsmoment J bestimmt man für die einzelnen Arten der Säulenbefestigung mit Hilfe nachstehender Formeln.

a) Säulen am unteren Ende fest eingespannt, am oberen Ende freistehend. (Fig. 8.)

$$J = \frac{P \,.\, l^2 \,.\, 4 \,.\, s}{\pi^2 \,.\, E} \quad \text{(Formel 1).}$$

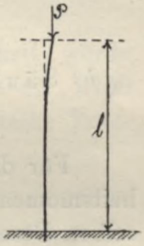


Fig. 8.

In dieser Formel bedeuten:

J = erforderliches kleinstes Trägheitsmoment bezogen auf Zentimeter.
P = Belastung der Säule in Kilogramm.
l = freie Länge der Säule in Zentimeter.
s = verlangter Sicherheitsgrad.
$\pi^2 = 3{\cdot}14^2 = \sim 10.$
E = Elastizitätsmodulus; derselbe beträgt für Schmiedeeisen 2,000.000; für Gußeisen 1,000.000.

Beispiel 6. Eine schmiedeeiserne Rundeisenstange von 3·14 *m* freistehender Höhe soll bei 5facher Sicherheit 1000 *kg* tragen; welches Trägheitsmoment und welchen Durchmesser muß diese Stange erhalten?

Nach Formel 1 ist:

$$J = \frac{P \,.\, l^2 \,.\, 4 \,.\, s}{\pi^2 \,.\, E} = \frac{1000 \,.\, 314 \,.\, 314 \,.\, 4 \,.\, 5}{10 \,.\, 2\,000\,000}$$

mithin $J = \mathbf{100.}$

Für den Kreisquerschnitt ist $J = \frac{1}{64} \pi D^4$ oder $J = 0 \cdot 049\ D^4$ und daher $D^4 = \frac{J}{0 \cdot 049}$.

$$D = \frac{100}{0 \cdot 049} = \mathbf{2041} \text{ und } D = \sqrt[4]{2041} = \mathbf{6 \cdot 71}\ cm.$$

Es sei hierbei bemerkt, daß dieser Fall, in welchem eine Säule am oberen Ende vollständig frei beweglich und belastet ist, im Eisenhochbau wohl kaum vorkommen dürfte, weil eben die geringste Abweichung der Kraftrichtung von der Mittelachse des Stabes oder ein seitlicher Stoß eine Ausbiegung des letzteren bewirken würde, so daß der Stab den Charakter eines stabilen Konstruktionsteiles verlieren würde.

Unter Zugrundelegung einer 5fachen Sicherheit läßt sich für schmiedeeiserne Stützen nach Fig. 8 folgende Näherungsformel anwenden:

$$J = 10\ P\ .\ l^2 \quad \text{(Formel 2)}$$

wobei P in Tonnen und l in Meter einzusetzen ist.

b) Säulen am unteren und oberen Ende drehbar. (Fig. 9.)

Für diesen Fall ist zur Berechnung des erforderlichen Trägheitsmomentes J folgende Formel anzuwenden, bei welcher dieselben Bezeichnungen gültig sind, wie in Formel 1:

$$J = \frac{P\ .\ l^2\ .\ s}{\pi^2\ .\ E} \quad \text{(Formel 3).}$$

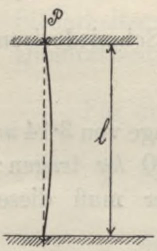


Fig. 9.

Beispiel 7. Eine Säule aus einem **I**-Träger soll bei Befestigung nach Fig. 9 bei 5facher Sicherheit und 4 *m* Länge eine Last von 10.000 *kg* tragen; welches kleinste Trägheitsmoment und welches Trägerprofil ist erforderlich?

Nach Formel 3 ist $J = \frac{P\ .\ l^2\ .\ s}{\pi^2\ .\ E}$

$$J = \frac{10.000\ .\ 400\ .\ 400\ .\ 5}{10\ \ .\ \ 2\,000\,000} = \mathbf{400.}$$

Hierfür ist erforderlich ein **I**-Träger N. P. 29 mit $J_{min} = \mathbf{403.}$

Würde diese Säule in halber Höhe durch beiderseitige Winkelbänder versteift werden, dann würde bereits ein Normalprofil 20 mit $J_{min} = 117$ und $J_{max} = 2139$ genügen.

Setzt man in obiger Formel P in Tonnen (à 1000 *kg*), l in Meter ein, dann erhält man für 5fache Sicherheit folgende Näherungsformel: $J = 2 \cdot 5 \; P \, . \, l^2$ (Formel 4).

Vorstehende Formel ist infolge ihrer Kürze allgemein üblich und auch von den meisten Baubehörden anerkannt, beziehungsweise vorgeschrieben. Ihre Ableitung ist aus nachstehender Gleichung (von Euler) erfolgt:

$$P = \text{ca.} \; \frac{10 \, . \, E \, . \, J}{l^2} \; (= \text{theoretische Tragkraft}).$$

Beispiel 8. Welche theoretische Tragkraft besitzt eine Siederohrsäule von $3 \cdot 142$ *m* Höhe, 10 *cm* äußerem Durchmesser und 7 *mm* Wandstärke?

Das vorhandene Trägheitsmoment dieser Säule beträgt nach der Tabelle 2, Kapitel unter *d)*, Seite 8 $J = 222 \cdot 4$; demnach ist $P = \frac{10 \, . \, 2\,000\,000 \, . \, 222 \cdot 4}{314 \cdot 2 \, . \, 314 \, . \, 2} = \mathbf{44.480}$ *kg*.

Anmerkung. In bezug auf reine Druckfestigkeit würde diese Säule, deren Querschnitt $20 \cdot 45$ *qcm* beträgt, mit $20 \cdot 45 \, . \, 3750 = 75.000$ *kg* belastet werden können, ehe die theoretische Tragkraft erreicht würde.

c) Säulen am unteren Ende fest, am oberen Ende drehbar (Fig. 10).

Unter Berücksichtigung derselben Bezeichnungen wie in Formel 1, erhält man für diesen Fall die Gleichung:

$$J = \frac{P \, . \, l^2 \, . \, S}{2 \, \pi^2 \, . \, E} \; \text{(Formel 5).}$$

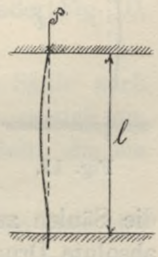


Fig. 10.

Beispiel 9. Welchen Querschnitt muß die Druckstrebe eines eisernen Fachwerkes von 2 *m* Höhe erhalten, wenn die Druckspannung 15.000 *kg* beträgt?

Nach Formel 5 ist $J = \frac{P \, . \, l^2 \, . \, S}{2 \, \pi^2 \, . \, E}$,

$$\text{mithin } J = \frac{15\,000 \, . \, 200 \, . \, 200 \, . \, 5}{2 \, . \, 10 \, . \, 2\,000\,000} = \mathbf{75}.$$

Hierfür wählt man vorteilhaft 2 L-Eisen 65 × 65 × 9 *mm* mit $J_2 = \mathbf{82 \cdot 6}$.

Obige Formel 5 läßt sich unter Zugrundelegung einer 5fachen Sicherheit in folgende Näherungsformel verwandeln:

$$J = 1 \cdot 25\ P \,.\, l^2 \text{ (Formel 6).}$$

Diese Formel 6 zeigt im Verhältnis zur Näherungsformel 4, daß das erforderliche Trägheitsmoment für eine Säule mit fest eingespanntem Fuße halb so groß zu sein braucht, als für eine Säule mit beweglichem Fuß und Kopf. Will man bei Eisenkonstruktionen, bei denen mehrere Säulen etagenweise übereinander stehen, ganz sicher gehen, dann berechne man nur die untersten, fest im Fußboden eingebetteten Säulen nach Formel 6, während man alle darüber stehenden Säulen nach Formel 4 berechnen soll, weil es in der Praxis nur selten zu erreichen sein wird, daß die oberen Säulen vollkommen fest eingespannt gelten können.

d) Säulen am unteren und oberen Ende fest eingespannt (Fig. 11).

Diese Art der Säulenbefestigung würde das Ideal der Eisenkonstruktion sein, es ist jedoch, wie schon unter *c)* bemerkt, schwierig, eine derartige Befestigung von Säulenfuß und Säulenkopf herzustellen, daß man behaupten könnte, die Verbindung sei unwandelbar fest. Das erforderliche Trägheitsmoment ergibt sich für diesen Fall aus der Gleichung:

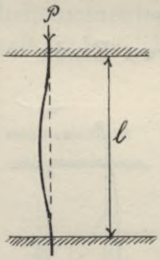


Fig. 11.

$$J = \frac{P \,.\, l^2 \,.\, S}{4\ \pi^2 \,.\, E} \text{ (Formel 7).}$$

Im Vergleich zu Formel 5 erkennt man, daß die Formel 7 wiederum ein halb so großes Trägheitsmoment ergibt, weshalb man sehr leicht geneigt ist, die Säulen zu schwach zu konstruieren und die Sicherheit gegen absolute Druckfestigkeit zu vergessen.

Als Näherungsformel für Formel 7 erhält man bei 5facher Sicherheit

$$J = 0 \cdot 625\ P \,.\, l^2 \text{ (Formel 8),}$$

wobei wiederum P in Tonnen und l in Meter einzusetzen ist.

Beispiel 10. Eine unten und oben fest eingespannte Trägersäule von 4 *m* Höhe soll bei dreifacher Sicherheit eine Last von 20.000 *kg* tragen; welches Trägheitsmoment und welches Trägerprofil ist erforderlich?

Nach Formel 7 ist $J = \frac{P \,.\, l^2 \,.\, S}{4\,\pi^2 \,.\, E}$,

$$J = \frac{20\,000 \,.\, 400 \,.\, 400 \,.\, 3}{4 \,.\, 10 \,.\, 2\,000\,000} = 120$$

Hierfür würde 1 **I**-N. P. 21 mit $J_{min} = 137$ genügen.

Anmerkungen zu den Formeln 1 bis 8.

1. Ist die Belastung einer Säule kleiner als die theoretische Tragfähigkeit (Sicherheitsgrad = 1), so tritt bei einer geringen exzentrischen Druckwirkung eine Durchbiegung von geringer Bedeutung ein; ist aber die Säulenbelastung gleich oder größer als die theoretische Bruchbelastung, dann wird die Durchbiegung erheblich und es ist ein Bruch unvermeidlich.
2. Die Durchbiegung erfolgt stets nach der Seite hin, nach welcher der Säulenquerschnitt das geringste Trägheitsmoment besitzt. Die in den meisten Kalendern angegebenen Trägheitsmomente entsprechen gewöhnlich dem größten und dem kleinsten Wert und ist letzterer im allgemeinen stets maßgebend.
3. Für Säulen, welche erheblichen Erschütterungen ausgesetzt sind, wähle man zur Berechnung des erforderlichen Trägheitsmomentes stets die Belastungsfälle nach Fig. 9 oder Fig. 10, niemals nach Fig. 11.
4. Man kontrolliere jede auf Knickung berechnete Säule auch auf reine Druckfestigkeit, namentlich dann, wenn es sich um verhältnismäßig kurze Säulen oder Stützen handelt, die ein geringes Trägheitsmoment erfordern.
5. Für genietete Säulen aus Stahl, wie solche beim Bau der hohen amerikanischen Gebäude Anwendung finden, kann mit einem Elastizitätsmodulus von $E = 2{,}200.000$ gerechnet werden, während man den Sicherheitsgrad mindestens vierfach annehmen soll, um Strukturfehler und Erschütterungen von vornherein zu berücksichtigen.

e) Säulenformel von Euler.

Bezeichnet:

F = erforderlicher Querschnitt für Knickfestigkeit,

f = erforderlicher Querschnitt für Druckfestigkeit,

$f = \frac{P}{s}$,

s = zulässige Belastung pro Quadratzentimeter,

l = Länge der Säule in Zentimeter,

h = eine maßgebende Querschnittsdimension,

α und β = 2 Koeffizienten, dann ist

$$\frac{F}{f} = 1 + \alpha\beta\left(\frac{l}{h}\right)^2 \text{ (Formel 9).}$$

Setzt man für Schmiedeeisen s = 700 *kg* pro *qcm*,
„ Gußeisen s = 500 „ „ „
„ Holz s = 65 „ „ „

dann ergibt sich Koeffizient α nach folgender Tabelle:

Material	Befestigungsweisen			
	nach Fig. 8	nach Fig. 9	nach Fig. 11	nach Fig. 10
Schmiedeeisen . .	0·00072	0·00018	0·000045	0·00009
Gußeisen	0·0016	0·0004	0·0001	0·0002
Holz	0·0022	0·00054	0·00013	0·00026

Werte des Koeffizienten β.

Querschnittsform	Maßgebende Dimension h	Wert von β
Rechteck, Quadrat	Breite, Seite	12
Kreis	Durchmesser	16
Hohlring	äußerer Durchmesser	8
I- und [-Eisen	Höhe	24·4

Beispiel 11. Eine Trägersäule sei 3 m hoch und mit $P = 10000\ kg$ nach Fig. 9 belastet; die Höhe des Trägerprofiles h sei 20 cm. Welcher Querschnitt ergibt sich nach Formel 9?

Da $\frac{F}{f} = 1 + \alpha \beta \left(\frac{l}{h}\right)^2$, so ist $F = f\left(1 + \alpha \beta \left(\frac{l}{h}\right)^2\right)$;

da nun $f = \frac{P}{s}$, so ist $F = \frac{P}{s}\left(1 + \alpha \beta \left(\frac{l}{h}\right)^2\right)$.

Setzt man nun die bekannten Werte in diese Gleichung ein, dann erhält man:

$$F = \frac{10\,000}{700} \cdot \left(1 + 0{\cdot}00018 \cdot 24{\cdot}4 \left(\frac{300}{20}\right)^2\right)$$

$$\text{oder } F = 14{\cdot}28 \cdot (1 + 0{\cdot}00439 \cdot 225)$$
$$= 14{\cdot}28 \cdot 1{\cdot}988 = 28{\cdot}39\ qcm.$$

Der gewählte **I**-Träger N. P. 20 hat einen Querschnitt von 33·4 qcm, würde somit genügen, ohne Berücksichtigung des Trägheitsmomentes.

f) Säulenformel von Navier.

Bezeichnet:
P = Belastung in Kilogramm,
f = Querschnitt der Säule in Quadratzentimeter,
s = zulässige Belastung (= 700 kg pro 1 qcm),
α = Erfahrungskoeffizient,
l = freie Länge in Zentimeter,
J = kleinstes Trägheitsmoment des Säulenquerschnittes, bezogen auf Zentimeter, dann ist:

$$P = \frac{f \cdot s}{1 + \frac{\alpha \cdot f \cdot l^2}{J}} \quad \text{(Formel 10).}$$

Der Koeffizient α beträgt hierbei:

für Schmiedeeisen $\alpha = 0{\cdot}0001$ bis $0{\cdot}0002$,
„ Gußeisen $\alpha = 0{\cdot}0002$ „ $0{\cdot}0003$,
„ Holz $\alpha = 0{\cdot}0002$ „ $0{\cdot}0003$.

Beispiel 12. Welche Tragfähigkeit besitzt die Säule im Beispiel 11, berechnet nach Formel 10 unter gleichzeitiger Berücksichtigung derselben Sicherheit?

Es ist $P = \frac{f \cdot s}{1 + \frac{\alpha \cdot f \cdot l^2}{J}}$.

Da nun I-N. P. 20 gewählt war, wofür $f = 33 \cdot 4\, qcm$ und $J_{min} = 117$, so ist, wenn α wieder $= 0 \cdot 0001$

$$P = \frac{33 \cdot 4\,.\,700}{1 + \frac{0 \cdot 0001\,.\,33 \cdot 4\,.\,90\,000}{117}} = \frac{23\,380}{1 + \frac{300 \cdot 6}{117}} = \mathbf{6680}\; kg.$$

Anmerkung. Daß diese Säule, nach Formel 10 berechnet, nur 6680 *kg* trägt, während sie nach Formel 9 berechnet, für 10.000 *kg* Belastung genügt, hat seinen Grund darin, daß die Koeffizienten α in beiden Formeln verschiedene Bedeutungen haben und daß in Formel 9 nicht das kleinste Trägheitsmoment berücksichtigt zu sein scheint. Es ist deshalb ratsam, der Formel 10 den Vorzug zu geben, welche auch für die Säulentabellen in Scharowskys Musterbuch zugrunde gelegt ist.

g) Formel von Rankine-Bouscaren.

Handelt es sich darum, die mit Druckspannung beanspruchten Glieder von Eisenkonstruktionen zu berechnen, dann hat man zu unterscheiden, ob diese Druckglieder an beiden Enden starr mit Knotenblechen vernietet sind oder ob sie an einem Ende oder an beiden Enden durch Bolzengelenke befestigt sind, welchen Möglichkeiten bei nachstehender Formel Rechnung getragen ist.

Bezeichnet:

s' die sich ergebende wirkliche Spannung des Stabes,
s die zulässige Belastung des Materiales in Kilogramm pro 1 *qcm*,
l die freie Länge des Stabes in Zentimeter,
r den kleinsten Trägheitshalbmesser des Querschnittes in Zentimeter,
n einen Koeffizienten, und zwar ist

$n = 36.000$ für an beiden Enden starr verbundene Glieder,
$n = 24.000$ für Glieder, welche einerseits starr verbunden, andererseits mit Drehbolzen versehen sind,
$n = 18.000$ für Glieder, welche an beiden Enden durch Bolzengelenke befestigt sind, dann ist

$$s' = \frac{s}{1 + \frac{1}{n}\left(\frac{l}{r}\right)^2} \quad \text{(Formel 11).}$$

Beispiel 13. Die Druckstrebe einer Brückenkonstruktion sei mit 20.000 *kg* belastet; ihre freie Länge sei 2 *m*; an beiden Enden sei die Strebe fest angenietet; die vorgeschriebene zulässige Belastung *s* sei 600 *kg* pro 1 *qcm*; wie groß ist die wirkliche Beanspruchung *s*? Zunächst ist nach einer der vorher genannten Formeln das erforderliche kleinste Trägheitsmoment zu bestimmen; nach Formel 4 ist $J = 2{\cdot}5,\ P\,.\,l^2$

$$= 2{\cdot}5\,.\,20\,.\,4 = \mathbf{200}.$$

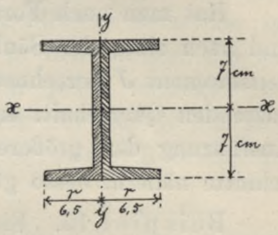


Fig. 12.

Hierfür ist ein Querschnitt nach Fig. 12 gewählt, in welchem der kleinste Trägheitshalbmesser *r* in bezug auf die Achse $y - y$ 6·5 *cm* beträgt; es ist demnach

$$s' = \frac{600}{1 + \frac{1}{36\,000}\left(\frac{200}{6{\cdot}5}\right)^2} = \frac{600}{1{\cdot}026} = \mathbf{583{\cdot}8}\ kg \text{ pro } 1\ qcm.$$

Die Belastung bleibt somit in den angegebenen Grenzen.

Anmerkung. Vorstehende Formel 11 wurde bei der Festigkeitsberechnung der eisernen Brücke über den St. Lorenzstrom bei Lachine zugrunde gelegt, und zwar unter Berücksichtigung von $s = 703$ *kg* pro 1 *qcm* für Stahl und $s = 562$ *kg* für Schmiedeeisen.

5. Kapitel.

Bestimmung des Querschnittes für Säulen.

Bei allen Säulen- und Stützenberechnungen ist darauf Rücksicht zu nehmen, daß der Säulenquerschnitt groß genug ist, um eine übermäßige Beanspruchung des Materiales auf reine Druckfestigkeit zu vermeiden. Auch hierfür ist bei schmiedeeisernen Säulen eine hinreichende Sicherheit, und zwar mindestens eine vier- bis fünffache zugrunde zu legen, was durch nachstehende Gleichung ausgedrückt ist:

$$F = \frac{P}{s} \text{ (Formel 12).}$$

P = Belastung in Kilogramm.

s = zulässige Belastung, für Schmiedeeisen sei $s = 700$ bis 1000 *kg* pro 1 *qcm*, für Stahl kann $s = 1000$ bis 1500 *kg* pro 1 *qcm* Säulenquerschnitt gesetzt werden.

Beispiel 14. Welcher Mindestquerschnitt ist für eine schmiedeeiserne Säule mit 50.000 kg Belastung erforderlich, wenn die zulässige Belastung $s = 750$ kg pro 1 qcm beträgt?

$$F = \frac{P}{s} = \frac{50\,000}{750} = \mathbf{66 \cdot 6}\ qcm.$$

Hat man nach Formel 12 den erforderlichen Querschnitt F und nach einer der Säulenformeln 1 bis 8 das erforderliche Trägheitsmoment J berechnet, so sucht man in den Tabellen einen passenden Querschnitt erst zu F und dann zu J und wählt für die Ausführung den größeren von beiden. Je mehr sich beide Querschnitte nähern, desto günstiger ist der Materialverbrauch.

Beispiel 15. Eine schmiedeeiserne Ladensäule von $4 \cdot 0$ m lichter Höhe soll 40.000 kg tragen. Welcher vorteilhafteste Querschnitt ist zu wählen bei 5facher Sicherheit:

a) Erforderlicher Querschnitt in bezug auf reine Druckfestigkeit.

Nach Formel 12 ist $F = \frac{P}{s} = \frac{40\,000}{750} = \mathbf{53 \cdot 3}\ qcm.$

b) Erforderliches Trägheitsmoment in bezug auf Knickungsfestigkeit.

Nach Formel 4 ist $J = 2 \cdot 5\ P \,.\, l^2 = 2 \cdot 5 \,.\, 40 \,.\, 16 = \mathbf{1600}$.

Hierfür wählt man am besten eine Säule aus 3 **I**-N. P. 14 mit $J_3 = 3 \,.\, 572 = \mathbf{1716}$. (Fig. 13.) Diese 3 Träger werden ent-

Fig. 13.

weder mehrmals durch Bolzen mit Gasrohrzwischenstücken oder durch beiderseits aufzunietende Flacheisendiagonalen miteinander verbunden.

6. Kapitel.

Exzentrische Belastung der Säulen.

In den vorhergehenden Kapiteln ist bei der Berechnung der Säulenquerschnitte stets vorausgesetzt, daß die Belastung der Säule zentral, also genau in der Mittelachse der Säule wirkt. Es tritt jedoch im Eisenhochbau sehr oft der Fall ein, daß außer der zentralen Belastung noch andere Lasten zu berücksichtigen sind, welche außerhalb der Säulenachse angreifen und somit als exzentrisch wirkende Lasten anzusehen sind.

Je nach der Art und Angriffsweise der exzentrischen Belastung hat man vier verschiedene Belastungsweisen zu unterscheiden und kommt es bei der Berechnung nun speziell darauf an, zu untersuchen, ob die durch die exzentrische Belastung im Säulenkopf entstehende Biegungsspannung in den Grenzen der zulässigen Materialbeanspruchung bleibt. Für jeden einzelnen der vier Fälle sind besondere Näherungsformeln für die größte auftretende Druck-, bzw. Zugspannung festgesetzt, zu deren Verständnis nachstehende Beispiele dienen sollen.

1. Fall (Fig. 14). Auf einer Säule ruhen zwei Unterzüge, von denen jeder die Eigenlast (einschl. Wölbträgern) G und die Nutzlast Q auf die Säule überträgt. Unter Annahme einseitig wirkender Nutzlast Q mit dem Abstand a erhält man die im oberen Säulenteil eintretende größte Druckspannung nach der Formel:

$$S = \frac{2\,G + Q}{F} + \frac{Q\,.\,a}{W} \text{ (Formel 13)}$$

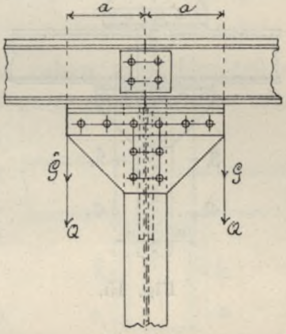


Fig. 14.

und die größte Zugspannung $Z = \frac{2\,G + Q}{F} - \frac{Q\,.\,a}{W}$ (Formel 14).

Beispiel 16. Eine schmiedeiserne Trägersäule von 4 m Höhe sei nach Fig. 14 wie folgt belastet: $G = 1000\,kg$, $Q = 12.000\,kg$, $a = 10\,cm$. Welche Spannungen erleidet die Säule in ihrem oberen Teile unter Berücksichtigung einseitig wirkender Nutzlasten Q? Die Gesamtbelastung der Säule beträgt

$$2\,.\,G + 2\,.\,Q = 2\,.\,1000 + 2\,.\,12.000 = 26.000\,kg.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment für zentrale Belastung beträgt nach Formel 4

$$J = 2{\cdot}5\;P\,.\,l^2 = 2{\cdot}5\,.\,26\cdot 16 = \mathbf{1040}.$$

Gewählt sei 1 **I**-N. P. 40 mit $J_{min} = 1160$, $W_{min} = 150$ und $F = 118\,qcm$.

Nun ist nach Formel 13 die größte Druckspannung

$$S = \frac{2\,G + Q}{F} + \frac{Q\,.\,a}{W} = \frac{2000 + 12\,000}{118} + \frac{12\,000\,.\,10}{150}$$
$$= 910\,kg \text{ pro } 1\,qcm.$$

Nach Formel 14 beträgt die größte Zugspannung

$$Z = \frac{2\,G + Q}{F} - \frac{Q\,.\,a}{W} = \frac{2000 + 12\,000}{118} - \frac{12\,000\,.\,10}{150}$$

$$= -\,\mathbf{690}\ kg.$$

Vorstehende Berechnung ergibt, daß die Beanspruchung auf Zug eine normale ist, während sie auf Druck etwas zu hoch ist; es wird sich infolgedessen empfehlen, den Trägerquerschnitt vom Säulenkopfe durch Aufnieten von Einlegeplatten etwas zu vergrößern, wie aus Fig. 14 ersichtlich ist.

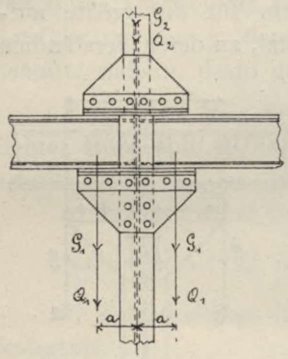


Fig. 15.

2. Fall (Fig. 15). Auf einer Säule ruhen zwei Unterzüge, von denen jeder das Eigengewicht G_1 und außerdem die Nutzlast Q_1 auf die Säule überträgt, und zwar wieder mit der größten Ausladung a. Außerdem ruht auf der Säule noch eine weitere Säule, welche die Eigenlast G_2 und die Nutzlast Q_2 überträgt.

Nimmt man wiederum einseitig wirkende Nutzlasten Q_1 an, dann erhält man im Säulenkopf die größte Druckwirkung nach der Formel:

$$S = \frac{2\,G_1 + Q_1 + G_2 + Q_2}{F} + \frac{Q\,.\,a}{W} \quad \text{(Formel 15)}$$

und die größte Zugspannung nach der Formel:

$$Z = \frac{2\,G_1 + Q_1 + G_2}{F} - \frac{Q_1\,.\,a}{W} \quad \text{(Formel 16).}$$

Beispiel 17. Eine schmiedeeiserne Speichersäule von 3 m Höhe sei nach Fig. 15 wie folgt belastet:
$G_1 = 500\ kg$, $Q_1 = 8000\ kg$, $G_2 = 200\ kg$, $Q_2 = 8000\ kg$, $a = 10\ cm$.

Die Gesamtbelastung der Säule beträgt:

$$2\,.\,G_1 + 2\,.\,Q_1 + G_2 + Q_2 = 1000 + 16.000 + 200 +$$
$$+ 8000 = 25.200\ kg.$$

Nach Formel 4 ist $J = 2{\cdot}5\ P\,.\,l^2 = 2{\cdot}5\,.\,25{\cdot}2\,.\,9 = \mathbf{567}$. Gewählt ist eine Trägersäule N. P. 32 mit $J_{min} = 554$, $F = 78\ qcm$ und $W_{min} = \mathbf{85}$.

Nach Formel 15 beträgt die größte Druckspannung:

$$S = \frac{2\,G_1 + Q_1 + G_2 + Q_2}{F} + \frac{Q_1 \,.\, a}{W} = \frac{17\,200}{78} + \frac{8000 \,.\, 10}{85}$$

$= 1161\ kg$ pro Quadratzentimeter.

Nach Formel 16 beträgt die größte Zugspannung:

$$Z = \frac{2\,G_1 + Q_1 + G_2}{F} - \frac{Q_1 \,.\, a}{W} = \frac{9200}{78} - \frac{8000 \,.\, 10}{85} = -822\,kg$$

pro Quadratzentimeter.

Auch in diesem Beispiel sind die erhaltenen Beanspruchungen etwas zu hoch und würde daher das nächsthöhere Trägerprofil N. P. 34 zu wählen sein.

3. Fall (Fig. 16). Auf einer Säule ruhen zwei Unterzüge, welche verschiedenartig belastet sind, und zwar überträgt der eine Unterzug die Konstruktionslast G_1 und die Nutzlast Q_1 und der andere Unterzug die Eigenlast G_2 und die Nutzlast Q_2. Bei exzentrisch wirkender Nutzlast ergibt sich folgende größte Druckspannung:

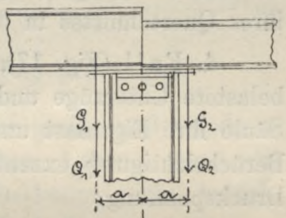


Fig. 16.

$$S = \frac{G_1 + Q_1 + G_2}{F} + \frac{a\,(G_1 + Q_1 - G_2)}{W}$$

(Formel 17).

Die größte Zugspannung beträgt:

$$Z = \frac{G_1 + Q_1 + G_2}{F} - \frac{a\,(G_1 + Q_1 - G_2)}{W} \quad \text{(Formel 18).}$$

Beispiel 18. Eine schmiedeeiserne Säule von $4\ m$ Höhe sei nach Fig. 16 wie folgt belastet: $G_1 = 600\ kg$, $Q_1 = 8000\ kg$, $G_2 = 300\ kg$, $Q_2 = 4500\ kg$, $a = 15\ cm$.

Die gesamte Belastung der Säule beträgt

$$P = G_1 + Q_1 + G_2 + Q_2 = 8600 + 4800 = 13.400\ kg.$$

Das erforderliche kleinste Trägheitsmoment beträgt nach Formel 4

$$J = 2{\cdot}5\ Pl^2 = 2{\cdot}5 \,.\, 13{\cdot}4 \,.\, 16 = \mathbf{536}.$$

Gewählt ist eine Säule aus einem **I**-N. P. 32 mit $J_{min} = 554$, $F = 78$, $W_{max} = 781$. Da diese Säule nach Fig. 16 aufgestellt ist, so ist in diesem Falle für die exzentrische Belastung nicht das kleinste, sondern das größte Widerstandsmoment zu berücksichtigen.

Nach Formel 17 beträgt die größte Druckspannung

$$S = \frac{G_1 + Q_1 + G_2}{F} + \frac{a\,(G_1 + Q_1 - G_2)}{W} =$$

$$= \frac{600 + 8000 + 300}{78} + \frac{15\,(600 + 8000 - 300)}{781} =$$

$$= 114 + 163 = 277\ kg \text{ pro } 1\ qcm.$$

Nach Formel 18 beträgt die größte Zugspannung

$$Z = \frac{G_1 + Q_1 + G_2}{F} - \frac{a\,(G_1 + Q_1 + G_2)}{W} =$$

$$= \frac{600 + 8000 + 300}{78} - \frac{15\,(600 + 8000 - 300)}{781} =$$

$$= 114 - 163 = -\,49\ kg \text{ pro } 1\ qcm.$$

Anmerkung. Vorstehendes Beispiel zeigt, daß es von großem Wert für die Beanspruchung exzentrisch belasteter Säulen ist, wenn die Säule so aufgestellt wird, daß das größte Widerstandsmoment ihres Querschnittes in die Ebene der Unterzüge fällt.

4. Fall (Fig. 17). Auf einer Säule ruhen zwei verschieden belastete Unterzüge und außerdem überträgt eine darüber stehende Säule ihre Eigenlast und ihre Nutzlast. Es ergibt sich dann unter Berücksichtigung exzentrisch wirkender Nutzlast folgende größte Druckspannung:

$$S = \frac{G_1 + Q_1 + G_2 + G_3 + Q_3}{F} + \frac{a\,(G_1 + Q_1 - G_2)}{W} \quad \text{(Formel 19).}$$

Die größte Zugspannung beträgt:

$$Z = \frac{G_1 + Q_1 + G_2 + G_3}{F} - \frac{a\,(G_1 + Q_1 - G_2)}{W} \quad \text{(Formel 20).}$$

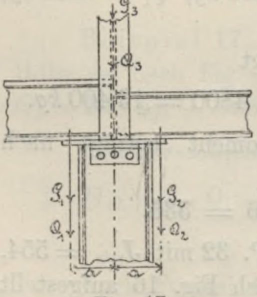


Fig. 17.

Beispiel 19. Eine schmiedeeiserne Säule von $4 \cdot 5\ m$ Höhe sei nach Fig. 17, wie folgt belastet: $G_1 = 200\ kg$, $Q_1 = 2500\ kg$, $G_2 = 150\ kg$, $Q_2 = 1500\ kg$, $G_3 = 200\ kg$, $Q_3 = 3000\ kg$, $a = 15\ cm$.

Die gesamte Belastung der Säule beträgt:

$$P = G_1 + Q_1 + G_2 + Q_2 + G_3 + Q_3 = 200 + 2500 + 150 + 1500 + 200 + 3000 = \mathbf{7550}\ kg.$$

Das erforderliche kleinste Trägheitsmoment beträgt nach Formel 4:

$$J = 2 \cdot 5\ P\,.\,l^2 = 2 \cdot 5\,.\,7 \cdot 55\,.\,4 \cdot 5^2 = \mathbf{382}.$$

Gewählt ist eine Trägersäule N. P. 29 mit $J_{min} = 403$, $F = 65\ qcm$, $W_{max} = 594$.

Auch für diese Säule ist infolge ihrer Aufstellung nach Fig. 17 das größte Widerstandsmoment W_{max} zu berücksichtigen.

Nach Formel 19 beträgt die größte Druckspannung unter Berücksichtigung der exzentrischen Belastung:

$$S = \frac{G_1 + Q_1 + G_2 + G_3 + Q_3}{F} + \frac{a\,(G_1 + Q_1 - G_2)}{W} =$$

$$= \frac{200 + 2500 + 150 + 200 + 3000}{65} + \frac{15\,(200 + 2500 - 150)}{594} =$$

$$= \frac{6050}{65} + \frac{38250}{594} = 93 + 64 = 157\ kg \text{ pro } 1\ qcm.$$

Die größte Zugspannung ergibt sich nach Formel 20:

$$Z = \frac{G_1 + Q_1 + G_2 + G_3}{F} - \frac{a\,(G_1 + Q_1 - G_2)}{W} =$$

$$= \frac{200 + 2500 + 150 + 200}{65} - \frac{15\,(200 + 2500 - 150)}{594} =$$

$$= \frac{3050}{65} - \frac{38250}{594} = 47 - 64 = -17\ kg \text{ pro } 1\ qcm.$$

Die Beanspruchungen sind daher sehr gering und würde es zu keinem Bedenken Veranlassung gegeben haben, wenn die Wirkung der exzentrischen Belastung überhaupt nicht berücksichtigt worden wäre.

7. Kapitel.

Die gebräuchlichsten Querschnittsformen schmiedeiserner Säulen.

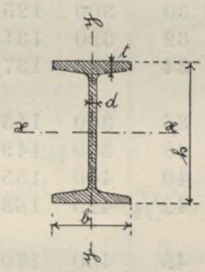


Fig. 18.

a) Säulen aus einem **I**-Träger, Deutsche Normalprofile. (Fig. 18.)

Neigung der inneren Flanschflächen 14%.

Normal-profil	Abmessungen in Millimeter				Querschnitt in Quadratzentimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm	W_x	W_y	J_x	J_y
	h	b	d	t						
8	80	42	3·9	5·9	7·6	5·9	19·4	3·0	78	6·3
9	90	46	4·2	6·3	8·9	7·0	25·9	3·8	117	8·8
10	100	50	4·5	6·8	10·6	8·3	34·1	4·9	170	12·2
11	110	54	4·8	7·2	12·3	9·6	43·3	6·0	238	16·2
12	120	58	5·1	7·7	14·2	11·1	54·5	7·4	327	21·4

Normalprofil	Abmessungen in Millimeter				Querschnitt in Quadratzentimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm	W_x	W_y	J_x	J_y
	h	b	d	t						
13	130	62	5·4	8·1	16·1	12·6	67·0	8·9	435	27·4
14	140	66	5·7	8·6	18·2	14·2	81·7	10·7	572	35·2
15	150	70	6·0	9·0	20·4	15·9	97·9	12·5	734	43·7
16	160	74	6·3	9·5	22·8	17·8	117	14·7	933	54·5
17	170	78	6·6	9·9	25·2	19·7	137	17·1	1165	66·5
18	180	82	6·9	10·4	27·9	21·7	161	19·8	1444	81·3
19	190	86	7·2	10·8	30·5	23·8	185	22·6	1759	97·2
20	200	90	7·5	11·3	33·4	26·1	214	25·9	2139	117
21	210	94	7·8	11·7	36·3	28·3	244	29·3	2558	137
22	220	98	8·1	12·2	39·5	30·8	278	33·3	3055	163
23	230	102	8·4	12·6	42·6	33·3	314	36·9	3605	188
24	240	106	8·7	13·1	46·1	35·9	353	41·6	4239	220
25	250	110	9·0	13·6	49·7	38·7	396	46·4	4954	255
26	260	113	9·4	14·1	53·3	41·6	441	50·6	5735	287
27	270	116	9·7	14·7	57·1	44·5	491	56·0	6623	325
28	280	119	10·1	15·2	61·0	47·6	541	60·8	7575	363
29	290	122	10·4	15·7	64·8	50·6	594	66·1	8619	403
30	300	125	10·8	16·2	69·0	53·8	652	71·9	9785	449
32	320	131	11·5	17·3	77·7	60·6	781	84·6	12439	554
34	340	137	12·2	18·3	86·7	67·6	922	98·1	15670	672
36	360	143	13·0	19·5	97	75·7	1088	114	19576	817
38	380	149	13·7	20·5	107	83·4	1262	131	23978	972
40	400	155	14·4	21·6	118	91·8	1459	150	29173	1160
42½	425	163	15·3	23·0	132	103	1739	176	36956	1433
45	450	170	16·2	24·3	147	115	2040	203	45888	1722
47½	475	178	17·1	25·6	163	127	2375	234	56410	2084
50	500	185	18·0	27·0	179	140	2750	267	68736	2470
55	550	200	19·0	36·0	212	166	3602	349	99054	3486

Anmerkungen. Für Säulen aus einem **I**-Träger ist zur Berechnung auf Knickungsfestigkeit stets das kleinste Trägheitsmoment (J_y) zu berücksichtigen und wird man dabei finden, daß sich verhältnismäßig hohe Profile notwendig machen, so daß man mit Materialverlust rechnen muß. Ist es aber möglich, daß eine

Trägersäule an zwei Seiten von einer Mauer eingeschlossen werden kann, oder daß sie mit entsprechend starken Winkelbändern nach den Seiten versteift werden kann, nach welchen die Ausknickung infolge des geringen Trägheitsmomentes zuerst erfolgen wird, dann sind diese Trägersäulen entschieden am Platze, zumal sie auch in ihrer Herstellung einfach und billig und auch sehr schnell zu beschaffen sind.

Beispiel 20. Eine Trägersäule von 4 *m* Höhe sei nach Fig. 19 durch zwei eiserne Diagonalen kräftig versteift und mit 15.000 *kg* belastet. Welches Trägerprofil ist erforderlich?

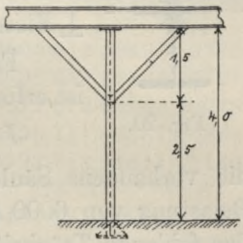


Fig. 19.

Der hinsichtlich der reinen Druckfestigkeit erforderliche Querschnitt beträgt nach Formel 12:

$$F = \frac{P}{s} = \frac{15000}{750} = \mathbf{20}\ qcm.$$

Hierzu würde ein Träger N. P. 15 mit $F = 20 \cdot 4$ *qcm* genügen.

Ohne das Vorhandensein der Diagonalen würde hinsichtlich der Knickungsfestigkeit nach Formel 4 ein Mindestträgheitsmoment erforderlich sein von $J = 2 \cdot 5\ P\,.\,l^2 = 2 \cdot 5\,.\,15\,.\,16 = \mathbf{600}$; dazu würde ein Träger N. P. 34 mit $J_{min} = 672$ notwendig sein, welcher einen Querschnitt von $86 \cdot 7$ *qcm* besitzt, also ca. viermal so groß ist, als nach obigem erforderlich sein würde. Durch die Anordnung der Diagonalen wird nun die freie Knicklänge der Säule nur noch $2 \cdot 5$ *m*; es ergibt sich daher

$$J = 2 \cdot 5\ P\,.\,l^2 = 2 \cdot 5\,.\,15\,.\,6 \cdot 25 = \mathbf{234};$$

hierfür würde eine Säule aus einem **I**-N. P. 25 mit $J_{min} = 255$ und $F = 49 \cdot 7$ genügen.

Würde vorerwähnte Säule an Stelle der Druckstützen ihrer ganzen Länge nach eingemauert sein, dann käme das größte Trägheitsmoment in Frage und man erhielte

$$J = 2 \cdot 5\ P\,.\,l^2 = 2 \cdot 5\,.\,15\,.\,16 = 600,$$

wofür eine Säule aus **I**-N. P. 15 mit $J_{max} = 734$ und $F = 20 \cdot 4$ genügen würde.

Nachträgliche Verstärkung von Trägersäulen.

Soll eine Trägersäule nachträglich um ein gewisses Maß verstärkt werden, so kann dies durch Aufnieten von Schienen aus

Flacheisen oder ⊥-Eisen erfolgen, und zwar hat diese Aufnietung im gefährlichen Querschnitt, also in der Mitte der Säule zu erfolgen. Die Länge dieser Verstärkungsschienen richtet sich nach der Länge der Säule und kann mit $\frac{l}{3}$ angenommen werden.

Beispiel 21. Eine Trägersäule aus einem **I**-Träger N.P. 22 ist mit 4000 *kg* belastet und 4 *m* hoch. Infolge einer baulichen Veränderung muß die Säule so verstärkt werden, daß sie dann 6000 *kg* trägt. Die Verstärkung soll nach Fig. 20 durch beiderseitiges Aufnieten von ⊥-Eisen erfolgen, deren Länge ca. 1·5 *m* betragen soll.

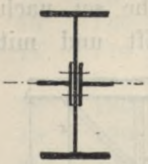


Fig. 20.

Für die ursprüngliche Belastung von 4000 *kg* ist erforderlich:

$$J = 2{\cdot}5 \,.\, P \,.\, l^2 = 2{\cdot}5 \,.\, 4 \,.\, 16 = \mathbf{160};$$

die vorhandene Säule N. P. 22 hat $J_{min} = \mathbf{163}$. Für die zukünftige Belastung von 6000 *kg* ist erforderlich $J = 2{\cdot}5 \,.\, 6 \,.\, 16 = \mathbf{240}$; das fehlende Trägheitsmoment beträgt demnach $240 - 160 = \mathbf{80}$. Dasselbe wird durch Aufnieten von 2 ⊥-Schienen (Fig. 20) $70 \times 70 \times 8$ *mm* mit $J_2 = 2 \,.\, 44{\cdot}5 = \mathbf{89}$ erzielt.

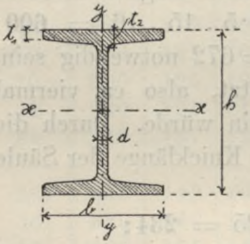


Fig. 21.

b) Säulen aus einem **I**-Träger, System Grey, Differdingen (Fig. 21).

Neigung der inneren Flanschfläche 9%.

Profil	Abmessungen in Millimeter					Querschnitt in Quadratzentimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm	W_x	W_y	J_x	J_y
	h	b	d	t_1	t_2						
24 B	240	240	10·0	10·5	20·85	96·8	76·0	855	254	10260	3043
25 B	250	250	10·5	10·9	21·7	105·1	82·5	965	286	12066	3575
26 B	260	260	11·0	11·7	22·9	115·6	90·7	1104	328	14352	4261
27 B	270	270	11·25	11·95	23·6	123·2	96·7	1224	365	16529	4920
28 B	280	280	11·5	12·35	24·4	131·8	103·4	1361	405	19052	5671

Profil	Abmessungen in Millimeter					Querschnitt in Quadratzentimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm	W_x	W_y	J_x	J_y
	h	b	d	t_1	t_2						
29 B	290	290	12·0	12·7	25·2	141·1	110·8	1508	443	21866	6417
30 B	300	300	12·5	13·25	26·25	152·1	119·4	1680	500	25201	7494
32 B	320	300	13·0	14·1	27·0	160·7	126·2	1882	524	30119	7867
34 B	340	300	13·4	14·6	27·5	167·4	131·4	2073	540	35241	8097
36 B	360	300	14·2	16·15	29·0	181·5	142·5	2360	586	42479	8793
38 B	380	300	14·8	17·0	29·8	191·2	150·1	2605	612	49496	9175
40 B	400	300	15·5	18·2	31·0	203·6	159·8	2892	648	57834	9721
42½B	425	300	16·0	19·0	31·75	213·9	167·9	3212	672	68249	10078
45 B	450	300	17·0	20·3	33·0	229·3	180·0	3595	711	80887	10668
47½B	475	300	17·6	21·35	34·0	242·0	190·0	3992	743	94811	11142
50 B	500	300	19·4	22·6	35·2	261·7	205·5	4451	781	111283	11718
55 B	550	300	20·6	24·5	37·0	288·0	226·1	5306	839	145919	12582
65 B	650	300	21·1	25·0	37·5	314·5	246·9	6623	854	215272	12814
75 B	750	300	21·1	25·0	37·5	335·6	263·4	7544	855	282957	12823

Anmerkungen. Vorstehende Trägerprofile mit breiten Flanschen werden von der „Deutsch-luxemburgischen Bergwerkshütten-Aktiengesellschaft“, Abteilung Differdingen, angefertigt und eignen sich vorzüglich zu Trägersäulen.

Beispiel 22. Eine Trägersäule sei 4·5 *m* hoch und mit 100.000 *kg* zentral belastet; welches breitflanschige Trägerprofil würde zu wählen sein?

Nach Formel 4 ist

$$J = 2{\cdot}5\, P \,.\, l^2 = 2{\cdot}5 \,.\, 100 \,.\, 4{\cdot}5 \,.\, 4{\cdot}5 = \mathbf{5062{\cdot}5}.$$

Hierfür wählt man eine Säule aus einem breitflanschigen Träger Profil 28 *B* mit $J_y = \mathbf{5671}$.

Der erforderliche Querschnitt auf reine Druckfestigkeit beträgt

$$F = \frac{P}{s} = \frac{100\,000}{750} = \mathbf{133{\cdot}3}\ qcm.$$

Das vorgenannte Profil hat einen Querschnitt von 131·8 *qcm*, würde demnach gerade genügen.

Wollte man an Stelle dieses breitflanschigen Trägers ein deutsches Normalprofil verwenden, dann würde ein N. P. 55

hinsichtlich der Knickungsfestigkeit noch gar nicht genügen; vielmehr müßte man dann 2 **I**-N. P. 21 mit einem gewissen Abstand voneinander wählen, entsprechend einem Trägheitsmoment $J_2 = 2 \,.\, 2558 = \mathbf{5116}$; da jedoch dann nur ein Querschnitt $F_2 = 2 \,.\, 36{\cdot}2 = 72{\cdot}4$ *qcm* vorhanden sein würde, so wären aus diesem Grunde 2 **I**-N. P. 29 mit $F_2 = 2 \,.\, 64{\cdot}8 = 129{\cdot}6$ *qcm* zu wählen. Das Gesamtgewicht pro Meter Säule betrüge dann $2 \,.\, 50{\cdot}6 = 101{\cdot}2$ *kg* und für das breitflanschige Profil 28 *B* 103·4 *kg*; eine Gewichtsersparnis ist somit bei diesem letzteren Profil nicht zu erzielen.

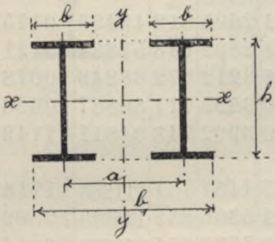


Fig. 22.

c) Säulen aus zwei **I**-Trägern, Deutsche Normalprofile

(Fig. 22).

Normal-profil	Abmessungen in Millimeter			Gesamt-querschnitt in Quadrat-zentimeter	Gesamtgewicht pro Meter in Kilogramm	Abstand a in Millimeter	$J_x = J_y$
	h	b	b_1				
8	80	42	103	15·2	11·8	61	146
9	90	46	115	17·8	14·0	69	234
10	100	50	127	21·2	16·6	77	340
11	110	54	138	24·6	19·2	84	476
12	120	58	150	28·4	22·2	92	654
13	130	62	162	32·2	25·2	100	870
14	140	66	174	36·4	28·4	108	1144
15	150	70	186	40·8	31·8	116	1468
16	160	74	198	45·6	35·6	124	1866
17	170	78	210	50·4	39·4	132	2330
18	180	82	222	55·8	43·4	140	2888
19	190	86	233	61·0	57·6	147	3518
20	200	90	245	66·8	52·2	155	4278
21	210	94	257	72·6	56·6	163	5116
22	220	98	269	79·0	61·6	171	6110

Normalprofil	Abmessungen in Millimeter			Gesamtquerschnitt in Quadratzentimeter	Gesamtgewicht pro Meter in Kilogramm	Abstand a in Millimeter	$J_x = J_q$
	h	b	b_1				
23	230	102	281	85·2	66·6	179	7210
24	240	106	292	92·2	71·8	186	8478
25	250	110	304	99·4	77·4	194	9908
26	260	113	315	106·6	83·2	202	11470
27	270	116	325	114·2	89·0	209	13246
28	280	119	336	122·0	95·2	217	15150
29	290	122	346	129·6	101·2	224	17238
30	300	125	357	138·0	107·6	232	19570
32	320	131	379	155·4	121·2	248	24878
34	340	137	400	173·4	135·2	263	31340
36	360	143	421	194	151·4	278	39152
38	380	149	442	214	166·8	293	47956
40	400	155	463	236	183·6	308	58346
$42^1/_2$	425	163	490	264	206	327	73912
45	450	170	516	294	230	346	91776
$47^1/_2$	475	178	543	326	254	365	112820
50	500	185	569	358	280	384	137472
55	550	200	622	424	332	422	199108

Anmerkungen. Für Säulen aus zwei miteinander versteiften **I**-Trägern ist es notwendig, den Abstand a zu kennen (Fig. 22), für welchen die Trägheitsmomente beider Schwerpunktachsen einander gleich sind; dieser Abstand a ist in vorstehender Tabelle enthalten und beziehen sich die Trägheitsmomente $J_x = J_y$ auf denselben.

Wird der Abstand a größer gewählt als in der Tabelle, dann wird das Trägheitsmoment in bezug auf die Achse $y-y$ größer, während es für die Achse $x-x$ unverändert bleibt.

Die beiden einzelnen Träger müssen gegeneinander genügend versteift werden, was auf mehrfache Weise geschehen kann.

1. Versteifung durch Stehbolzen (Fig. 23).

Diese Stehbolzen mit Gasrohrhülsen werden in Abständen von 500—600 *mm* eingesetzt und kann deren Durchmesser aus nachstehender Tabelle entnommen werden.

N. P. 8	bis 12,	Bolzendurchmesser	=	$^1/_2''$	engl.
13	„ 16,	„	=	$^5/_8''$	„
17	„ 20,	„	=	$^3/_4''$	„
21	„ 26,	„	=	$^7/_8''$	„
27	„ 32,	„	=	$1''$	„
34	„ 40,	„	=	$^5/_4''$	„
$42^1/_2$	„ 55,	„	=	$1^1/_2''$	„

Die Befestigung der Stehbolzen kann entweder durch beiderseitige Muttern oder auch durch Vernietung erfolgen. Weil die

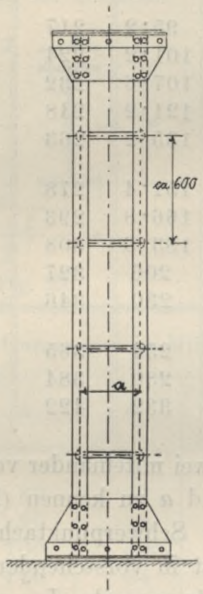


Fig. 23.

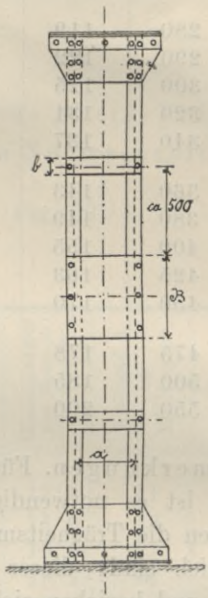


Fig. 24.

Versteifung durch Stehbolzen für sehr hohe Säulen nicht genügend Sicherheit gegen Einknickung bietet, wende man sie nur bei kürzeren Säulen an und nehme hierbei außerdem den Abstand a noch 10 bis 20 *mm* größer an, als in vorstehender Tabelle angegeben.

2. Versteifung durch Querschienen (Fig. 24).

Eine ziemlich stabile Verbindung der beiden Säulenträger erreicht man durch einzelne auf die Trägerflanschen aufzunietende Querschienen aus Flacheisen, die man in Zwischenräumen von etwa 400 bis 500 *mm* anordnet. Da der gefährliche Querschnitt einer

Säule gegen Zerknickung im allgemeinen in der Mitte liegt, so ist es notwendig, an dieser Stelle ganz besonders für hinreichende Versteifung zu sorgen, was am besten durch eine breitere Schiene geschieht (Fig. 24).

Die annähernden Dimensionen dieser Querschienen entnehme man aus folgender Tabelle:

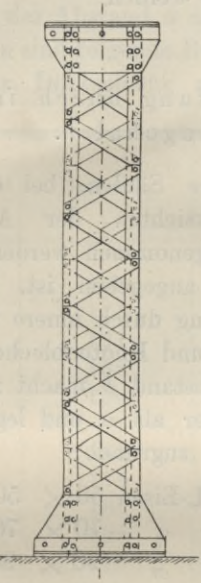


Fig. 25.

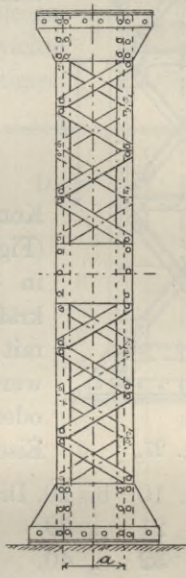


Fig. 26.

I-N. P. 8 bis 12,	Querschiene	50 × 6 *mm*,	Mittelschiene	150 × 6 *mm*
13 „ 16,	„	60 × 7 „	„	200 × 7 „
17 „ 20,	„	70 × 8 „	„	300 × 8 „
21 „ 26,	„	80 × 10 „	„	400 × 10 „
27 „ 32,	„	90 × 12 „	„	450 × 12 „
34 „ 40,	„	100 × 15 „	„	500 × 15 „
$42^1/_2$ „ 55,	„	120 × 15 „	„	550 × 15 „

Den Durchmesser der Nieten für vorstehende Querschienen wählt man gleich der eineinhalbfachen Schienenstärke.

3. Versteifung durch äußere Diagonalen (Fig. 25).

Diese aus Flacheisen hergestellten Diagonalen werden so auf die Trägerflanschen aufgenietet, daß sich die vorderen Diagonalen mit den hinteren kreuzen. Zweckmäßig ist es, in der Mitte der Säule eine Deckplatte nach Fig. 26 aufzunieten, wodurch die Sicherheit gegen Einknickung noch erhöht wird.

Die Stärke des Flacheisens zu den Diagonalen und für die mittlere Deckplatte kann nach der Tabelle unter 2. dieses Abschnittes gewählt werden.

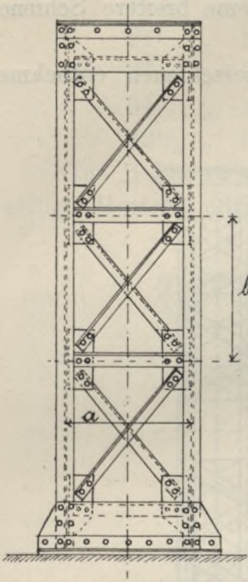


Fig. 27.

4. Versteifung durch innere Diagonalen.

Für schwere Säulen, bei denen aus Konstruktionsrücksichten der Abstand *a* (Fig. 27) größer genommen werden muß, als in der Tabelle angegeben ist, kann eine kräftige Versteifung durch innere Diagonalen mit Querstäben und Knotenblechen erreicht werden. Den Abstand *b* macht man gleich oder etwas größer als *a* und legt folgende Eisendimensionen zugrunde:

Für **I**-N. P.	16 bis 20,	Diagonalen aus	**L**-Eisen	$50 \times 50 \times 7$	*mm*
	21 „ 30,	„	„ „	$70 \times 70 \times 8$	„
	32 „ 40,	„	„ „	$90 \times 90 \times 10$	„
	$42^1/_2$ „ 55,	„	„ „	$100 \times 100 \times 12$	„

Die horizontalen Querstäbe führt man in gleichen Dimensionen aus, wie die Diagonalen, jedoch doppelt, also beiderseits an die Knotenbleche angenietet, welch letztere eine Stärke von 8 bis 15 *mm* erhalten.

Derartig breite Säulen finden besonders dort Anwendung, wo mehrere Unterzugsträger eine starke Wand aufnehmen sollen und auf der Säule aufliegen.

5. Versteifung mittels durchgehender Deckschienen.

Häufig tritt der Fall ein, daß Trägersäulen rund herum glatt verschlossen sein sollen, was durch aufgenietete Deckschienen erreicht wird (Fig. 28).

Für die verschiedenen Trägerprofile kann man die Dicke dieser Deckplatten aus nachstehender Tabelle entnehmen:

Für 2 **I**-N.P. 8 bis 16, Deckplattendicke = 6 *mm*
17 „ 26, „ = 8 „
27 „ 40, „ = 10 „
$42^1/_2$ „ 55, „ = 12 „

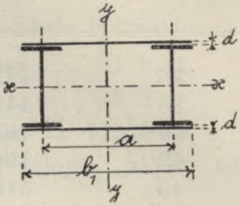


Fig. 28.

Wird der Abstand a nach der Tabelle gewählt, dann sind folgende Breiten und Gewichte pro Meter Deckschiene zu berücksichtigen:

Normalprofil	Breite b_1	Abstand a	Dicke d	Gewicht pro Meter in Kilogramm
8	103	61	6	4·9
9	115	69	6	5·3
10	127	77	6	5·9
11	138	84	6	6·5
12	150	92	6	7·0
13	162	100	6	7·6
14	174	108	6	8·4
15	186	116	6	8·7
16	198	124	6	9·3
17	210	132	8	12·6
18	222	140	8	13·4
19	233	147	8	14·0
20	245	155	8	14·7
21	257	163	8	15·4
22	269	171	8	16·1
23	281	179	8	16·9
24	292	186	8	17·5
25	304	194	8	18·3
26	315	202	8	18·9
27	325	209	10	25·8
28	336	217	10	26·6
29	346	224	10	27·5
30	357	232	10	28·4
32	379	248	10	30·2
34	400	263	10	32·0

Normalprofil	Breite b_1	Abstand a	Dicke d	Gewicht pro Meter in Kilogramm
36	421	278	10	33·6
38	442	293	10	33·2
40	463	308	10	36·9
$42^1/_2$	490	327	12	44·1
45	516	346	12	46·4
$47^1/_2$	543	365	12	48·9
50	569	384	12	51·2
55	622	422	12	56·0

Beispiel 23. Eine Ladensäule von 3·8 *m* Höhe sei mit 60.000 *kg* belastet und soll aus 2 **I**-Trägern gebildet werden. Welches Profil ist erforderlich?

Hinsichtlich der reinen Druckfestigkeit ist erforderlich ein Gesamtquerschnitt

$$F_2 = \frac{P}{s} = \frac{60\,000}{750} = \mathbf{80}\ qcm.$$

Unter Beachtung der Zerknickungsfestigkeit erhält man $J = 2{\cdot}5\ P\,.\,l^2 = 2{\cdot}5\,.\,60\,.\,3{\cdot}8\,.\,3{\cdot}8 = \mathbf{2166.}$

Hierfür wählt man eine Säule nach Fig. 28 aus 2 **I**-N. P. 17 mit $J_2 = 2330$ bei einem Abstand $a = 132$ *mm*. Der Querschnitt beider Träger beträgt jedoch nur 50·4 *qcm*. Wählt man die aufzunietenden Deckschienen nach der Tabelle, also 210 *mm* breit und 8 *mm* stark, so haben beide einen Gesamtquerschnitt von 2 . 21·0 . 0·8 = 33·6 *qcm*. Der vorhandene Querschnitt beträgt demnach 50·4 + 33·6 = 84·0 *qcm*, ist somit reichlich vorhanden.

Beispiel 24. Eine schwere Säule aus 2 **I**-Trägern soll bei 5 *m* freier Länge eine zentrale Belastung von 120.000 *kg* tragen; welche Profile sind erforderlich?

Der erforderliche Querschnitt für reine Druckfestigkeit beträgt:

$$F = \frac{P}{s} = \frac{120\,000}{720} = \mathbf{166{\cdot}6}\ qcm.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment beträgt

$$J = 2{\cdot}5\,.\,P\,.\,l^2 = 2{\cdot}5\,.\,120\,.\,5\,.\,5 = \mathbf{7500.}$$

Hierfür wählt man entweder eine Säule aus 2 **I**-N. P. 32 mit $F_2 = 155{\cdot}4$ *qcm* und $J_2 = 24.878$ bei einem Gewicht von ca. 121·2 *kg* pro Meter oder eine Säule nach Fig. 28, bestehend aus

2 **I**-N. P. 24 mit $J_2 = 8478$ und $F_2 = 92 \cdot 2$ *qcm*, versteift durch 2 Deckplatten 292×10 *mm* mit $F_2' = 2 \,.\, 29 \cdot 2 \,.\, 1 \cdot 0 = 58 \cdot 4$ *qcm*, so daß ein Gesamtquerschnitt von $92 \cdot 2 + 58 \cdot 4 = 150 \cdot 6$ *qcm* vorhanden ist. Das Gewicht pro Meter dieser Säule beträgt:

für 2 **I**-N. P. 24, ... pro Meter = 71·8 *kg*,
„ 2 Deckplatten 292 × 10 *mm* „ „ = 43·8 „
Summa = 115·5 *kg*,

gegen 121·2 *kg* pro Meter bei Annahme obiger Säule aus 2 **I**-N. P. 32 ohne Deckplatten.

Beispiel 25. Eine Trägersäule von 4·5 *m* Höhe soll aus 2 gekuppelten Differdingerträgern hergestellt werden und 225.000 *kg* Belastung tragen; welches Profil ist erforderlich?

Als Querschnitt für die reine Druckbeanspruchung ergibt sich

$$F = \frac{P}{s} = \frac{225000}{800} = \mathbf{281}\ qcm.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment beträgt

$$J = 2 \cdot 5 \,.\, P \,.\, l^2 = 2 \cdot 5 \,.\, 225 \,.\, 4 \cdot 5 \,.\, 4 \cdot 5 = \mathbf{11.390.}$$

Hierfür würden 2 **I**-Profil 28 *B* mit $F_2 = 2 \,.\, 131 \cdot 8 = 263 \cdot 6$ *qcm* und $J_2 = 2 \cdot 19025 = 38.104$ zu wählen sein.

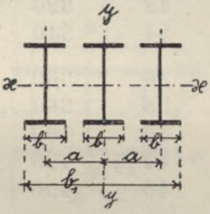


Fig. 29.

d) Säulen aus 3 **I**-Trägern, Deutsche Normalprofile. (Fig. 29.)

Normal-profil	Abmessungen in Millimeter		Gesamt-querschnitt in Quadrat-zentimeter	Gesamt-gewicht pro Meter in Kilogramm	Abstand *a* in Millimeter	$J_x = J_y$ (näherungsweise)
	h	b_1				
8	80	162	22·8	17·7	60	234
9	90	186	26·9	21·0	70	351
10	100	210	31·8	24·9	80	510
11	110	224	36·9	28·8	85	714
12	120	248	42·6	33·3	95	981
13	130	262	48·3	37·8	100	1305
14	140	276	54·6	42·6	105	1716
15	150	300	61·2	47·7	115	2202
16	160	324	68·4	53·4	125	2799
17	170	338	75·6	59·1	130	3495

Normalprofil	Abmessungen in Millimeter		Gesamtquerschnitt in Quadratzentimeter	Gesamtgewicht pro Meter in Kilogramm	Abstand a in Millimeter	$J_x = J_y$ (näherungsweise)
	h	b_1				
18	180	352	83·7	65·1	135	4332
19	190	376	91·5	71·4	145	5277
20	200	390	100·2	78·3	150	6417
21	210	414	108·9	84·9	160	7674
22	220	438	118·5	92·4	170	9165
23	230	452	127·8	99·9	175	10815
24	240	476	138·3	107·7	185	12717
25	250	490	149·1	116·1	190	14863
26	260	513	159·9	124·8	200	17205
27	270	526	171·3	133·5	205	19869
28	280	549	183·0	142·8	215	22725
29	290	562	194·4	151·8	220	25857
30	300	585	207·0	161·4	230	29355
32	320	621	233·1	181·8	245	37479
34	340	657	260·1	202·8	260	47010
36	360	693	291	227·1	275	58728
38	380	729	321	250·2	290	71934
40	400	765	354	275·4	305	87519
42½	425	813	392	309	325	110868
45	450	850	441	345	340	137664
47½	475	898	489	381	360	169230
50	500	945	537	420	380	206208
55	550	1040	636	498	420	297162

Anmerkungen. Für Säulen aus 3 **I**-Trägern hat man zur Erzielung nahezu gleicher Trägheitsmomente für beide Schwerachsen den in vorstehender Tabelle angegebenen, abgerundeten Wert des Abstandes a einzuhalten; wählt man diesen Abstand a (Fig. 29) größer als in der Tabelle, dann wird das Trägheitsmoment J_y größer als J_x.

Die Versteifung der 3 Träger gegen Knickung kann in gleicher Weise erfolgen, wie im Abschnitte *c)* angegeben ist.

Beispiel 26. Eine Trägersäule von 6·0 *m* Höhe sei mit 80.000 *kg* belastet und soll aus 3 **I**-Trägern gebildet werden; welches Profil würde zu wählen sein?

In bezug auf reine Druckfestigkeit muß ein Querschnitt vorhanden sein von

$$F = \frac{P}{s} = \frac{80\,000}{800} = \mathbf{100}\ qcm.$$

In bezug auf Knickfestigkeit ergibt sich

$$J = 2{\cdot}5\ P\,.\,l^2 = 2{\cdot}5\,.\,80\,.\,6\,.\,6 = \mathbf{7200}.$$

Hierfür empfiehlt es sich, 3 **I**-N. P. 21 mit $J_y = J_x = 7674$ und $F_3 = 108 \cdot 9$ *qcm* zu wählen.

Beispiel 27. Eine Säule von 5 *m* Höhe sei mit 120.000 *kg* belastet; welches Normalprofil ist erforderlich, wenn die Säule aus 3 **I**-Trägern gebildet werden soll?

Für die reine Druckfestigkeit ergibt sich ein Querschnitt von

$$\frac{120\,000}{900} = 133 \cdot 3\ qcm.$$

In bezug auf Knickungsfestigkeit ist folgendes Trägheitsmoment notwendig: $J = 2{\cdot}5\ P\,.\,l^2 = 2{\cdot}5\,.\,120\,.\,5\,.\,5 = \mathbf{7500}.$

Hierfür wählt man eine Säule aus drei miteinander durch Querschienen oder Diagonalen verbundenen **I**-Trägern N. P. 23 mit $J = 10.815$ und $F = 127 \cdot 8$ *qcm*.

Sollen derartige Säulen auf beiden Flanschenseiten mit durchgehenden Deckplatten versehen werden (Fig. 30), dann wählt man dieselben in ihrer Dicke laut nachstehender Tabelle, in welcher gleichzeitig die Gewichte pro laufender Meter Deckschiene angegeben sind.

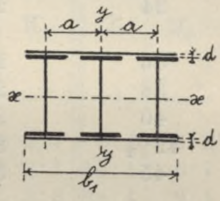


Fig. 30.

Normalprofil	Abstand a in Millimeter	Breite b_1 in Millimeter	Dicke d in Millimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm
8	60	162	5	6·4
9	70	186	5	7·5
10	80	210	5	8·4
11	85	224	5	8·9
12	95	248	5	9·9
13	100	262	6	13·1
14	105	276	6	13·8
15	115	300	6	15·0
16	125	324	6	16·2
17	130	338	6	16·8

Normalprofil	Abstand a in Millimeter	Breite b_1 in Millimeter	Dicke d in Millimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm
18	135	352	7	18·6
19	145	376	7	19·9
20	150	390	7	20·6
21	160	414	7	21·9
22	170	438	7	23·2
23	175	452	8	27·1
24	185	476	8	28·6
25	190	490	8	29·4
26	200	513	8	30·8
27	205	526	8	31·6
28	215	549	10	42·9
29	220	562	10	43·9
30	230	585	10	46·8
32	245	621	10	48·6
34	260	657	10	51·5
36	275	693	12	62·4
38	290	729	12	65·6
40	305	765	12	68·8
$42^1/_2$	325	813	12	73·2
45	340	850	12	76·5
$47^1/_2$	360	898	15	98·8
50	380	945	15	103·9

Beispiel 28. Welche Tragkraft besitzt eine Säule aus **3 I**-N. P. 50 bei 8 *m* ganzer Höhe und fünffacher Sicherheit unter der Voraussetzung, daß dieselbe mit 2 aufgenieteten Deckplatten nach vorstehender Tabelle versehen ist?

In bezug auf reine Druckfestigkeit erhält man eine Tragkraft $P = F \,.\, s$; da nun $F = 537 + 2 \,.\, (94{\cdot}5 \,.\, 1{\cdot}5) = 820{\cdot}5$ *qcm* und s bei fünffacher Sicherheit = 750, so ist

$$P = 820{\cdot}5 \,.\, 750 = \mathbf{615.375}\ kg = \mathbf{615{\cdot}375}\ \text{Tonnen.}$$

In bezug auf Knickungsfestigkeit ist zunächst nach Formel 4

$$J = 2{\cdot}5\ P \,.\, l^2, \text{ demnach } P = \frac{J}{2{\cdot}5 \,.\, l^2}.$$

Da nun für 3 **I**-N. P. 50 $J = 206.208$ und $l^2 = 8 \,.\, 8 = 64$,

so ist $P = \dfrac{206\,208}{2 \cdot 5 \,.\, 64} = \mathbf{1288}$ Tonnen à 1000 *kg*.

Aus vorstehendem Beispiel ersieht man, daß für schwere Trägersäulen, welche aus 3 **I**-Trägern gebildet werden, im allgemeinen nur die reine Druckfestigkeit in Frage kommt, besonders solange die freie Länge der Säule kleiner ist als das Zehnfache der größten Säulenbreite.

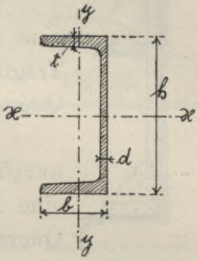


Fig. 31.

e) Säulen aus einem [-Eisen, Deutsches Normalprofil (Fig. 31).

Neigung der inneren Flanschflächen = 8 %.

Normal-profil	Abmessungen in Millimeter				Querschnitt in Quadratzentimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm	W_x	W_y	J_x	J_y
	h	b	d	t						
3	30	33	5	7	5·44	4·2	4·3	2·7	6·4	5·3
4	40	35	5	7	6·21	4·9	7·1	3·1	14·1	6·7
5	50	38	5	7	7·12	5·6	10·6	3·8	26·4	9·1
$6^1/_2$	65	42	5·5	7·5	9·03	7·1	17·7	5·1	57·5	14·1
8	80	45	6	8	11·0	8·6	26·5	6·4	106	19·4
10	100	50	6	8·5	13·5	10·5	41·1	8·5	206	29·3
12	120	55	7	9	17·0	13·3	60·7	11·1	364	43·3
14	140	60	7	10	20·4	15·9	86·4	14·8	605	62·7
16	160	65	7·5	10·5	24·0	18·7	116	18·3	925	85·3
18	180	70	8	11	28·0	21·8	150	22·4	1354	114
20	200	75	8·5	11·5	32·2	25·1	191	27·0	1911	148
22	220	80	9	12·5	37·4	29·2	215	33·6	2690	197
24	240	85	9·5	13	42·3	33·0	300	39·6	3598	248
26	260	90	10	14	48·3	37·7	371	47·8	4823	317
28	280	95	10	15	53·3	41·6	450	57·2	6276	399
30	300	100	10	16	58·8	45·8	535	67·8	8026	495

Anmerkungen: Säulen aus einem [-Eisen finden wegen ihrer verhältnismäßig geringen Knickungsfestigkeit als freistehende Säulen weniger Anwendung im Hochbau; sie sind jedoch in solchen Fällen recht zweckmäßig, in denen sie mit der glatten Seite an einer Wand montiert und mit derselben verankert werden können, wie dies zur Unterstützung von Laufkrahnträgern hie und da zu finden ist. (Vgl. Fig. 32.)

Ist hierbei die Verbindung der Säule mit der Wand eine sehr solide, dann kann für die Berechnung der Tragfähigkeit das größte Trägheitsmoment (J_x) des Querschnittes zugrunde gelegt werden.

Da der Querschnitt des größten Profiles (N. P. 30) nur $58 \cdot 8$ *qcm* beträgt und man für reine Druckfestigkeit eine Materialbeanspruchung von ca. 1000 *kg* pro 1 *qcm* Querschnitt nicht gern überschreitet, so ist ohne weiteres klar, daß Säulen aus 1 [-Eisen nur für Lasten bis maximal 60 Tonnen in Frage kommen können.

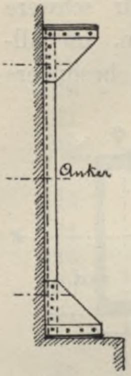


Fig. 32.

Beispiel 29. Eine freistehende [-Säule soll bei 4 *m* Höhe 5000 *kg* tragen; welches Normalprofil würde zu wählen sein?

Zunächst ist $F = \frac{P}{s} = \frac{5000}{750} = \mathbf{6 \cdot 6}\, qcm.$

Es ist dann ferner

$$J = 2 \cdot 5 \,.\, P \,.\, l^2 = 2 \cdot 5 \,.\, 5 \,.\, 4 \,.\, 4 = \mathbf{200}.$$

Hierzu würde erforderlich sein ein [-N. P. 22 mit $J_y = 197$ und $F = 37 \cdot 4$ *qcm*.

Da der Querschnitt etwa fünfmal so groß ist, als notwendig, so zeigt dieses Beispiel, daß man bei einer einzelnen [-Säule mit sehr ungünstiger Materialausnützung rechnen muß.

Beispiel 30. Eine Säule aus einem [-N. P. 26 sei 5 *m* hoch und mit einer Wand durch mehrere kräftige Anker nach Fig. 32 verbunden; welche Tragfähigkeit besitzt diese Säule bei fünffacher Sicherheit?

Da $F = \frac{P}{s}$, so ist $P = F \,.\, s = 48 \cdot 3 \,.\, 750 = \mathbf{36.225}\, kg.$

Da nun $J = 2 \cdot 5 \,.\, P \,.\, l^2$,

so ist $P = \frac{J}{2 \cdot 5 \,.\, l^2} = \frac{4823}{2 \cdot 5 \,.\, 25} = \mathbf{77 \cdot 1}$ Tonnen.

Diese Säule dürfte natürlich nur mit 36.225 *kg* belastet werden, um eine zu hohe Beanspruchung des Materiales auf reine Druckfestigkeit zu vermeiden.

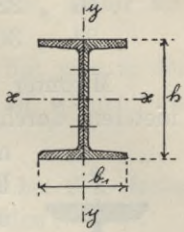


Fig. 33.

f) Säulen aus 2 [-Eisen, Deutsche Normalprofile.

1. Dicht zusammengenietet (Fig. 33).

Normalprofil	Millimeter		Gesamtquerschnitt in Quadratzentimeter	Gesamtgewicht pro Meter in Kilogramm	W_x	W_y	J_x	J_y
	h_1	b						
3	30	66	10·9	8·4	8·6	8·5	12·8	12·8
4	40	70	12·4	9·8	14·2	14·2	28·2	28·2
5	50	76	14·2	11·2	21·2	11·9	52·8	45·1
$6^1/_2$	65	84	18·1	14·2	35·4	15·4	115	64·6
8	80	90	22·0	17·2	53·0	19·2	212	86·4
10	100	100	27·0	21·0	82·2	24·7	412	123
12	120	110	34·0	26·6	121	31·7	728	175
14	140	120	40·8	31·8	173	41·8	1210	251
16	160	130	48·0	37·4	232	51·3	1850	333
18	180	140	56·0	43·6	300	61·9	2708	434
20	200	150	64·4	50·2	382	74·2	3822	556
22	220	160	74·8	58·4	430	92·1	5380	737
24	240	170	84·6	66·0	600	108	7196	917
26	260	180	96·6	75·4	742	130	9646	1172
28	280	190	106·6	83·2	900	156	12552	1481
30	300	200	117·6	91·6	1070	185	16052	1847

Anmerkungen: Säulen aus 2 dicht zusammengenieteten [-Eisen gestalten sich wesentlich günstiger hinsichtlich des Materialverbrauches, als Säulen aus einem einzelnen [-Eisen.

Die Vernietung geschieht hierbei gewöhnlich im Steg und kann man Nietenentfernung und Nietendurchmesser aus nachstehender Tabelle entnehmen:

[-N. P. 3 bis $6^1/_2$,	Nietteilung = 100 *mm*,	Nietdurchmesser = 6 *mm*
8 „ 14,	„ = 200 „	„ = 10 „
16 „ 22,	„ = 350 „	„ = 14 „
24 „ 30.	„ = 500 „	„ = 18 „

Mitunter findet man derartige Säulen mit beiderseits aufgenieteten durchgehenden Deckschienen, um die Querschnittsfläche noch etwas zu vergrößern. (Siehe Fig. 34.) Diese Deckschienen erhalten gewöhnlich die gleiche Breite, wie die Säule, können indessen auch etwas breiter angenommen werden; ihre Dicke kann man aus folgender Tabelle entnehmen:

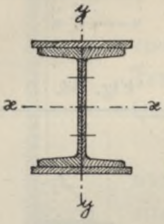


Fig. 34.

[-N. P. 3 bis $6^1/_2$,	Dicke der Deckschienen	= 5 *mm*
8 „ 14,	„ „ „	= 6 „
16 „ 22,	„ „ „	= 8 „
24 „ 30,	„ „ „	= 10 „

Beispiel 31. Eine Säule aus 2 dicht zusammengenieteten [-Eisen soll bei 4 *m* Höhe 10.000 *kg* tragen; welches Profil ist erforderlich?

Zunächst ist $F = \frac{P}{s} = \frac{10\,000}{1000} = \mathbf{10}\ qcm.$

Alsdann ist $J = 2 \cdot 5\ .\ P\ .\ l^2 = 2 \cdot 5\ .\ 10\ .\ 4\ .\ 4 = \mathbf{400}.$

Hierfür ist erforderlich eine Säule aus 2 dicht zusammengenieteten [-Eisen N. P. 18 mit $J_{min} = 434$ und $F = \mathbf{56}\ qcm.$

2. Mit eingenieteter Zwischenschiene (Fig. 35).

Die Form unserer modernen Eisenkonstruktionen bringt es mit sich, daß die Enden der einzelnen Glieder eines Systems vorwiegend an sogenannten Knotenblechen angenietet werden, wodurch die Befestigungsweise in praktischer Hinsicht insofern einen Vorteil bietet, als man es in der Hand hat, diese Knotenbleche in ihrer Form so zu wählen, daß sie für mehrere Glieder als Stützpunkt dienen können.

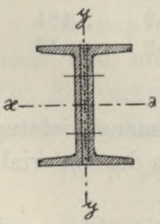


Fig. 35.

Stellt man gewöhnliche Säulen aus 2 [-Eisen so her, daß ihre Enden durch Knotenbleche versteift werden, dann entsteht auf der freien Säulenlänge ein Zwischenraum, welcher in seiner Breite gleich der Stärke der

Knotenbleche ist. Füllt man diesen Zwischenraum durch Flachschienen aus, dann erhöht man hierdurch den Säulenquerschnitt und in geringem Maße auch das Trägheitsmoment, somit die Knickungsfestigkeit der Säule.

Die Wahl der Dicke dieser Zwischenschienen hat man in der Hand, jedoch ist es üblich dieselben nicht stärker zu wählen, als das einundeinhalbfache der Stegdicke.

Beispiel 32. Eine Säule aus 2 [-Eisen soll bei 2 *m* freier Höhe 100.000 *kg* tragen; welches Profil ist zu wählen?

Es ist zunächst $F = \frac{P}{s} = \frac{100\,000}{1000} = \mathbf{100}\ qcm.$

Alsdann ist $J = 2 \cdot 5 \,.\, P \,.\, l^2 = 2 \cdot 5 \,.\, 100 \,.\, 2 \,.\, 2 = \mathbf{1000}.$

Hierfür wählt man 2 zusammengenietete [-N. P. 24 mit $J_{min} = 917$ und $F_2 = 84 \cdot 6$ *qcm*. Den fehlenden Querschnitt von $100 - 84 \cdot 6 = 15 \cdot 4$ *qcm* ersetzt man durch eine Zwischenschiene von 24 *cm* Breite und 8 *mm* Dicke, entsprechend $24 \,.\, 0 \cdot 8 = 19 \cdot 2$ *qcm*, so daß der vorhandene Gesamtquerschnitt $84 \cdot 6 + 19 \cdot 2 = 103 \cdot 8$ *qcm* beträgt.

3. Mit größerem Abstand voneinander (Fig. 36).

Um genietete Säulen aus 2 [-Eisen in vorteilhafter Weise in bezug auf Tragfähigkeit herzustellen, wählt man zwischen den beiden [-Eisen einen lichten Abstand *a*, welcher so groß bemessen wird, daß die Trägheitsmomente in bezug auf beide Schwerachsen nahezu einander gleich sind, wie dies bei der Konstruktion von Säulen aus 2 **I**-Eisen üblich ist.

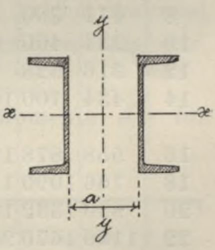


Fig. 36.

Nachstehende Tabelle enthält die Abstände *a*, für welche die Trägheitsmomente für beide Schwerachsen gleich und doppelt so groß sind, als das größte Trägheitsmoment für ein einzelnes [-Eisen.

][-N. P. 5,	Abstand $a =$	4 *mm*,	$J_x = J_y =$ 52·8,	$F_2 =$ 14·2 *qcm*
$6^1/_2$,	„ $a =$	16 „	„ = 115	„ = 18·1 „
8,	„ $a =$	27 „	„ = 212	„ = 22·0 „
10,	„ $a =$	42 „	„ = 412	„ = 27·0 „
12,	„ $a =$	55 „	„ = 728	„ = 34·0 „
14,	„ $a =$	68 „	„ = 1210	„ = 40·8 „

][-N.P.16, Abstand $a = 82$ *mm*, $= J_x\, J_y = 1850$ $F_2 = 48 \cdot 0$ *qcm*
18, „ $a = 95$ „ „ $= 2708$ „ $= 56 \cdot 0$ „
20, „ $a = 108$ „ „ $= 3822$ „ $= 64 \cdot 4$ „
22, „ $a = 120$ „ „ $= 5380$ „ $= 74 \cdot 8$ „
24, „ $a = 133$ „ „ $= 7196$ „ $= 84 \cdot 6$ „
26, „ $a = 146$ „ „ $= 9646$ „ $= 96 \cdot 6$ „
28, „ $a = 159$ „ „ $= 12552$ „ $= 106 \cdot 6$ „
30, „ $a = 172$ „ „ $= 16052$ „ $= 117 \cdot 6$ „

Wählt man aus Konstruktionsrücksichten diesen Abstand a größer als in obiger Tabelle, dann wird auch das diesbezügliche Trägheitsmoment größer, während das Trägheitsmoment für die Achse $x—x$ gleich bleibt.

Nachstehende Tabelle gibt die Trägheitsmomente J_y für verschiedene Abstände a an, wobei J_y in Zentimeter[4] und a in Millimeter, ausgedrückt ist.

] [N. P.	Trägheitsmoment J_y für den Abstand a in Millimeter									
	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200
8	171	300	475	692	955	1260	1610	2010	2460	2980
10	234	400	618	890	1217	1598	2032	2485	2990	3535
12	316	528	805	1152	1567	2050	2600	3220	3905	4720
14	434	700	1045	1475	1985	2575	3250	4005	4840	5890
16	558	878	1215	1808	2415	3120	3915	4820	5810	6900
18	706	1090	1585	2190	2910	3740	4685	5740	6905	8185
20	880	1332	1912	2622	3460	4430	5525	6750	8105	9585
22	1130	1676	2370	3215	4207	5350	6645	8085	9678	11418
24	1380	2010	2810	3780	4918	6225	7705	9350	11165	13150
26	1725	2470	3410	4540	5578	7385	9098	10960	13100	15390
28	2125	2986	4058	5345	6842	8555	10480	12620	14970	17535
30	2600	3590	4810	6270	7963	9810	12055	14455	17090	19960

Aus Konstruktionsrücksichten ist man mitunter gezwungen, die Schenkel der beiden [-Eisen nicht nach außen, sondern nach innen zu legen, in welchem Falle natürlich der Abstand b (Fig. 37) groß genug sein muß, um die Nieten für die äußeren Querverbände vorhalten zu können.

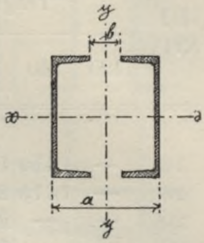


Fig. 37.

Der Abstand a, für welche beide Trägheitsmomente einander nahezu gleich sind, ist hier etwas anders, und zwar größer, als für 2 [-Eisen mit nach außen liegenden Schenkeln.

Nachstehende Tabelle gibt den Abstand a für Fig. 37 an, Schenkel nach innen liegend.

[ ]-N. P. 8,	Abstand $a =$ 85 *mm*,	$J_x = J_y =$	212,	$F_2 =$	22·0 *qcm*
10,	„ $a = 103$ „	„ =	412,	„ =	27·0 „
12,	„ $a = 119$ „	„ =	728,	„ =	34·0 „
14,	„ $a = 138$ „	„ =	1210,	„ =	40·8 „
16,	„ $a = 155$ „	„ =	1850,	„ =	48·0 „
18,	„ $a = 172$ „	„ =	2708,	„ =	56·0 „
20,	„ $a = 188$ „	„ =	3822,	„ =	64·4 „
22,	„ $a = 206$ „	„ =	5380,	„ =	74·8 „
24,	„ $a = 223$ „	„ =	7196,	„ =	84·6 „
26,	„ $a = 240$ „	„ =	9646,	„ =	96·6 „
28,	„ $a = 261$ „	„ =	12552,	„ =	106·6 „
30,	„ $a = 280$ „	„ =	16052,	„ =	117·6 „

Wählt man diesen Abstand a größer als in vorstehender Tabelle, dann wird auch das Trägheitsmoment J_y größer, während J_x gleich bleibt. J_x ist gleich dem doppelten größten Trägheitsmoment für ein einzelnes [-Eisen.

Nachstehende Tabelle gibt die Trägheitsmomente J_x für einige verschiedene Abstände a an.

[ ] N. P.	Trägheitsmoment J_y für den Abstand a in Millimeter									
	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
8	494	715	985	1295	1645	2045	2485	2965	3495	4090
10	595	860	1180	1550	1986	2470	3008	3598	4290	5040
12	645	1080	1480	1950	2485	3090	3765	4505	5315	6235
14	862	1250	1720	2270	2900	3616	4412	5290	6250	7320

[ ] N. P.	Trägheitsmoment J_y für den Abstand a in Millimeter									
	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300
16	—	1450	1990	2630	3365	4200	5125	6150	7266	8485
18	—	1675	2300	3035	3885	4845	5918	7105	8402	9810
20	—	—	2605	3445	4405	5500	6725	8075	9555	11660
22	—	—	2965	3915	5015	6265	6765	9215	10920	12765
24	—	—	—	4375	5605	7005	8570	10310	12215	14290
26	—	—	—	4895	6275	7845	9610	11570	13720	16070
28	—	—	—	—	6745	8445	10360	12485	14820	17375
30	—	—	—	—	7256	9190	11160	13465	16005	18782

Beispiel 33. Eine Säule von 5 *m* Höhe soll aus 2 [-Eisen nach Fig. 36 hergestellt werden und 65.000 *kg* bei $3^1/_2$ facher Sicherheit tragen; welches Profil ist erforderlich?

Für die reine Druckfestigkeit erhält man:

$$F = \frac{P}{s} = \frac{65\,000}{1000} = \mathbf{65}\ qcm.$$

Nach Formel 3 ist:

$$J = \frac{P \,.\, l^2 \,.\, s}{\pi^2 \,.\, E} = \frac{65\,000 \,.\, 500 \,.\, 500 \,.\, 3 \cdot 5}{10 \,.\, 2\,000\,000} = \mathbf{2844}.$$

Diesen Werten entspricht eine Säule aus 2][- N. P. 20 mit 108 *mm* Abstand, 64·4 *qcm* Querschnitt und $J_x = J_y =$ **3822**.

Beispiel 34. Die Säule im Beispiel 33 soll aus 2 [-Eisen nach Fig. 37 gebildet werden; welches Profil ist dann zu wählen?

Hierfür würde eine Säule aus 2 [ ] - N. P. 20 mit 180 *mm* Abstand (a), 64·4 *qcm* Querschnitt, $J_y = 3445$ und $J_x = 3822$ genügen.

Die Versteifung der [-Eisen untereinander erfolgt in analoger Weise wie bei den **I**-Trägersäulen durch Querschienen, Diagonalen oder Deckplatten.

g) Säulen aus 3 [-Eisen, Deutsche Normalprofile.

1. Mit außen aufgenieteten Diagonalen. (Fig. 38).

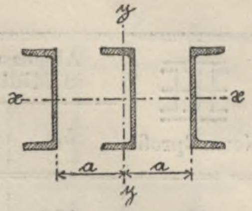


Fig. 38.

]] [Normalprofil	a in Millimeter	F_3 in Quadrat-zentimeter	$J_{min} = J_y$	Gesamtgewicht ohne Diagonalen pro Meter in Kilogramm
8	30	33·1	321	25·8
10	45	40·5	620	31·5
12	55	51·1	1105	39·9
14	70	61·2	1827	47·7
16	85	72·3	2795	56·1
18	100	84·0	4092	65·4
20	115	96·9	5781	75·3
22	130	112·8	8135	87·6
24	140	126·4	10794	99·0
26	150	143·2	14469	113·1
28	160	159·9	18828	124·8
30	175	176·4	24190	137·4

2. Mit außen aufgenieteten Deckplatten (Fig. 39).

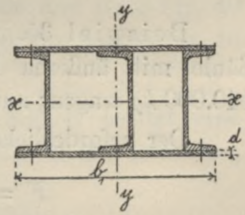


Fig. 39.

N. P.	Abmessungen in Millimeter		F_3 in Quadrat-zentimeter	Gesamtgewicht einschließlich Deckplatten pro Meter in Kilogramm	$J_{min} = J_y$
	b_1	d			
10	450	5	85·5	66·8	1862
10	450	6	94·5	73·8	2140
10	450	7	103·4	80·9	2426
10	450	8	112·5	87·9	2706

Normalprofil	Abmessungen in Millimeter b_1	Abmessungen in Millimeter d	F_2 in Quadratzentimeter	Gesamtgewicht einschließlich Deckplatten pro Meter in Kilogramm	$J_{min} = J_y$
12	450	5	96·0	75·2	2862
12	450	6	104·3	82·2	3248
12	450	7	114·0	89·3	3645
12	450	8	122.9	96·3	4055
14	450	5	106·2	83·0	4195
14	450	6	115·3	90·0	4710
14	450	7	124·2	97·1	5230
14	450	8	133·3	104·1	5770
16	450	5	117·3	91·4	5860
16	450	6	126·4	98·4	6518
16	450	7	135·3	105·5	7190
16	450	8	144·4	112·5	7880

Vergleicht man die Trägheitsmomente dieser Tabelle mit denen der vorhergehenden Tabelle, dann wird man finden, daß durch die Aufnietung der Deckplatten nicht nur die Querschnitte, sondern auch die Trägheitsmomente nicht unbedeutend größer werden.

Beispiel 35. Eine aus 3 [-Eisen nach Fig. 38 hergestellte Säule mit äußeren Diagonalversteifungen soll bei 6·5 *m* Höhe 140.000 *kg* tragen; aus welchen Profilen ist dieselbe zu konstruieren?

Der erforderliche Querschnitt beträgt:

$$F = \frac{P}{s} = \frac{140.000}{1000} = \mathbf{140}\ qcm.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment beträgt:

$$J = 2·5 \,.\, \mathrm{P} \,.\, l^2 = 2·5 \,.\, 140 \,.\, 6·5 \,.\, 6·5 = \mathbf{14.770.}$$

Hierfür würde eine Säule aus 3 [-N. P. 26 mit $F_3 = 143·2\ qcm$ und $J_{3\,min} = 14.469$ genügen. $J_{3\,max}$ dieser Säule beträgt

$$3 \,.\, 4823 = \mathbf{14.469};$$

es ist also $J_{3\,min}$ in diesem Falle $= J_{3\,max}$, wie dies auch für richtig konstruierte und berechnete Säulen möglichst der Fall sein soll.

h) Säulen aus 4 [-Eisen und 4 L-Eisen (Fig. 40).

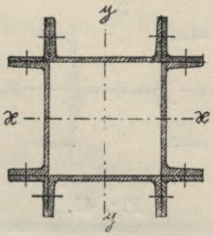


Fig. 40.

[-N. P.	L-Eisen	F Quadratzentimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm	$I_y = I_x$
10	50 × 50 × 5	72·9	57·2	2460
12	55 × 55 × 6	92·9	72·8	4290
14	60 × 60 × 6	109·0	85·2	6618
16	65 × 65 × 7	130·8	102·0	10150
18	70 × 70 × 7	149·2	116·4	14390
20	75 × 75 × 8	174·8	152·4	20205
22	80 × 80 × 8	199·2	155·2	26721
24	80 × 80 × 10	229·6	179·2	36980
26	90 × 90 × 9	255·2	199·2	46905
28	90 × 90 × 10	281·2	218·4	60380
30	100 × 100 × 10	311·2	242·8	77940

Genietete Säulen nach vorstehender Tabelle und nach Fig. 40 besitzen eine bedeutende Stabilität und können für Lasten bis zu 300.000 *kg* Anwendung finden.

Beispiel 36. Welche maximale Tragfähigkeit besitzt eine 8 *m* hohe Säule aus 4 [-N. P. 30 und 4 L-Eisen 100 × 100 × 10 *mm*, nach Fig. 40 zusammengenietet?

In bezug auf reine Druckfestigkeit erhält man

$$P = F \,.\, s = 311 \cdot 2 \,.\, 1000 = \mathbf{311.200}\ kg.$$

In bezug auf Knickungsfestigkeit erhält man nach Formel 3:

$$J = \frac{P \,.\, l^2 s}{\pi^2 \,.\, E}; \text{ demnach ist } P = \frac{J \pi^2 \,.\, E}{l^2 \,.\, s}$$

bei $3^1/_2$facher Sicherheit ist $s = 3 \cdot 5$, mithin

$$P = \frac{77\,940 \,.\, 10 \,.\, 2\,000\,000}{800 \,.\, 800 \,.\, 3 \cdot 5} = \mathbf{694.460}\ kg.$$

Die Säule dürfte natürlich nur mit 311.200 *kg* belastet werden.

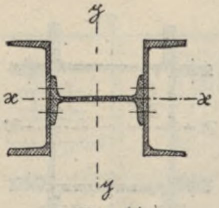


Fig. 41.

i) Säulen aus 2 [-Eisen und 1 I-Eisen. (Fig. 41.)

[-N. P.	I-N. P.	F in Quadratzentimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm	$J_{min} = J_x$	$J_{max} = J_y$
8	8	29·7	23·1	222	768
10	10	37·7	29·3	428	1387
12	12	48·4	37·7	760	2377
14	14	58·4	46·0	1260	3822
16	16	71·1	55·2	1930	5753
18	18	84·0	65·3	2825	8350
20	20	98·3	76·3	3995	11725
22	22	115·0	89·2	5616	16705
24	24	130·7	102·0	7416	21864
26	26	150·5	117·0	10055	29160
28	28	167·6	130·8	12915	37500
30	30	187·0	145·4	16658	47618

Anmerkungen. Diese Säulen können auch mit nach innen liegenden Schenkeln der [-Eisen ausgeführt werden (vgl. Fig. 42), in welchem Falle die Trägheitsmomente etwas kleiner sind, als in obiger Tabelle.

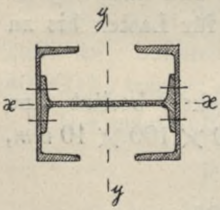


Fig. 42.

Es können auch diese Säulen aus anderen Profilen kombiniert werden, und zwar kann man das Profil des inneren I-Trägers etwas höher oder, bei nach außen liegenden Schenkeln der [-Eisen, etwas niedriger wählen; die Trägheitsmomente müssen dann für jeden einzelnen Fall besonders berechnet werden.

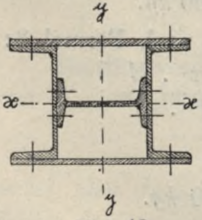


Fig. 43.

Säulen mit nach außen gerichteten [-Eisenschenkeln können auch angenietete Deckplatten nach Fig. 43 erhalten, wodurch der Querschnitt und das Trägheitsmoment noch erhöht werden können.

Beispiel 37. Wie bestimmt man auf schnellstem Wege das vorhandene kleinste Trägheitsmoment für eine Säule nach Fig. 41, welche aus 2 [-N. P. 24 und 1 **I**-N. P. 24 besteht?

Das kleinste Trägheitsmoment J_x setzt sich wie folgt zusammen:

$$\begin{aligned} \text{Für 2 [-N. P. 24 ist } J_2 &= 2 \,.\, 3598 = 7196 \\ \text{„ 1 I-N. P. 24 ist } J_{min} &= 220 \\ \hline \text{demnach } J_x &= \mathbf{7416.} \end{aligned}$$

Beispiel 38. Eine Säule von 5 *m* Höhe soll 50.000 *kg* tragen; welche Profile muß dieselbe bei Ausführung nach Fig. 41 erhalten?

Es ist zunächst $F = \frac{P}{s} = \frac{50\,000}{750} = \mathbf{66 \cdot 7}\ qcm.$

Alsdann ist $J = 2 \cdot 5 \,.\, P \,.\, l^2 = 2 \cdot 5 \,.\, 50 \,.\, 5 \,.\, 5 = \mathbf{3125.}$

Hierfür würde eine Säule aus 2 [-N. P. 20 mit 1 **I**-N. P. 20 reichlich genügen, da $F = 98 \cdot 3\ qcm$ und $J_{min} = 3995$ beträgt.

k) Säulen 2 aus [-Eisen mit Abstand und 2 dicht zusammengenieteten [-Eisen. (Fig. 44.)

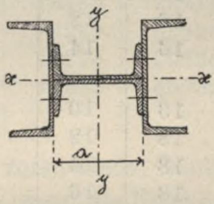


Fig. 44.

Äußere][-N. P.	Innere ⊐⊏ N. P.	Abstand *a* in Millimeter.	*F* in Quadratzentimeter	*G* pro Meter in Kilogramm	J_x	J_y
10	8	80	49·0	38·4	498	1102
10	10	100	54.0	42·4	535	1629
12	12	120	68·0	53·6	903	2778
14	14	140	81·6	64·0	1461	4459
16	16	160	96·0	75·2	2183	6668
18	18	180	112·0	87·6	3142	9614
20	20	200	128·8	101·2	4378	11496
22	22	220	149·6	117·6	6117	19089
24	24	240	169·2	132·8	8113	24823
26	26	260	193·2	151·6	10818	33070
28	28	280	213·2	167·6	14033	42477
30	30	300	235·2	184·4	17899	53885

Da bei gleicher Wahl der Profile das Trägheitsmoment J_y wesentlich größer ist, als J_x, so genügt es, die inneren [-Eisen im Profil etwas niedriger zu wählen, wie in nachstehender Tabelle geschehen ist.

Äußere][-N. P.	Innere][N. P.	Abstand a in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G pro Meter in Kilogramm	J_x	J_y
14	8	80	62·8	49·0	1296	1686
14	10	100	67·8	53·2	1333	2396
14	12	120	74·8	58·8	1385	3304
16	8	80	70·0	54·6	1936	2020
16	10	100	75·0	58·4	1973	2828
16	12	120	82·0	64·4	2025	3849
16	14	140	88·8	69·6	2101	5124
18	10	100	83·0	64·6	2831	3322
18	12	120	90·0	70·2	2883	4469
18	14	140	96·8	75·8	2959	5894
18	16	160	104·0	81·4	3041	7589
20	10	100	91·4	71·2	3945	3873
20	12	120	98·4	76·8	3997	5156
20	14	140	105·2	82·6	4073	6734
20	16	160	112·4	88·2	4155	8599
20	18	180	120·4	94·4	4256	10811
22	12	120	108·8	85·0	5555	6078
22	14	140	115·6	90·8	5631	7853
22	16	160	122·8	96·4	5713	9935
22	18	180	130·8	102·6	5814	12385
22	20	200	139·2	109·4	5936	15240
24	14	140	125·4	97·8	7447	8913
24	16	160	132·6	104·0	7529	11200
24	18	180	140·6	110·2	7630	13872
24	20	200	149·0	117·0	7752	16972
24	22	220	159·4	125·2	7933	20584

Äußere][-N. P.	Innere][N. P.	Abstand a in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G pro Meter in Kilogramm	J_x	J_y
26	16	160	144·6	112·8	9979	12812
26	18	180	152·6	119·6	10080	15808
26	20	200	161·0	126·4	10202	19214
26	22	220	171·4	134·6	10383	23256
26	24	240	181·2	142·2	10563	27750
28	18	180	162·6	126·8	12986	17677
28	20	200	171·0	134·4	13108	21357
28	22	220	181·4	142·6	13289	25692
28	24	240	191·2	150·2	13469	30499
28	26	260	203·2	159·6	13724	36154
30	20	200	182·0	142·8	16608	23780
30	22	220	192·4	151·0	16789	28442
30	24	240	202·2	158·6	16969	33598
30	26	260	214·2	168·0	17224	39623
30	28	280	224·2	176·0	17533	45939

Die Trägheitsmomente J_x und J_y für vorstehende Säulen nach Fig. 44 werden dann nahezu gleich groß, wenn die Höhe der inneren Profile etwa halb so groß ist, als die Höhe der äußeren Profile. Diese Säulen nach Fig. 44 bedürfen keiner besonderen äußeren Versteifung, da sie durch die eingenieteten und miteinander verbundenen inneren [-Eisen hinreichende Steifigkeit erhalten.

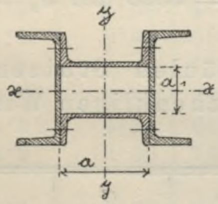


Fig. 45.

Rückt man die inneren [-Eisen etwas auseinander, wie in Fig. 45, und wählt die äußeren [-Eisen entsprechend hoch, dann erhält man ebenfalls Säulen von großer Stabilität, bei denen es so eingerichtet werden kann, daß die Trägheitsmomente für beide Achsen nahezu gleich werden, wie sich aus nachstehender Tabelle ergibt.

Äußere [-N. P.	Innere [-N. P.	Abstand a in Millimeter	Abstand a_1 in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G in Kilogramm pro Meter	J_x	J_y
14	8	80	30	62·8	49·0	1590	1686
16	8	80	50	70·0	54·6	2080	2020
18	10	100	60	83·0	64·6	3326	3322
20	12	120	80	98·4	76·8	5075	5156
22	12	120	60	108·8	85·0	6186	6078
24	14	140	90	125·4	97·8	8915	8913
26	16	160	120	144·6	112·8	12767	12812
28	18	180	140	162·6	126·8	17236	17677
30	18	180	120	173·6	135·2	19793	19796

Beispiel 39. Eine Säule nach Fig. 44 soll bei 6 *m* Höhe 32.000 *kg* tragen; welche Profile würde man wählen?

Der erforderliche Querschnitt beträgt

$$F = \frac{P}{s} = \frac{32000}{750} = 42{\cdot}2 \; qcm.$$

Das erforderliche kleinste Trägheitsmoment beträgt

$$J = 2{\cdot}5 \,.\, P \,.\, l^2 = 2{\cdot}5 \,.\, 32 \,.\, 6 \,.\, 6 = \mathbf{2880}.$$

Hierfür müßte man eine Säule wählen nach Fig. 44, bestehend aus 2 äußeren [-N. P. 18 und 2 inneren zusammengenieteten [-N. P. 12 mit $F = 90$ *qcm*, $J_x = 2783$ und $J_y = 4469$.

Bei Ausführung nach Fig. 45 würde eine Säule genügen aus 2 äußeren [-N. P. 18 und 2 inneren [-N. P. 10 mit 60 *mm* lichtem Abstand, $F = 83$ *qcm*, $J_x = 3326$ und $J_y = 3322$.

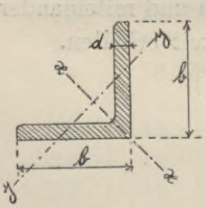


Fig. 46.

l) Säulen (Stützen) aus einem gleichschenkligen Winkeleisen (Fig. 46).

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G pro Meter in Kilogramm	J_x	J_y	W_x	W_y
$1^1/_2$	15	3	0·82	0·64	0·24	0·06	0·23	0·08
2	20	3	1·12	0·87	0·62	0·15	0·44	0·17
2	20	4	1·45	1·13	0·77	0·19	0·55	0·21

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G pro Meter in Kilogramm	J_x	J_y	W_x	W_y
$2^1/_2$	25	3	1·42	1·11	1·27	0·31	0·72	0·30
$2^1/_2$	25	4	1·85	1·44	1·61	0·40	0·91	0·37
3	30	4	2·27	1·77	2·85	0·76	1·35	0·61
3	30	6	3·27	2·55	3·91	1·06	1·84	0·78
$3^1/_2$	35	4	2·67	2·08	4·68	1·24	1·90	0·88
$3^1/_2$	35	6	3·87	3·02	6·5	1·77	2·63	1·15
4	40	4	3·08	2·40	7·09	1·86	2·50	1·17
4	40	6	4·48	3·49	9·98	2·67	3·52	1·57
$4^1/_2$	45	5	4·3	3·36	12·4	3·25	3·91	1·80
$4^1/_2$	45	7	5·9	4·57	16·4	4·39	5·16	2·28
$4^1/_2$	45	9	7·3	5·73	19·8	5·40	6·24	2·65
5	50	5	4·8	3·75	17·4	4·59	4·91	2·32
5	50	7	6·6	5·12	23·1	6·02	6·53	2·85
5	50	9	8·2	6·43	28·1	7·67	7·94	3·47
$5^1/_2$	55	6	6·3	4·92	27·4	7·24	7·04	3·27
$5^1/_2$	55	8	8·2	6·42	34·8	9·35	8·96	4·03
$5^1/_2$	55	10	10·1	7·85	41·4	11·27	10·64	4·65
6	60	6	6·9	5·39	36·1	9·43	8·51	3·95
6	60	8	9·0	7·04	46·1	12·1	10·9	4·86
6	60	10	11·1	8·63	55·1	14·6	13·0	5·58
$6^1/_2$	65	7	8·7	6·79	53·0	13·8	11·5	5·25
$6^1/_2$	65	9	10·9	8·56	65·4	17·2	14·2	6·31
$6^1/_2$	65	11	13·2	10·30	76·8	20·7	16·7	7·30
7	70	7	9·4	7·33	67·1	17·6	13·6	6·29
7	70	9	11·9	9·26	83·1	22·1	16·8	7·57
7	70	11	14·3	11·13	97·7	25·9	19·7	8·65
$7^1/_2$	75	8	11·5	8·94	93·3	24·5	17·6	8·11
$7^1/_2$	75	10	14·1	11·0	113	29·8	21·3	9·54
$7^1/_2$	75	12	16·7	13·0	130	34·7	24·6	10·7

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G pro Meter in Kilogramm	J_x	J_y	W_x	W_y
8	80	8	12·3	9·57	115	29·6	20·3	9·3
8	80	10	15·1	11·78	139	35·9	24·5	10·8
8	80	12	17·9	13·94	161	43·0	28·4	12·6
9	90	9	15·5	12·1	184	47·8	28·9	13·3
9	90	11	18·7	14·6	218	57·1	34·3	15·4
9	90	13	21·8	17·0	250	65·9	39·3	17·3
10	100	10	19·2	14·9	280	73·3	39·7	18·4
10	100	12	22·7	17·7	328	86·2	46·3	21·0
10	100	14	26·2	20·4	372	98·3	52·6	23·4
11	110	10	21·2	16·5	379	98·6	48·7	22·7
11	110	12	25·1	19·6	444	116	57·1	26·1
11	110	14	29·0	22·6	505	133	64·8	29·2
12	120	11	25·4	19·8	541	140	63·8	29·4
12	120	13	29·7	23·2	625	162	73·7	33·4
12	120	15	33·9	26·5	705	186	83·2	37·5
13	130	12	30·0	23·4	750	194	81·6	37·8
13	130	14	34·7	27·0	857	223	93·3	42·4
13	130	16	39·3	30·6	960	251	104	46·7
14	140	13	35·0	27·3	1014	262	102	47·3
14	140	15	40·0	31·2	1148	298	116	52·6
14	140	17	45·0	35·1	1276	334	129	58·0
15	150	14	40·3	31·4	1343	347	127	58·3
15	150	16	45·7	35·7	1507	391	142	64·4
15	150	18	51·0	39·9	1665	438	157	71·1
16	160	15	46·1	35·9	1745	453	154	71·3
16	160	17	51·8	40·4	1945	506	172	78·4
16	160	19	57·5	44·9	2137	558	189	84·8

Anmerkungen. Säulen aus einem einzelnen Winkeleisen kommen im Eisenhochbau direkt als Säulen höchst selten vor, häufiger jedoch als Stütze oder Druckstrebe innerhalb einer Eisenkonstruktion, wie beispielsweise in einem Dachbinder oder einem Fachwerkträger. Die Trägheitsmomente eines einzelnen Winkeleisens sind verhältnismäßig sehr gering und kann es sich daher bei derartigen Stützen nur um kurze freie Längen derartiger Druckstreben handeln.

Beispiel 40. Eine 1·5 *m* lange Druckstrebe eines Gitterträgers sei mit 10.000 *kg* Druck belastet; welches Winkeleisen würde hierfür zu wählen sein?

Der erforderliche reine Querschnitt für Druckfestigkeit beträgt

$$F = \frac{P}{s} = \frac{10\,000}{750} = \mathbf{13 \cdot 3}\ qcm.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment in bezug auf Knickungsfestigkeit beträgt

$$J = 2 \cdot 5\,.\,P\,.\,l^2 = 2 \cdot 5\,.\,10\,.\,1 \cdot 5\,.\,1 \cdot 5 = \mathbf{56 \cdot 25.}$$

Hierfür würde man ein Winkeleisen Profil 9, $90 \times 90 \times 11$ *mm* wählen mit einem Querschnitt von 18·7 *qcm* und J_y = **57·1.**

Der Querschnitt für die Nieten zur Endbefestigung kommt bei gedrückten Gliedern, also bei Streben mit Druckspannung nicht in Abrechnung, sondern nur bei Gliedern mit Zugspannung.

m) Säulen (Stützen) aus 2 gleichschenkligen Winkeleisen (Fig. 47).

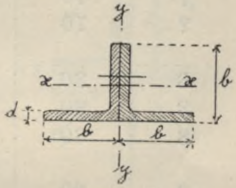


Fig. 47.

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G pro Meter in Kilogramm	J_{min} (x)	W_{min} (x)
$1^1/_2$	15	3	1·64	1·28	0·29	0·29
2	20	3	2·24	1·74	0·77	0·55
2	20	4	2·90	2·26	0·96	0·71
$2^1/_2$	25	3	2·84	2·22	1·58	0·89
$2^1/_2$	25	4	3·70	2·88	2·01	1·15
3	30	4	4·54	3·54	3·61	1·71
3	30	6	6·54	5·10	4·96	2·43
$3^1/_2$	35	4	5·34	4·16	5·92	2·37
$3^1/_2$	35	6	7·74	6·04	8·26	3·41

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	F in Quadrat-zentimeter	G pro Meter in Kilogramm	$J_{min\ (x)}$	$W_{min\ (x)}$
4	40	4	6·18	4·80	8·94	3·11
4	40	6	8·96	7·98	12·7	4·52
$4^1/_2$	45	5	8·6	6·72	15·7	4·87
$4^1/_2$	45	7	11·8	9·14	20·8	6·63
5	50	5	9·6	7·50	22·0	6·1
5	50	7	12·2	10·24	29·1	8·3
6	60	6	13·8	10·78	45·5	10·6
6	60	8	18·0	14·08	58·3	13·8
6	60	10	22·2	17·26	69·7	16·8
7	70	7	18·8	14·66	84·6	16·8
7	70	9	23·8	18·52	105	21·2
7	70	11	28·6	22·26	124	25·4
8	80	8	24·6	19·2	144	25·1
8	80	10	30·2	23·6	175	30·9
8	80	12	35·8	27·8	204	36·4
9	90	9	31·0	24·2	232	35·9
9	90	11	37·4	29·2	275	43·1
9	90	13	43·6	34·0	316	50·1
10	100	10	38·4	29·8	354	49·3
10	100	12	45·4	35·4	414	58·3
10	100	14	52·4	40·8	470	67·0
11	110	10	42·4	33·0	478	60·2
11	110	12	50·2	39·2	560	71·4
11	110	14	58·0	45·2	638	81·9
12	120	11	50·8	39·6	680	78·8
12	120	13	59·4	46·4	787	92·1
12	120	15	67·8	53·0	891	104·9
13	130	12	60·0	46·8	944	101·1
13	130	14	69·4	54·0	1080	116
13	130	16	78·6	61·2	1210	131

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	F in Quadrat-zentimeter	G pro Meter in Kilogramm	$J_{min\ (x)}$	$W_{min\ (x)}$
14	140	13	70·0	54·6	1275	127
14	140	15	80·0	62·4	1446	145
14	140	17	90·0	70·2	1610	162
15	150	14	80·6	62·8	1690	157
15	150	16	91·4	71·4	1898	178
15	150	18	102·0	79·8	2103	198
16	160	15	92·0	71·8	2198	191
16	160	17	103·6	80·8	2451	215
16	160	19	115·0	89·8	2695	238

Damit die Trägheitsmomente für Säulen aus 2 zusammengenieteten Winkeleisen einander ziemlich gleich werden, wodurch naturgemäß eine günstigere Ausnützung des Materials erzielt wird, ordnet man die beiden Winkeleisen nach Fig. 48 an und erhält dann folgende Tabelle:

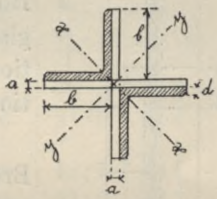


Fig. 48.

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	a in Millimeter	F in Quadrat-zentimeter	G pro Meter in Kilogramm	$J_x = J_y$
4	40	4	4	6·1	4·80	14·7
$4^1/_2$	45	5	4	8·5	6·72	25·6
5	50	5	5	9·5	7·50	35·6
$5^1/_2$	55	6	5	12·5	9·84	56·4
6	60	6	6	13·7	10·8	74·0
$6^1/_2$	65	7	6	17·2	13·6	108·8
7	70	7	7	19·4	14·6	137·0
$7^1/_2$	75	8	7	22·7	17·8	190·0
8	80	8	8	24·3	19·4	234
9	90	9	8	30·8	24·2	375
10	100	10	9	38·0	29·8	570
11	110	10	9	42·0	33·0	771

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	a in Millimeter	F in Quadrat-zentimeter	G pro Meter in Kilogramm	$J_x = J_x$
12	120	11	10	50·4	39·6	1098
13	130	12	10	59·5	46·8	1526
14	140	13	12	69·4	54·6	2050
15	150	14	12	80·6	62·8	2690
16	160	15	14	92·2	71·8	3500

Bei vorstehender Tabelle ist angenommen, daß die beiden Winkelschienen in gewissen Abständen durch Flacheisen von der Dicke a gegenseitig und kreuzweise verbunden werden, wie in Fig. 49 dargestellt ist. Die Entfernung e von Mitte zu Mitte Querschiene betrage höchstens das fünffache der Schenkelbreite b. Die Höhe der einzelnen Querschienen macht man nahezu gleich der Schenkelbreite b. Vorstehende Konstruktionen findet man vorwiegend bei Brückenkonstruktionen, Dachbindern, Gitterträgern u. dgl.

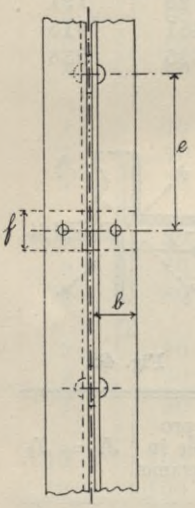


Fig. 49.

Beispiel 41. Die Druckdiagonale eines Brückenträgers sei nach Fig. 48 und 49 herzustellen und soll bei einer freien Länge von $3 \cdot 5\, m$ 12.000 kg maximale Druckspannung erleiden; welches Winkeleisenprofil ist zu wählen?

Es ist zunächst darauf Rücksicht zu nehmen, daß $F = \frac{P}{s}$ ist, also $F = \frac{12000}{800} = 15\ qcm.$

Alsdann muß sein

$$J = 2 \cdot 5 \,.\, P \,.\, l^2 = 2 \cdot 5 \,.\, 12 \,.\, 3 \cdot 5 \,.\, 3 \cdot 5 = 367 \cdot 5.$$

Hierzu genügt eine Stütze aus 2 L-Eisen $90 \times 90 \times 9\ mm$ mit $F = 30 \cdot 8$ und $J_x = J_y = 375$.

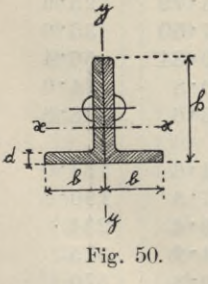


Fig. 50.

n) Säulen (Stützen) aus 2 ungleichschenkligen Winkeleisen (Fig. 50).

Vormerkung. Säulen aus einem einzelnen ungleichschenkligen Winkeleisen sind nicht tabellarisch aufgestellt worden, weil dieselben infolge ihres geringen zu berücksichtigenden Trägheitsmomentes nach der einen Seite keinen Vorteil bieten, sondern lediglich ein bequemeres Annieten des breiteren Schenkels gestatten. Nachstehende Tabelle bezieht sich auf 2 dicht zusammengenietete ungleichschenklige Winkeleisen nach Fig. 50 und sind hierbei nur die kleinsten Momente berücksichtigt.

Profil	h in Millimeter	b in Millimeter	d in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G pro Meter in Kilogramm	W_y	J_y
2 × 3	30	20	3	2·84	2·22	0·79	1·59
2 × 3	30	20	4	3·71	2·88	1·09	2·18
3 × 4$^1/_2$	45	30	4	5·74	4·48	2·42	7·25
3 × 4$^1/_2$	45	30	5	7·06	5·50	3·07	9·21
4 × 6	60	40	5	9·58	7·48	5·28	21·4
4 × 6	60	40	7	13·1	10·2	7·64	30·9
5 × 7$^1/_2$	75	50	7	16·7	13·0	11·7	58·4
5 × 7$^1/_2$	75	50	9	21·0	16·4	15·4	76·8
6$^1/_2$ × 10	100	65	9	28·3	22·1	25·4	165
6$^1/_2$ × 10	100	65	11	34·1	26·6	31·6	206
8 × 12	120	80	10	38·3	29·8	42·7	341
8 × 12	120	80	12	45·4	35·4	51·9	415
2 × 4	40	20	3	3·44	2·68	0·8	1·61
2 × 4	40	20	4	4·50	3·52	1·12	2·23
3 × 6	60	30	5	8·6	6·70	3·06	9·2
3 × 6	60	30	7	11·7	9·12	4·52	13·6
4 × 8	80	40	6	13·8	10·7	6·5	26·0
4 × 8	80	40	8	18·0	14·1	8·99	36·0
5 × 10	100	50	8	22·9	17·9	13·6	68·0
5 × 10	100	50	10	28·2	22·0	17·5	87·7
6$^1/_2$ × 13	130	65	10	37·3	29·1	28·7	187
6$^1/_2$ × 13	130	65	12	44·2	34·5	35·2	229
8 × 16	160	80	12	55·1	43·0	52·1	417
8 × 16	160	80	14	63·6	49·6	62·4	495
10 × 20	200	100	14	80·6	62·8	94·7	948
10 × 20	200	100	16	91·4	71·3	110	1096

Anmerkungen. Die Säulen aus 2 ungleichschenkligen Winkeleisen werden in ähnlicher Weise, wie Fig. 48 und 49 zeigen, ausgeführt und können auch statt der einzelnen Querstäbe durchgehende Flachschienen zur Versteifung angebracht werden, wie Fig. 51 und 52 zeigt. Die Größe des Abstandes a hat wenig Einfluß

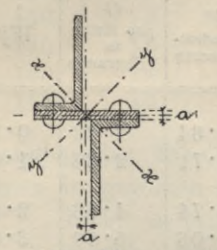


Fig. 51.

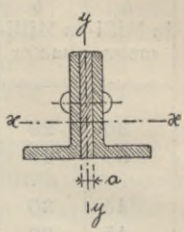


Fig. 52.

auf die Tragfähigkeit, es sei denn, daß dieser Abstand erheblich größer wird, als die Schenkeldicke d in obiger Tabelle.

Beispiel 42. Eine aus 2 ungleichschenkligen Winkeleisen hergestellte Säule einer Verandenkonstruktion soll bei 3·5 *m* freier Länge 6000 *kg* tragen; welches Profil würde hierfür notwendig sein, wenn die Ausführung der Säule nach Fig. 50 erfolgen soll? Der erforderliche Querschnitt beträgt:

$$F = \frac{P}{s} = \frac{6000}{750} = 8 \ qcm.$$

Das erforderliche Trägheitsmoment beträgt:

$$J = 2{\cdot}5 \ P \, . \, l^2 = 2{\cdot}5 \, . \, 6 \, . \, 3{\cdot}5 \, . \, 3{\cdot}5 = 183{\cdot}75.$$

Hierfür würde man 2 L-Eisen 65 × 100 × 11 *mm* wählen mit $F_2 = 34{\cdot}1$ *qcm* und $J_{min} = 206$.

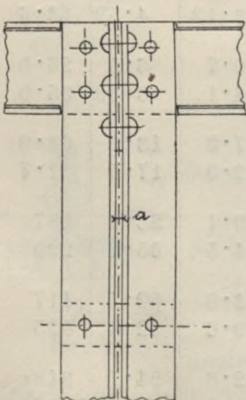


Fig. 53.

o) Säulen aus 4 gleichschenkligen Winkeleisen.

Diese Konstruktion findet im Eisenhochbau große Anwendung, weil dieselbe bei verhältnismäßig geringem Gewicht große Stabilität aufweise und auch in einfacher Weise auszuführen ist und ferner bequeme Anschlüsse der Deckenträger gestattet, indem die Stege der letzteren zwischen die Schenkel der Winkeleisen genietet werden können, wobei natürlich die Trägerflanschen teilweise ausgeklinkt werden müssen, wie in Fig. 53 dargestellt ist.

Je nach der Entfernung a zwischen beiden Winkeleisen ergeben sich verschiedene Trägheitsmomente, jedoch kann man diesen Abstand a, sobald derselbe nur so groß ist, als für die Knotenbleche notwendig ist, vernachlässigen.

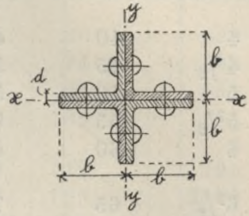


Fig. 54.

Für 4 dicht zusammengenietete Winkeleisen ergibt sich folgende Tabelle, aus welcher hervorgeht, daß die Trägheitsmomente für beide Achsen einander gleich sind. (Fig. 54.)

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	F_4 in Quadratzentimeter	G_4 pro Meter in Kilogramm	$W_y = W_x$	$J_x = J_y$
4	40	4	12·2	9·6	8·3	33·3
$4^1/_2$	45	5	17·0	13·4	13·2	59·5
5	50	5	19·1	15·0	16·3	87·7
$5^1/_2$	55	6	25·0	19·7	23·8	131
6	60	6	27·4	21·5	28·3	170
$6^1/_2$	65	7	34·4	27·1	38·4	252
7	70	7	37·2	29·3	45·0	315
$7^1/_2$	75	8	45·4	35·7	59·2	444
8	80	8	48·6	38·2	67·3	540
9	90	9	61·6	48·4	95·9	863
10	100	10	76·0	59·6	132	1317
11	110	10	84·0	66·0	159	1753
12	120	11	101	79·2	209	2505
13	130	12	119	93·6	267	3476
14	140	13	139	109·2	336	4702
15	150	14	160	125·6	416	6235
16	160	15	183	143·6	507	8110

Nachstehende Tabelle gibt die Zahlenwerte aus vorstehender Tabelle für den Zwischenabstand $a = 20\ mm$ an und zwar sind die Zwischenräume leer gedacht, also keine durchgehende Zwischenschienen angenommen.

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	F_4 in Quadrat-zentimeter	G_4 pro Meter in Kilogramm	$W_x = W_y$	$J_x = J_y$
4	40	4	12·2	9·6	14·1	70·5
$4^1/_2$	45	5	17·0	13·4	22·0	121
5	50	5	19·1	15·0	26·1	157
$5^1/_2$	55	6	25·0	19·7	36·6	238
6	60	6	27·4	21·5	42·0	294
$6^1/_2$	65	7	34·4	27·1	56·1	421
7	70	7	37·2	29·3	63·2	507
$7^1/_2$	75	8	45·4	35·7	82·1	698
8	80	8	48·6	38·2	91·0	819
9	90	9	61·6	48·4	126	1258
10	100	10	76·0	59·6	168	1853
11	110	10	84·0	66·0	199	2392
12	120	11	101	79·2	257	3340
13	130	12	119	93·6	324	4540
14	140	13	139	109·2	402	6037
15	150	14	160	125·6	492	7875
16	160	15	183	143·6	595	10105

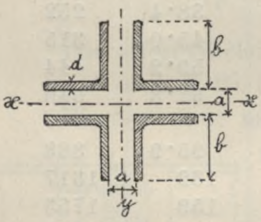


Fig. 55.

Vergrößert man den Zwischenabstand a in Fig. 55 auf 30 *mm*, dann erhält man folgende Tabelle:

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	F_4 in Quadrat-zentimeter	G_4 pro Meter in Kilogramm	$W_x = W_y$	$J_x = J_y$
4	40	4	12·2	9·6	16·8	92·6
$4^1/_2$	45	5	17·0	13·4	27·5	165
5	50	5	19·1	15·0	31·8	207
$5^1/_2$	55	6	25·0	19·7	44·1	309
6	60	6	27·4	21·5	50·1	376

Profil	b in Millimeter	d in Millimeter	F_4 in Quadrat-zentimeter	G_4 pro Meter in Kilogramm	$W_x = W_y$	$J_x = J_y$
$6^1/_2$	65	7	34·4	27·1	66·0	528
7	70	7	37·2	29·3	74·1	630
$7^1/_2$	75	8	45·4	35·7	94·5	851
8	80	8	48·6	38·2	105	994
9	90	9	61·6	48·4	142	1495
10	100	10	76·0	59·6	189	2168
11	110	10	84·0	66·0	221	2760
12	120	11	101	79·2	282	3807
13	130	12	119	93·6	353	5124
14	140	13	139	109·2	436	6760
15	150	14	160	125·6	531	8756
16	160	15	183	143·6	638	11165

Die beiden letzten Tabellen zeigen im Vergleich zur vorhergehenden Tabelle, daß die Widerstandsmomente durch die Vergrößerung des Abstandes a ebenfalls nur wenig zunehmen; würden die Zwischenräume a durch entsprechend starke Flacheisenschienen ausgefüllt werden, dann würden die hierfür in Frage kommenden Querschnitte, Metergewichte, Widerstandsmomente und Trägheitsmomente zu vorstehenden Tabellenwerten noch hinzuzurechnen sein.

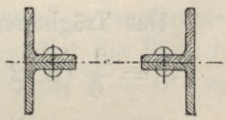


Fig. 56.

Es sei ferner bemerkt, daß das Trägheitsmoment einer Säule aus 4 gleichschenkligen Winkeleisen nach Fig. 54 in bezug auf die Schwerachse $x - x$ ebenso groß ist, als bei der Anordnung nach Fig. 56.

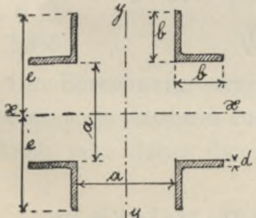


Fig. 57.

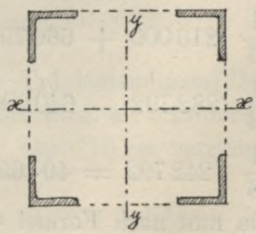


Fig. 58.

Weitere Arten dieser Säulenformen aus 4 gleichschenkligen Winkeleisen zeigen Fig. 57 und Fig. 58, und zwar findet man diese

Anordnungen vorwiegend bei Gittersäulen. Die vier Winkeleisen werden hierbei entweder durch Querstäbe mit Diagonalen oder durch aufgenietete Deckbleche mit einander verbunden (Fig. 59).

Für die Bezeichnungen in Fig. 57 beträgt das Trägheitsmoment

$$J = \frac{1}{6}\left(d\,(2\,b + a)^3 + (b - d)\,.\,(2\,d + a)^3 - ba^3\right) \text{ (Formel 21).}$$

Das Widerstandsmoment $W = \frac{J}{e}$ (Formel 22).

Beispiel 43. Eine Gittersäule nach Fig. 57 aus 4 Winkeleisen $100 \times 100 \times 10$ *mm* mit den Abständen $a = 40$ *cm* sei 4 *m* hoch; wieviel trägt diese Säule bei fünffacher Sicherheit?

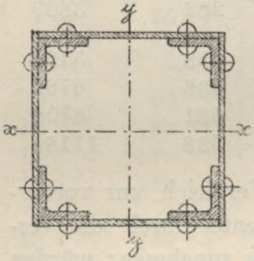


Fig. 59.

Der Querschnitt dieser Säule beträgt nach vorhergehender Tabelle 76 *qcm*, so daß die zulässige Belastung in bezug auf reine Druckfestigkeit 76 . 750 = 57.000 *kg* betragen würde.

Das Trägheitsmoment dieser Säule beträgt nach Formel 21:

$$J = \frac{1}{6}\left(d\,(2\,b + a)^3 + (b - d)\,.\,(2\,d + a)^3 - b\,a^3\right).$$

Setzt man die gegebenen Dimensionen in obige Formel ein, und zwar in Zentimetern, dann erhält man:

$$J = \frac{1}{6}\left(1\,(2\,.\,10 + 40)^3 + (10 - 1)\,.\,(2\,.\,1 + 40)^3 - 10\,.\,40^3\right)$$

$$= \frac{1}{6}\,(60^3 + 9\,.\,42^3 - 10\,.\,40^3)$$

$$= \frac{1}{6}\,(216\,000 + 666\,792 - 640\,000)$$

$$= \frac{1}{6}\,(882\,792 - 640\,000)$$

$$= \frac{1}{6}\,.\,242\,792 = \mathbf{40\,465}.$$

Da nun nach Formel 4 $J = 2{\cdot}5\;P\,.\,l^3$, so ist

$$P = \frac{J}{2{\cdot}5\,.\,l^2} = \frac{40\,465}{2{\cdot}5\,.\,4\,.\,4} = \frac{40\,465}{40} = \mathbf{1011} \text{ Tonnen}$$

à 1000 *kg* = 1,011.000 *kg*. Diese Säule würde demnach gegen Zerknickung eine sehr hohe Sicherheit bieten; würde man die Säule rund herum mit angenieteten Blechplatten von 1 *cm* Stärke versehen, dann käme ein Querschnitt von $4(10+40+10).1 = 240$ *qcm* hinzu und der Gesamtquerschnitt betrüge $76 + 240 = 316$ *qcm*, wofür eine Belastung von $316.750 = 237.000$ *kg* zulässig sein würde.

Beispiel 44. Eine 6·0 *m* hohe Gittersäule nach Fig. 55 mit 20 *mm* Zwischenabstand *a* soll 7500 *kg* tragen; welches Winkeleisenprofil würde zu wählen sein?

Es ist $F = \frac{P}{s} = \frac{7500}{750} = \mathbf{10}$ *qcm*.

$J = 2{\cdot}5 \,.\, P \,.\, l^2 = 2{\cdot}5 \,.\, 7{\cdot}5 \,.\, 36 = \mathbf{675}.$

Hierzu müßte eine Säule aus 4 L-Eisen 75 × 75 × 8 *mm* gewählt werden mit einem Querschnitt von 45·4 *qcm* und $J = 698$. Das Verhältnis ist hier ein sehr ungünstiges, weil der Querschnitt $4^1/_2$ mal so groß wird, als notwendig sein würde. Aus diesem Grunde wählt man behufs Materialersparnis einen größeren Zwischenabstand.

Nimmt man probeweise für vorstehendes Beispiel 4 L-Eisen 50 × 50 × 6 *mm* an, so hat man zunächst 19·1 *qcm* für reine Druckfestigkeit zur Verfügung; wählt man hierauf versuchsweise den Zwischenabstand $a = 20$ *cm* und berücksichtigt die Bezeichnungen aus Fig. 57, so ist $a = 20$ *cm*, $b = 5$ *cm*, $d = 0{\cdot}6$ *cm* und man erhält nach Formel 21:

$$J = \frac{1}{6}\left(d\,(2\,b + a)^3 + (b - d)\,.\,(2\,d + a)^3 - b\,a^3\right)$$

$$= \frac{1}{6}\left(0{\cdot}6\,(2{\cdot}5 + 20)^3 + (5 - 0{\cdot}6)\,.\,(2\,.\,0{\cdot}6 + 20)^3 - 5{\cdot}20^3\right)$$

$$= \frac{1}{6}\,(0{\cdot}6\,.\,27\,000 + 4{\cdot}4\,.\,9528 - 40\,000)$$

$$= \mathbf{1355}.$$

Die Berechnung ergibt, daß das Trägheitsmoment bei dem angenommenen Abstand von 20 *cm* größer wird, als erforderlich war, und kann man daher den Abstand auf etwa 15 *cm* verringern.

p) Säulen (Stützen) aus einem ⊥-Eisen.

Säulen aus einem einzelnen ⊥-Eisen können im Hochbau nur beschränkte Anwendung finden, häufiger findet man sie dagegen als Druckstreben bei Gitterwerken oder Dachbindern.

1. Hochstegige ⊥-Eisen (Fig. 60).

$b = h.$

Profil	$b=h$ in Millimeter	d in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G pro Meter in Kilogramm	W_x	W_y	J_x	J_y
2	20	3	1·12	0·9	0·27	0·20	0·38	0·20
$2^1/_2$	25	3·5	1·64	1·3	0·49	0·34	0·87	0·43
3	30	4	2·26	1·8	0·80	0·58	1·72	0·87
$3^1/_2$	35	4·5	2·97	2·3	1·23	0·90	3·10	1·57
4	40	5	3·77	2·9	1·84	1·29	5·28	2·58
$4^1/_2$	45	5·5	4·67	3·6	2·51	1·78	8·13	4·01
5	50	6	5·66	4·4	3·36	2·42	12·1	6·06
6	60	7	7·94	6·2	5·48	4·05	23·8	12·2
7	70	8	10·6	8·3	8·79	6·32	44·5	22·1
8	80	9	13·6	10·6	12·8	9·25	73·7	37·0
9	90	10	17·1	13·3	18·2	13·0	119	58·5
10	100	11	20·9	16·3	24·6	17·7	179	88·3
12	120	13	29·6	23·1	42·0	29·7	366	178
14	140	15	39·9	31·1	64·7	47·2	660	330

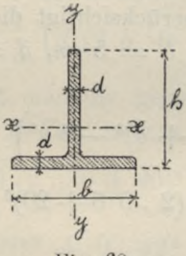


Fig. 60.

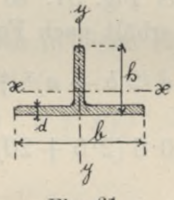


Fig. 61.

2. Breitfüßige ⊥-Eisen (Fig. 61).

$b = 2\,h.$

Profil	b in Millimeter	h in Millimeter	d in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G pro Meter in Kilogramm	W_x	W_y	J_x	J_y
6×3	60	30	5·5	4·64	3·6	1·11	2·87	2·58	8·6
$7 \times 3^1/_2$	70	35	6	5·94	4·6	1·65	4·32	4·49	15·1
8×4	80	40	7	7·91	6·2	2·50	7·13	7·81	28·5
$9 \times 4^1/_2$	90	45	8	10·2	7·9	3·64	10·2	12·7	46·1
10×5	100	50	8·5	12·0	9·4	4·78	13·5	18·7	67·7

Profil	b in Millimeter	h in Millimeter	d in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G pro Meter in Kilogramm	W_x	W_y	J_x	J_y
12 × 6	120	60	10	17·0	13·2	8·1	22·8	38·0	137
14 × 7	140	70	11·5	22·8	17·8	12·6	36·9	68·9	258
16 × 8	160	80	13	29·5	23·0	18·6	52·8	117	422
18 × 9	180	90	14·5	37·0	28·8	26·1	74·4	185	670
20 × 10	200	100	16	45·4	35·4	35·3	100	277	1000

Beispiel 45. Eine Stütze aus einem hochstegigen ⊥-Eisen soll bei 1 m Länge 2800 kg Druck aufnehmen; welches Profil ist erforderlich?

$$F = \frac{P}{s} = \frac{2800}{750} = 3{\cdot}8 \; qcm.$$

$$J = 2{\cdot}5 \,.\, P \,.\, l^2 = 2{\cdot}5 \,.\, 2{\cdot}8 \,.\, 1{\cdot}1 = 7.$$

Hierfür würde man ein hochstegiges ⊥-Eisen Profil 6 mit $F = 7{\cdot}94 \; qcm$ und $J_{min} = 12{\cdot}2$ wählen; es genügte jedoch auch nach vorstehender Tabelle ein breitflanschiges ⊥-Eisen Profil 8 × 4 mit $F = 7{\cdot}91 \; qcm$ und $J_{min} = 7{\cdot}81$; das Gewicht pro Meter Stütze ist für beide Profile dasselbe.

q) Säulen aus 2 zusammengenieteten ⊥-Eisen.

Säulen aus 2 ⊥-Eisen können entweder so hergestellt werden, daß letztere dicht zusammengenietet werden oder mit einem gewissen Abstand voneinander, welcher zur Aufnahme der Knotenbleche oder Querschienen dient; der Zwischenabstand beträgt gewöhnlich 5 bis 12 mm und kann bei der Berechnung des Trägheitsmomentes im allgemeinen vernachlässigt werden.

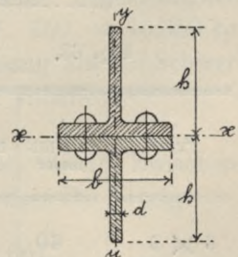


Fig. 62.

1. Hochstegige ⊥-Eisen (Fig. 62).

$$h = b.$$

Profil	$h = b$ in Millimeter	d in Millimeter	F_2 in Quadratzentimeter	G_2 pro Meter in Kilogramm	$W_{min(y)}$	$J_{min(y)}$
2	20	3	2·24	1·8	0·39	0·39
$2^1/_2$	25	3·5	2·28	2·6	0·68	0·85
3	30	4	4·52	3·6	1·16	1·73
$3^1/_2$	35	4·5	5·94	4·6	1·80	3·14
4	40	5	7·54	5·8	2·58	5·16

Profil	$h = b$ in Millimeter	d in Millimeter	F_2 in Quadratzentimeter	G_2 pro Meter in Kilogramm	$W_{min\,(y)}$	$J_{min\,(y)}$
$4^1/_2$	45	5·5	9·34	7·2	3·57	8·03
5	50	6	11·3	8·8	4·85	12·1
6	60	7	15·9	12·4	8·11	24·3
7	70	8	21·2	16·6	12·6	44·3
8	80	9	27·2	21·2	18·5	74·0
9	90	10	34·2	26·6	26·0	117
10	100	11	41·8	32·6	35·3	177
12	120	13	59·2	46·2	59·4	356
14	140	15	79·8	62·2	94·3	660

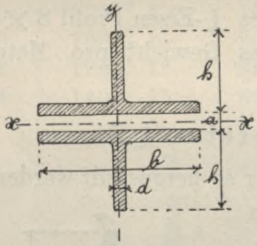


Fig. 63.

2. Breitfüßige ⊥-Eisen (Fig. 63).

$$b = 2\,h.$$

Profil	b in Millimeter	h in Millimeter	d in Millimeter	F_2 in Quadratzentimeter	G_2 pro Meter in Kilogramm	$W_{min(x)}$	$J_{min(x)}$
6 × 3	60	30	5·5	9·28	7·24	3·13	9·4
7 × $3^1/_2$	70	35	6	11·9	9·26	4·57	16·0
8 × 4	80	40	7	15·8	12·3	6·99	27·9
9 × $4^1/_2$	90	45	8	20·4	15·9	10·2	45·9
10 × 5	100	50	8·5	24·0	18·7	13·2	66·1
12 × 6	120	60	10	34·0	26·4	22·2	133
14 × 7	140	70	11·5	45·6	35·6	34·6	242
16 × 8	160	80	13	59·0	46·0	51·0	408
18 × 9	180	90	14·5	74·0	57·6	71·8	646
20 × 10	200	100	16	90·8	70·8	97·2	972

Beispiel 46. Eine Säule aus zwei zusammengenieteten ⊥-Eisen soll bei 3 m Höhe 3000 kg tragen: welches Profil würde zu wählen sein?

Es ist $F = \frac{P}{s} = \frac{3000}{750} = 4$ qcm.

Ferner ist nach Formel 4

$$J = 2 \cdot 5 \,.\, P \,.\, l^2 = 2 \cdot 5 \,.\, 3 \,.\, 3 \,.\, 3 = \mathbf{67 \cdot 5}.$$

Diesen Bedingungen entspräche eine Säule aus 2 hochstegigen ⊥-Eisen, Profil 8, mit $F_2 = 27 \cdot 2$ und $J_{min} = 74$ oder aus 2 breitfüßigen ⊥-Eisen, Profil 10 × 5 mit $F_2 = 24$ und $J_{min} = 66 \cdot 1$.

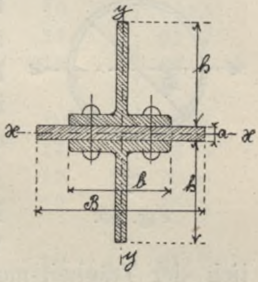


Fig. 64.

Beispiel 47. Welche Tragfähigkeit besitzt eine 4 m hohe Säule nach Fig. 64 aus 2 hochstegigen ⊥-Eisen, Profil

100 × 100 × 11 mm

mit eingenieteter Zwischenschiene aus Flacheisen 200 × 10 mm?

Der Querschnitt der beiden ⊥-Eisen ...... $F_2 = 41 \cdot 8$ qcm
hierzu für das Flacheisen 200 × 10 mm .... $F = 20$ „
demnach Gesamtquerschnitt $= \mathbf{61 \cdot 8}$ qcm

Die zulässige Belastung in bezug auf reine Druckfestigkeit würde demnach betragen $P = F \,.\, s = 61 \cdot 8 \,.\, 750 = 46.350$ kg.

Das kleinste Trägheitsmoment J_{min} in bezug auf die Schwerachse $y - y$ beträgt für die ⊥-Eisen nach der Tabelle:

$$J_{min\,(y)} = 177.$$

Hierzu kommt nun das Trägheitsmoment für die Zwischenschiene in bezug auf die Schwerachse $y - y$; dasselbe beträgt

$$J_1 = \frac{a \,.\, B^3}{12} = \frac{1 \,.\, 20^3}{12} = 667.$$

Das gesamte Trägheitsmoment beträgt demnach in bezug auf die Achse $y - y$

$$177 + 667 = \mathbf{844}.$$

Nun ist $J = 2 \cdot 5 \,.\, P \,.\, l^2$, demnach ist

$$P = \frac{J}{2 \cdot 5 \,.\, l^2} = \frac{844}{2 \cdot 5 \,.\, 4 \,.\, 4} = 21 \cdot 1 \text{ Tonne} = 21.100 \; kg.$$

Diese Säule würde demnach auf Knickung in bezug auf die Achse $y - y$ eine Belastung von 21.100 kg tragen.

r) Säulen aus geschweißten Rohren (Fig. 65).

Für Säulen aus geschweißten Rohren beträgt das Trägheitsmoment $J = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$ und sind in der Tabelle auf Seite 6 die Querschnitte und Trägheitsmomente für geschweißte Rohre von 1 bis 40 *cm* Durchmesser angegeben. Neuerdings werden geschweißte Rohre auch in konischer Form hergestellt, wobei natürlich darauf zu achten ist, daß für die reine Druckfestigkeit der kleinste Querschnitt und für die Knickungsfestigkeit das Trägheitsmoment in der Mitte der Säule in Frage kommt.

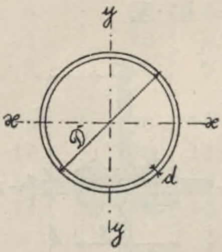


Fig. 65.

Nachstehende Tabelle gibt die Gewichte pro laufenden Meter der gangbarsten Arten von geschweißten Rohren und sei hinsichtlich der Trägheitsmomente auf die Tabelle Seite 6 hingewiesen.

Äußerer Durchmesser in Millimeter	Wandstärke in Millimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm	Äußerer Durchmesser in Millimeter	Wandstärke in Millimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm
40	3	2·7	100	5	11·6
40	4	3·5	100	6	13·8
			100	7	16·0
50	3	3·4	100	8	18·0
50	4	4·5			
			110	5	12·9
60	3	4·2	110	6	15·3
60	4	5·5	110	7	17·7
60	5	6·7	110	8	20·0
70	3	4·9	120	6	16·8
70	4	6·5	120	7	19·4
70	5	8·0	120	8	21·9
			120	9	24·5
80	4	7·5			
80	5	9·2	130	6	18·3
80	6	10·8	130	7	21·1
			130	8	23·9
90	4	8·4	130	9	26·7
90	5	10·5			
90	6	12·3	140	7	22·8

Äußerer Durchmesser in Millimeter	Wandstärke in Millimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm	Äußerer Durchmesser in Millimeter	Wandstärke in Millimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm
140	8	25·9	230	10	53·9
140	9	28·9	230	11	59·0
140	10	31·8	230	12	64·1
150	7	24·5	240	10	56·4
150	8	27·8	240	11	61·7
150	9	31·1	240	12	67·1
150	10	34·3			
			250	10	58·8
160	8	29·8	250	11	64·4
160	9	33·3	250	12	70·0
160	10	36·7	250	13	75·5
160	11	40·2			
			260	10	61·2
170	8	31·7	260	11	67·1
170	9	35·5	260	12	72·9
170	10	39·2	260	13	78·7
170	11	42·8	260	14	84·4
180	9	37·7	270	10	63·7
180	10	41·7	270	11	69·8
180	11	45·6	270	12	75·9
180	12	49·4	270	13	81·9
			270	14	87·8
190	9	39·9			
190	10	44·1	280	10	66·1
190	11	48·3	280	11	72·5
190	12	52·3	280	12	78·8
			280	13	85·0
200	10	46·6	280	14	91·3
200	11	50·9			
200	12	55·3	290	10	68·6
			290	11	75·2
210	10	49·0	290	12	81·7
210	11	53·7	290	13	88·2
210	12	58·2	290	14	94·7
220	10	51·5	300	11	77·9
220	11	56·3	300	12	84·7
220	12	61·2			

Äußerer Durchmesser in Millimeter	Wandstärke in Millimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm	Äußerer Durchmesser in Millimeter	Wandstärke in Millimeter	Gewicht pro Meter in Kilogramm
300	13	91·4	320	15	112·1
300	14	98·1	320	16	119·2
300	15	104·8			
			360	12	102·3
320	12	90·5	360	13	110·5
320	13	97·8	360	14	118·7
320	14	105·0	360	15	126·8
			360	16	134·9

Beispiel 48. Eine Säule aus geschweißtem Rohr von 5 *m* freier Länge soll bei fünffacher Sicherheit 60.000 *kg* tragen; welches Rohr würde erforderlich sein?

$$F = \frac{P}{s} = \frac{60\,000}{750} = 80\ qcm.$$

$$J = 2{\cdot}5\ .\ P\ .\ l^2 = 2{\cdot}5\ .\ 60\ .\ 5\ .\ 5 = 3750.$$

Hierfür würde man ein schmiedeeisernes Rohr von 200 *mm* äußerem Durchmesser und 15 *mm* Wandstärke verwenden, mit einem Querschnitt (nach Tabelle auf Seite 9) von 87 *qcm* und einem Trägheitsmoment $J = 3754$.

Beispiel 49. Eine Rohrsäule von 3 *m* Höhe soll eine Last von 75.000 *kg* tragen; welche Rohrdimensionen würde man wählen?

Es ist wiederum $F = \frac{P}{s} = \frac{75\,000}{750} = 100\ qcm.$

$$J = 2{\cdot}5\ .\ P\ .\ l^2 = 2{\cdot}5\ .\ 75\ .\ 3\ .\ 3 = 1687{\cdot}5.$$

Diesen Werten entspräche eine Säule aus geschweißtem Rohr von 200 *mm* äußerem Durchmesser und 18 *mm* Wandstärke mit $F = 102{\cdot}9\ qcm$ und $J = 4303$.

Das vorhandene Trägheitsmoment ist hierbei über doppelt so groß, als notwendig ist, weil die Säule sehr kurz ist und demzufolge die Knickungsfestigkeit weniger in Frage kommt.

s) Säulen aus 4 Quadranteisen (Fig. 66).

Profil	D in Millimeter	b in Millimeter	d in Millimeter	t in Millimeter	F in Quadratzentimeter	G pro Meter in Kilogramm	$J_x = J_y$	$W_x = W_y$
5	100	35	4	6	29·8	23·3	576	66
5	100	35	8	8	48·0	37·4	906	102
$7\frac{1}{2}$	150	40	6	8	54·9	42·8	2068	175
$7\frac{1}{2}$	150	40	10	10	80·2	62·5	2982	248
10	200	45	8	10	88·1	68·7	5511	370
10	200	45	12	12	120	94·0	7478	495
$12\frac{1}{2}$	250	50	10	12	129	101	12161	676
$12\frac{1}{2}$	250	50	14	14	169	132	15788	867
15	300	55	12	14	179	140	23637	1120
15	300	55	18	17	249	194	32738	1530

Anmerkungen. Diese Säulen aus 4 zusammengenieteten Quadranteisen können für sehr große Lasten bis etwa 250.000 *kg* angewendet werden, da sie bei großer Leichtigkeit eine große Trag-

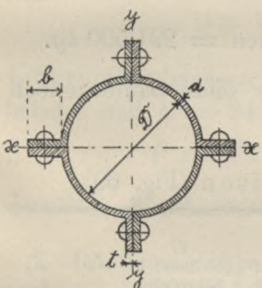


Fig. 66.

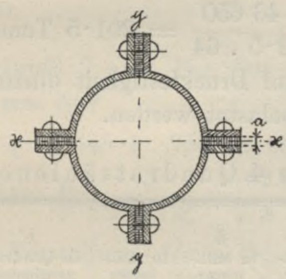


Fig. 67.

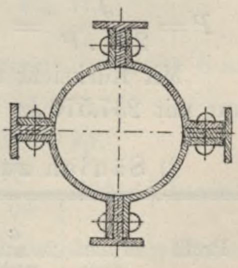


Fig. 68.

fähigkeit besitzen. Letztere kann noch dadurch erhöht werden, daß Zwischenschienen von der Stärke *a* (Fig. 67) oder ⊥-Eisen (Fig. 68) eingenietet werden.

Nachstehende Tabelle enthält die Querschnitte, Gewichte pro Meter und Trägheitsmomente für Säulen aus 4 Quadranteisen mit eingenieteten Zwischenschienen.

Profil		Flacheisen in Millimeter	F in Quadrat-zentimeter	G pro Meter in Kilogramm	$J_x = J_y$
	d				
5	4	60 × 7	46·6	34·4	1138
5	8	60 × 8	67·2	52·3	1548
$7^1/_2$	6	70 × 8	82·5	60·1	3470
$7^1/_2$	10	70 × 10	108·2	84·1	4735
10	8	80 × 10	120·1	93·2	8730
10	12	80 × 12	158	123·4	11343
$12^1/_2$	10	90 × 12	172	133·8	18650
$12^1/_2$	14	90 × 14	219	170·2	23250
15	12	100 × 14	235	182·0	35070
15	18	100 × 17	317	246·0	46650

Beispiel 50. Welche Tragfähigkeit besitzt eine Säule aus 4 Quadranteisen Profil 15 mit 18 *mm* Wandstärke und Zwischenschienen aus Flacheisen 100 × 17 *mm* bei 8 *m* Höhe?

In bezug auf reine Druckfestigkeit beträgt die Tragkraft dieser Säule $P = F \,.\, s = 317 \,.\, 750 = 237.750\ kg.$

Da nun $J = 2·5 \,.\, P \,.\, l^2$, so ist

$$P = \frac{J}{2·5 \,.\, l^2} = \frac{46\,650}{2·5 \,.\, 64} = 291·5 \text{ Tonnen} = 291.500\ kg.$$

Mit Rücksicht auf Druckfestigkeit dürfte diese Säule jedoch nur mit 237.570 *kg* belastet werden.

t) Säulen aus 4 Quadratsäuleneisen (Fig. 69).

Profil	s in Millimeter	a in Millimeter	b in Millimeter	c in Millimeter	F in Quadrat-zentimeter	G pro Meter in Kilogramm	$J_x = J_y$
6	163·5	13	70	13	149·3	116·5	10250
6	163·5	15	70	14	169·6	132·3	12160
6	163·5	17	70	16	191·7	149·5	14340
7	280	18	83·5	23	354·6	276·6	26890
7	280	20	83·5	24	382·0	298·0	30140
7	280	22	83·5	26	417·4	325·6	35210
7	280	24	83·5	27	445·1	347·5	42315

Diese Säulen können durch Einnieten von Zwischenschienen (Fig. 70) in analoger Weise verstärkt werden, wie die Säulen aus 4 Quadranteisen.

B e i s p i e l 51. Welche Tragfähigkeit besitzt eine Säule aus

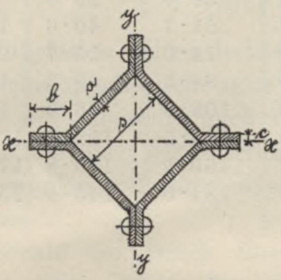


Fig. 69.

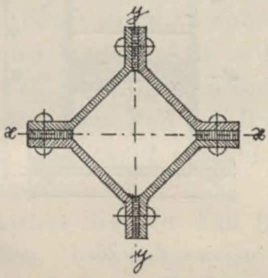


Fig. 70.

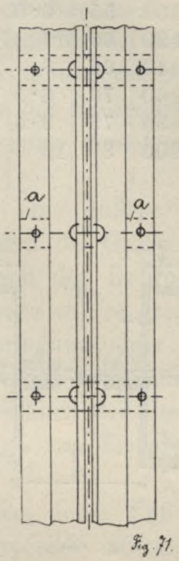


Fig. 71.

4 Quadratsäuleneisen Profil 7 nach Fig. 69, wenn die Höhe 8 *m* beträgt und $a = 24$ *mm* ist?

$$P = F \,.\, s = 445\cdot 1 \,.\, 750 = 633.750\ kg.$$

$$J = 2\cdot 5 \,.\, P \,.\, l^2, \text{ demnach } P = \frac{J}{2\cdot 5 \,.\, l^2} = \frac{42.315}{2\cdot 5 \,.\, 64} = 264\cdot 4 \text{ Tonnen.}$$

Die gegenseitige Versteifung der 4 Quadratsäuleneisen kann auch durch Querschienen nach Fig. 71 erfolgen, nur müssen in diesem Falle an den Stellen *a* Zwischenscheiben von der Stärke der Querschienen eingenietet werden.

u) S ä u l e n a u s 4 ⅂_-E i s e n (Fig. 72).

Nachstehende Tabelle bezieht sich auf Säulen aus 4 ⅂_-Eisen mit eingenieteter Zwischenschiene.

Profil	Abmessungen in Millimeter						F in Quadrat-zentimeter	G pro Meter in Kilo-gramm	J_{min}
	h	b	d	t	B	c			
6	60	45	5	6	90	7	38·0	29·8	531 (x)
8	80	50	6	7	105	7	51·7	40·6	1275 (x)
10	100	55	6·5	8	130	10	71·0	55·7	2635 (x)
12	120	60	7	9	155	10	88·3	69·3	4676 (x)
14	140	65	8	10	180	10	109·6	86·0	7835 (x)
16	160	70	8·5	11	205	10	130·5	102·4	12170 (x)
18	180	75	9·5	12	225	12	160·2	125·8	17705 (y)
20	200	80	10	13	250	12	184·8	145·1	25320 (y)

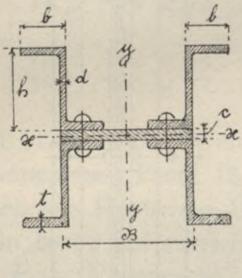


Fig. 72.

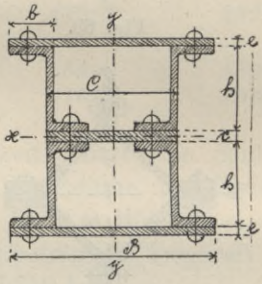


Fig. 73.

Diese Säulen können auch mit außen aufgenieteten Deckplatten ausgeführt werden und enthält nachstehende Tabelle die entsprechenden Werte hierfür (Fig. 73).

Profil	Abmessungen in Millimeter						F in Quadrat-zentimeter	G pro Meter in Kilo-gramm	J_{min}
	h	b	C	c	B	e			
6	60	45	100	7	100	7	65·2	51·2	1695 (y)
8	80	50	142	7	240	7	87·9	69·0	3815 (x)
10	100	55	183	10	290	10	134·3	105·4	9390 (y)
12	120	60	224	10	340	10	163·2	128·1	16175 (x)
14	140	65	256	10	380	10	193·2	151·7	24950 (x)
16	160	70	297	10	430	10	225·7	177·2	37030 (x)
18	180	75	320	12	470	12	285·5	224·1	59420 (y)
20	200	80	370	12	520	12	324·0	254·3	82650 (x)

8. Kapitel.

Detailkonstruktionen schmiedeeiserner Säulen.

a) Fußplatten.

Fußplatten schmiedeeiserner Säulen erhalten in den meisten Fällen eine quadratische oder rechteckige Grundform. Ihre Größe richtet sich einesteils nach der Belastung und anderenteils nach der Beschaffenheit der Unterlage, auf welche der Säulendruck übertragen werden soll, ohne eine Formveränderung desselben herbeizuführen.

Sobald der Druck einer Säule auf eine andere, darunter stehende Säule übertragen werden soll, wird die Größe der Fußplatte der oberen Säule meist entsprechend der Kopfplatte der unteren Säule gewählt, wobei die Dimensionen nur so groß gewählt zu werden brauchen, als es für die Unterbringung einer genügenden Anzahl Befestigungsschrauben unumgänglich notwendig ist. Es wird in solchem Fall der Druck vom Querschnitt der oberen Säule auf den Querschnitt der unteren Säulen, also von Eisen auf Eisen übertragen.

Anders liegt der Fall für solche Säulen, deren Fuß auf dem Fußboden, beziehungsweise einem Mauerpfeiler aufruht, welch letzterer wiederum die Last dem Fußboden mitteilt. Hierbei muß die Größe der Grundfläche des Säulenfußes nach der jeweilig zulässigen Belastung des Materiales berechnet werden.

Bezeichnet P die Belastung der Säule in Kilogramm,
Q die Grundfläche der Säulenfußplatte in Quadratzentimeter,
k die zulässige Belastung des Materiales in Kilogramm pro Quadratzentimeter,

dann ist $Q = \frac{P}{k}$ (Formel 23).

Nachstehende Tabelle gibt die zulässigen Belastungen in Kilogramm pro Quadratzentimeter für verschiedene Baustoffe und Materiale an:

Guter trockner und festgelagerter Baugrund	$k = 2{\cdot}5$—5	*kg* pro *qcm*
Feinsandiger Baugrund	$k = 1{\cdot}5$—$2{\cdot}5$	„ „ „

Beton, aus Portlandzement, Kleinschlag und Kiessand bei einem Mischungsverhältnis

von 1 : 7 : 9	4 Wochen	$k = 9-10$	*kg* pro *qcm*
„ 1 : 3 : 6	nach	$k = 20$	„ „ „
„ 1 : 1 : 1·25	Herstellung	$k = 28-30$	„ „ „

Beton aus Kalk, Kleinschlag und Kiessand im Mischungsverhältnis von von 1 : 3 : 6	$k = 6$	„ „ „
Bruchsteinmauerwerk, in gutem Verband	$k = 6-10$	„ „ „
Granit oder Syenit als einzelnes Werkstück	$k = 50-70$	„ „ „
Gewöhnliches Mauerwerk mit dichten Fugen	$k = 10-15$	„ „ „
Gußeisen	$k = 500$	„ „ „
Marmor	$k = 20-30$	„ „ „
Sandstein, als einzelnes Werkstück	$k = 12-25$	„ „ „
Schmiedeeisen	$k = 750-1000$	„ „ „
Gewöhnliches Ziegelmauerwerk .	$k = 7-10$	„ „ „
Ziegelmauerwerk aus hartgebrannten Steinen, in Zementmörtel gemauert	$k = 10-15$	„ „ „

Die Figuren 23 bis 27 und 74 bis 76 zeigen verschiedene Arten von Säulenfüßen und ist bei der Konstruktion der Füße ganz besonders auf eine solide Versteifung des unteren Säulenschaftes mit der Fußplatte Rücksicht zu nehmen.

Die Dicke der Fußplatten bei Ausführung derselben in Schmiedeeisen richtet sich im allgemeinen nach der Größe und Belastung und kann man folgende Blechstärken zugrunde legen:

Säulendruck	$P = 1-5000$	*kg*,	Blechplatte	$= 7$	*mm* stark
„	$P = 6-10\,000$	„	„	$= 8$	„ „
„	$P = 11-20\,000$	„	„	$= 10$	„ „
„	$P = 21-50\,000$	„	„	$= 12$	„ „
„	$P = 51-100\,000$	„	„	$= 15$	„ „
„	$P = 101-200\,000$	„ . . .	„ . . .	$= 20$	„ „
„	$P > 200\,000$ . . .	„ .	„	$= 25$	„ „

b) Kopfplatten.

Die Kopfplatten schmiedeeiserner Säulen werden im allgemeinen in ähnlicher Weise ausgeführt, wie die Fußplatten, sie richten sich jedoch hinsichtlich ihrer Größenverhältnisse nach der Art der Säulenbelastung durch Unterzüge u. dgl. Hierbei ist, wie bei den Fuß-

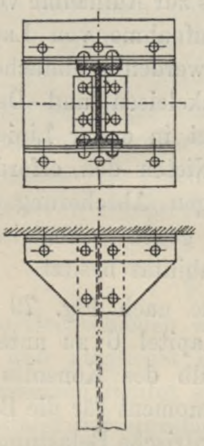


Fig. 74.

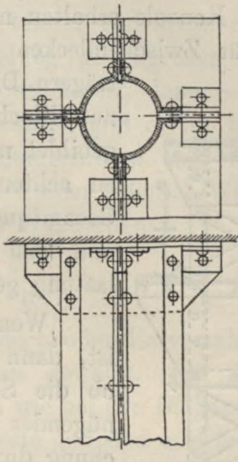


Fig. 75.

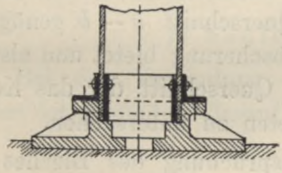


Fig. 76.

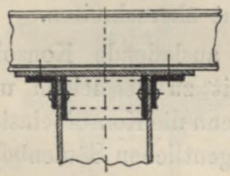


Fig. 77.

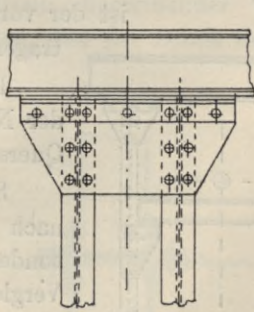


Fig. 78.

platten, auf eine solide Versteifung der Kopfplatten mit dem oberen Schaftteile Wert zu legen.

Fig. 14 bis 17 und Fig. 23 bis 27, sowie Fig. 32, 77 und 78 zeigen verschiedene Säulenkopfkonstruktionen.

Die Dicke der schmiedeeisernen Kopfplatte wählt man im allgemeinen 1 bis 2 *mm* geringer, als die Dicke der Fußplatte derselben Säule.

c) Konsole.

In vielen Fällen kommt es vor, daß schmiedeeiserne Säulen besondere Konsole erhalten müssen, sei es zur Aufnahme von Querträgern für Zwischendecken oder zur Aufnahme von Laufkrahnträgern. Diese Konsole werden in einfacher Weise aus Blechen mit Winkeleisen und Deckplatte gebildet und ist hierbei in erster Linie darauf zu achten, daß die Nieten den erforderlichen Gesamtquerschnitt gegen Abscherung besitzen und daß die Säule gegen exzentrische Belastung genügende Stabilität besitzt.

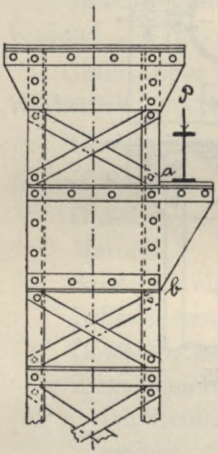


Fig. 79.

Wenn eine Säule nach Fig. 79 belastet ist, dann ist nach Kapitel 6 zu untersuchen, ob die Säule unterhalb des Konsoles ein genügendes Widerstandsmoment für die Beanspruchung durch die exzentrische Belastung besitzt.

Hierauf ist zu kontrollieren, ob das Konsol selbst in seinem Querschnitt $a - b$ genügende Sicherheit gegen Abscherung bietet und alsdann ist der vorhandene Querschnitt der das Konsol tragenden Nieten zu untersuchen.

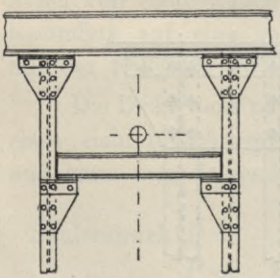


Fig. 80.

Die Beanspruchung des Bleches und der Nieten soll hierbei 600 *kg* pro 1 *qcm* Querschnitt nicht überschreiten.

Sehr weit ausladende Konsole sind nach Möglichkeit zu vermeiden und besonders dann, wenn die Konsolbelastung im Vergleich zur eigentlichen Säulenbelastung als erheblich zu nennen ist.

Handelt es sich darum, schwere und weit ausladende Transmissionsteile an Säulen zu montieren, dann verwende man vorteilhafter Doppelsäulen nach Fig. 80 und berechne jede einzelne dieser Säulen für die halbe Tragfähigkeit der gesamten Belastung.

d) Diagonalen.

Die Diagonalen oder Querschienen (Fig. 25 bis 27) dienen zur gegenseitigen Versteifung der einzelnen den Säulenschaft bildenden Teile und werden hauptsächlich aus Flacheisen, mitunter jedoch auch aus Winkeleisen hergestellt und aufgenietet. Die Dimensionen der Diagonalen richten sich nach den Dimensionen der Säulenhauptteile und nach dem Abstand letzterer voneinander. Ist der Abstand *a* größer als es zur Erzielung gleichgroßer Trägheitsmomente für beide Schwerachsen notwendig ist, dann müssen die Diagonalen besonders stark gewählt werden und es ist in solchen Fällen ratsam, entweder horizontale Querschienen aus Winkeleisen in Verbindung mit Flacheisendiagonalen oder lediglich Winkeleisendiagonalen von entsprechender Stärke vorzusehen.

e) Deckschienen.

Die Deckschienen werden aus Blech oder Universaleisen hergestellt und möglichst in einer Länge gewählt. Die Breite und Dicke derselben richtet sich ebenfalls, wie bei den Diagonalen, nach dem Abstand der einzelnen Säulenschäfte und sind in dem Kapitel 7 nähere Angaben hierüber enthalten.

f) Säulenverbindungen.

Bei der Verbindung etagenförmig übereinander stehender Säulen ist besonders darauf zu achten, daß der Druck der oberen

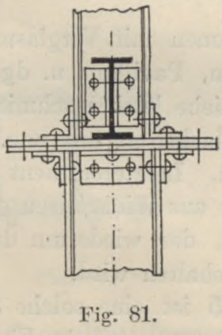


Fig. 81.

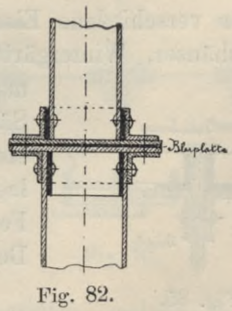


Fig. 82.

Säule unmittelbar auf die untere Säule übertragen wird, ohne dabei die Unterzugs- oder Wölbträger durch Säulendruck zu belasten.

Durch Zwischenlegen von schwachen Bleiplatten zwischen die Säulenstöße erzielt man eine gleichmäßigere Verteilung der Belastung.

Fig. 81 bis 84 zeigen verschiedene Säulenverbindungen und Anschlüsse von Unterzugsträgern. Hierbei ist der jeweilig in Betracht

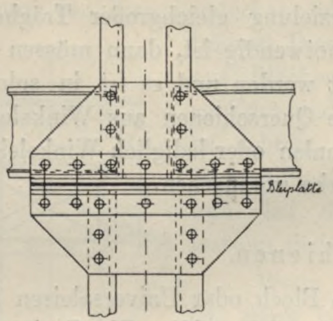


Fig. 83.

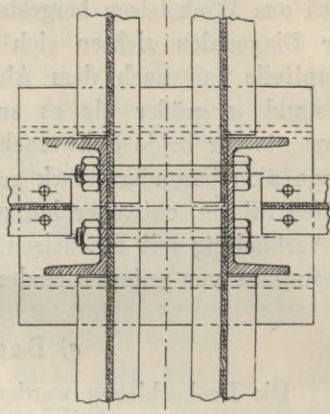


Fig. 84.

zu ziehenden Ausdehnung der Unterzüge Rechnung zu tragen und an den Stoßstellen der Unterzüge, sowie zwischen Unterzug und Säule ein entsprechender Zwischenraum von etwa 5—10 *mm* zu lassen.

9. Kapitel.

Säulen für besondere Zwecke.

Für verschiedene Eisenkonstruktionen mit Verglasung, z. B. Gewächshäuser, Wintergärten, Veranden, Pavillons u. dgl. wendet man mit Vorliebe leichte schmiedeeiserne Säulen aus Flacheisen mit sog. Winkeleisenbesatz an. Letzterer dient zur Auflage der meist aus Winkeleisen gebildeten Fensterrahmen, der wiederum durch eine Deckschiene gehalten wird.

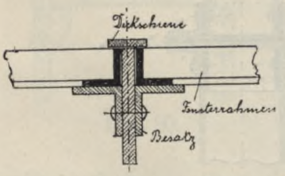


Fig. 85.

In Fig. 85 ist eine solche Säule für einfache Verglasung und in Fig. 86 für doppelte Verglasung dargestellt. Fig. 87 stellt eine Wandsäule für derartige Zwecke dar.

Fig. 88 bis 100 zeigen noch verschiedene Querschnitte von Säulen für besondere Zwecke, namentlich für größere Lasten und lassen sich durch Verbindung verschiedener Walzeisenprofile noch

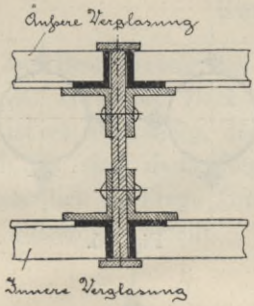


Fig. 86.

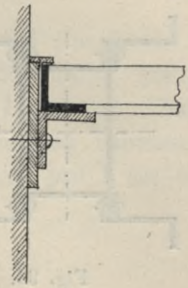


Fig. 87.

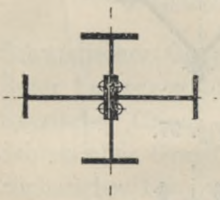


Fig. 88.

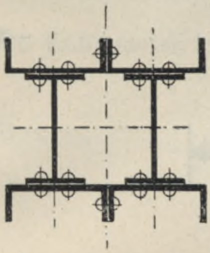


Fig. 89.

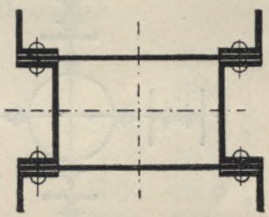


Fig. 90.

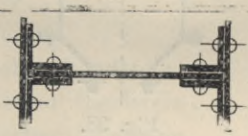


Fig. 91.

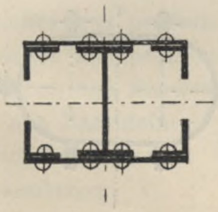


Fig. 92.

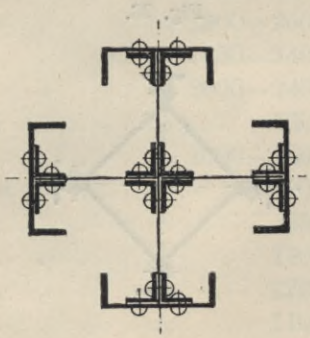


Fig. 93.

weitere Querschnittsformen zusammenstellen, welche jedoch nur dann einen Vorteil bieten, wenn die Herstellungskosten derartiger Säulen mit der Tragfähigkeit einigermaßen im Einklang stehen.

Neuerdings wird vielfach behördlicherseits verlangt, daß die eisernen Säulen feuersicher umkleidet werden, was man durch Umkleidung mit porösen feuersicheren Steinen oder mit Stampf-

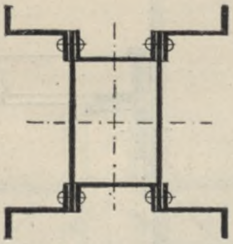


Fig. 94.

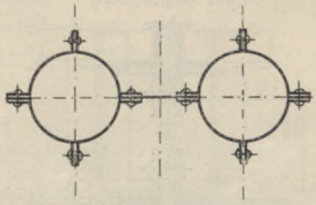


Fig. 95.

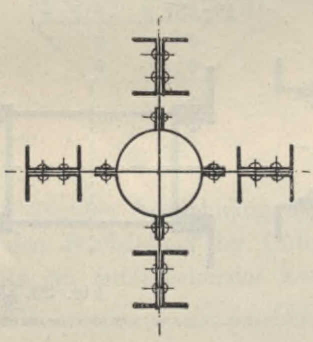


Fig. 96.

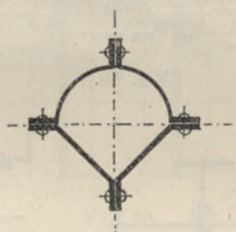


Fig. 97.

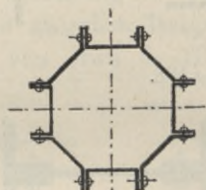


Fig. 98.

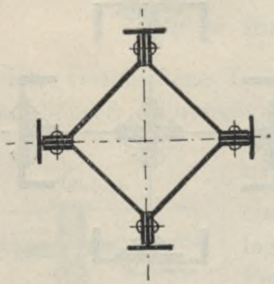


Fig. 99.

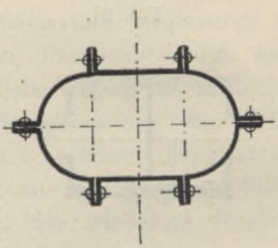


Fig. 100.

beton oder Terrakotten erreichen kann. Für derartige Umkleidungen sucht man dann vorteilhafte Säulenprofile heraus, bei denen eine bequeme Anbringung der Umkleidung möglich ist.

10. Kapitel.

Gewichtstabellen.

Zur Bestimmung des Druckes, welcher auf eine Säule durch Dachlast, Gewölbe, Decken, Balkenlagen oder dergl. übertragen wird, ist es notwendig, die Belastungen pro 1 *qm* Grundfläche zu kennen. Es sind demzufolge in den nachstehenden Tabellen diese hauptsächlich in Frage kommenden Belastungen pro 1 *qm* Grundfläche zusammengestellt.

1. Gewichte verschiedener Baustoffe.

Gewichte pro Kubikmeter in Kilogramm.

Schwedischer Granit	=	2500 *kg*
Roter Schwarzwaldgranit	=	2550 „
Bayrischer Granit	=	2200—2700 „
Schlesischer Granit	=	2600—3000 „
Sächsischer Granit	=	2500—2800 „
Bayrischer Syenit	=	2800—3000 „
Porphyr	=	1900—2500 „
Kalkstein	=	2200—3000 „
Bayrischer Sandstein	=	1900—2000 „
Preußischer Sandstein	=	1950—3400 „
Sächsischer Sandstein	=	2000—2400 „
Ziegelmauerwerk aus vollen Steinen	=	1600 „
Desgleichen aus porösen Steinen	=	1000—1200 „
Desgleichen aus porösen Lochsteinen	=	900 „
Desgleichen aus Schwemmsteinen	=	850 „
Beton aus Backstein	=	1700 „
Desgleichen aus Kies	=	2200 „
Schlackenbeton	=	1100 „
Nadelhölzer	=	650 „
Harte Laubhölzer	=	800 „
Schmiedeeisen	=	7800 „
Gußeisen	=	7250 „
Stahl	=	7700 „

2. Eigengewichte von Deckenkonstruktionen.

Gewichte pro Quadratmeter in Kilogramm.

Balken mit Dielung, ohne Schalung und Putz . .	=	75 kg
Balken mit Dielung, Schalung und Putz	=	95 „
Balken mit Dielung, Zwischendecke, Schalung und Putz	=	250 „
Balken mit ganzem Windelboden, Dielung, Schalung und Putz	=	400 „
Gewölbte Decke aus Vollziegeln, $^1/_4$ Stein stark, mit Hintermauerung, ohne Fußboden	=	200 „
Desgleichen jedoch mit Holzfußboden	=	250 „
Desgleichen $^1/_2$ Stein stark, mit Hintermauerung, Auffüllung, Dielung auf Holzplatten	=	375 „
Desgleichen $^1/_2$ Stein stark, mit Fließen auf Beton .	=	500 „
Desgleichen 1 Stein stark, mit Fließen auf Beton .	=	750 „
Wellblechdecke mit Auffüllung und Dielung . . .	=	175 „
Desgleichen mit Betonschicht, Auffüllung und Dielung	=	375 „
Volle gerade Steindecken aus porösen Lochsteinen mit Auffüllung und Dielung	=	225 „
Desgleichen mit massivem Betonfußboden . . .	=	275 „

3. Eigengewichte von Fußböden.

Gewichte pro Quadratmeter in Kilogramm.

Parkett auf Holzbohlen, zusammen 6 *cm* stark . .	=	50 kg
Tafelfußboden, $3^1/_2$ *cm* stark	=	25 „
Fließenbelag in Mörtel	=	100 „
Asphaltfußboden, 2 *cm* stark	=	35 „
Linoleum	=	6 „
Holzpflaster in Asphalt	=	125 „
Ziegelpflaster, $^1/_2$ Stein stark	=	200 „
Desgleichen, $^1/_4$ Stein stark	=	100 „
Beton, 10 *cm* hoch	=	200 „
Sandbettung, 10 *cm* hoch	=	160 „

4. Nutzlasten für Decken.

Pro Quadratmeter in Kilogramm.

Dachböden	=	100 kg
Wohnräume	=	225 „

Treppen	= 400 *kg*
Größere Säle	= 425 „
Erker, Balkone und Veranden	= 225 „
Verkaufsläden	= 375 „
Werkstätten und Fabriksräume	= 400—1200 „
Durchfahrten	= 800—1000 „
Speicherräume	= 800—1500 „
Heuböden	= 425 „
Kornböden	= 500 „

5. Eigengewichte von Dächern.

Gewicht pro Quadratmeter in Kilogramm.

Einfaches Ziegeldach einschl. Latten und Sparren .	= 90 *kg*
Doppeldach	= 125 „
Kronendach	= 130 „
Pfannendach mit Latten	= 90 „
Falzziegeldach auf Latten	= 110 „
Schieferdach auf Holzschalung	= 85 „
Zinkdach auf Holzschalung	= 40 „
Wellblechdach auf Winkeleisen	= 25 „
Teerpappendach auf Holzschalung	= 35 „
Holzzementdach	= 200 „
Glasdach auf Eisensprossen	= 25 „

NB. Bei Dächern ist je nach der Dachneigung noch ein Zuschlag für Schnee- und Winddruck hinzuzurechnen.

Literatur-Verzeichnis.

Musterbuch für Eisenbahnkonstruktionen von C. Scharowsky. Verlag von Otto Spamer.

Sammlung Göschen: Band 322, Eisenkonstruktionen im Hochbau von K. Schindler.

Hilfsbuch zur Anfertigung der im Hochbau vorkommenden statischen Berechnungen. Von B. Löser. Gilberssche Verlagsbuchhandlung.

Die Baustatik von L. Hintz. Verlag von B. F. Voigt.

Alphabetisches Sachregister.

T.

V.

W.

Z.