

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	79/80 (1922)
<b>Heft:</b>	25
<b>Artikel:</b>	Beiträge zur Berechnung von Eisenbeton-Querschnitten auf einheitlicher tabellarischer Grundlage
<b>Autor:</b>	Pasternak, P.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-38105">https://doi.org/10.5169/seals-38105</a>

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

INHALT: Beiträge zur Berechnung von Eisenbeton-Querschnitten auf einheitlicher tabellarischer Grundlage. — Hochbau-Normalien des schweizerischen Verbandes zur Förderung des gemeinnützigen Wohnungsbaues. — Zur Lösung der Rheinfrage. — Miscellanea: Der neue Waterloo-Bahnhof in London. Einzahn-Pfeilgetriebe. Der Besuch der deutschen technischen Hochschulen im Wintersemester 1921/1922. Ein neues Pro-

Band 79. Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet. Nr. 25.

## Beiträge zur Berechnung von Eisenbeton-Querschnitten auf einheitlicher tabellarischer Grundlage.

Von Ing. P. Pasternak, Privatdozent an der E. T. H., Zürich.

(Schluss von Seite 267.)

### II. Berechnung des einseitig zugbewehrten Querschnittes.

Im ersten Teil dieser Arbeit, vom doppelt bewehrten Rechteckquerschnitt handelnd, habe ich eine, hier wiederholte, Tabelle I der Koeffizienten

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \frac{n}{n+\gamma}, \quad \varrho = 1 - \frac{\xi}{3}, \\ K_1 &= \frac{\xi}{2} \left( 1 - \frac{\xi}{3} \right), \quad K_2 = \frac{K_1}{\gamma}, \quad \mu = \frac{50 \cdot \xi^2}{\gamma} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

veröffentlicht und darauf hingewiesen, dass sie sich als natürliche und allgemeine Grundlage für die Berechnung von Eisenbetonquerschnitten erweist. Beim doppelt bewehrten Rechteckquerschnitt kam dies, in der erwähnten Arbeit, deutlich zum Ausdruck. Es sollen nun auch, auf derselben Grundlage und unter besonderer Berücksichtigung der schweizerischen Normen, die einseitig bewehrten Querschnitte kurz zusammengefasst, behandelt werden.

Die Tabelle I hat den Vorzug, sämtliche Koeffizienten (1) als rationale Funktionen ganzzahliger  $\gamma = \frac{\sigma_e}{\sigma_b}$  Werte zu geben. Kämen, für die verschiedenen Länder, mehr als zwei Dehnungsmasse  $n$  (15 und 20) in Frage, so wäre die Wahl von  $\xi$  als unabhängiger Variablen und die Aufstellung einer Tabelle folgender Werte vorteilhafter:

$$\frac{\gamma}{n} = \frac{1 - \xi}{\xi}, \quad K_1 = \frac{\xi}{2} \left( 1 - \frac{\xi}{3} \right), \quad n K_2 = \frac{\xi}{(1 - \xi)} K_1, \quad n \mu = \frac{50 \cdot \xi^2}{(1 - \xi)} \quad (2)$$

Eine solche Tabelle könnte, da sie unabhängig von  $n$  ist, in allen Ländern als Universal-Tabelle benutzt werden. Uebrigens zeigt die Gegenüberstellung der Formeln (1) und (2), dass man Tabellen und Graphiken der ersten Art, also z. B. die für  $n = 20$  berechnete Tabelle I, ohne in Betracht fallende Mehrarbeit, auch für andere  $n$  benutzen kann. Dies ist schon in meiner ersten Arbeit gezeigt worden und soll noch weiter unten, an einem Beispiel, näher erläutert werden.

#### 1. Reine Biegung.

##### Berechnung der Spannungen:

Gegeben:  $M$ ,  $b$ ,  $h$ ,  $\mu = \frac{100f}{bh}$  gesucht:  $\sigma_b$  und  $\sigma_e$ . Man entnimmt der Tabelle I die zum gegebenen  $\mu$  zugehörigen  $\gamma$  und  $K_1$  oder  $K_1$  und  $K_2$ -Werte und hat dann sehr einfach

$$\left. \begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M}{W_b} = \frac{M}{K_1 bh^2}, \quad \sigma_e = \gamma \sigma_b \\ \text{oder auch} \quad \sigma_e &= \frac{M}{W_e} = \frac{M}{K_2 bh^2} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

1. Beispiel:  $M = 27,55$  tm,  $b = 0,40$ ,  $h = 0,95$  m,  $f = 6 \phi 30 = 42,41$  cm<sup>2</sup>,  $bh = 0,4 \cdot 0,95 = 0,380$ ,  $bh^2 = 0,95 \cdot 0,38 = 0,361$ ,  $\mu = \frac{4241}{3800} = 1,116 \%$ ,  $\mu = \frac{M}{bh^2} = \frac{27,55}{0,361} = 76,4$  t/m<sup>2</sup>,  $\gamma = 22 - \frac{34}{79} = 21,57$ ,  $K_1 = 2,00 - 0,418 \cdot 0,04 = 2,017$

$$\sigma_b = \frac{76,4}{2,017} = 37,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_e = 21,57 \cdot 37,9 = 817 \text{ kg/cm}^2 \text{ oder } \sigma_e = \frac{76,4}{93,7} = 0,816 \text{ t/cm}^2$$

<sup>1)</sup> Die Koeffizienten  $K_1$  und  $K_2$  entsprechen dem Zahlwert  $1/6$  beim homogenen Querschnitt.

blem der Tunnel-Lüftung. Ausfuhr elektrischer Energie. Ueber die Widerstandsfähigkeit von Pfeilern und Säulen gegen Feuer. Abwärme-Verwertung. Für die Untertunnelung der Schelde. — Nekrologie: Rudolf Sanzin. — Literatur. — Korrespondenz. — Vereinsnachrichten: St. Gallischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Bernischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Stellenvermittlung.

Die Berechnung erfolgt genügend genau mit dem Rechenschieber. In der Tabelle sind die 10fachen  $K_1$  und die 1000fachen  $K_2$ -Werte angegeben, so dass man, bei Angabe von  $b$  und  $h$  in Meter und  $M$  in t/m,  $\sigma_b$  in kg/cm<sup>2</sup> und  $\sigma_e$  in t/cm<sup>2</sup> erhält.

##### Bemessungsaufgaben:

1. Fall: Gegeben  $M$ ,  $\sigma_b$ ,  $\sigma_e$  also auch  $\gamma$ ; gesucht  $b$ ,  $h$  und  $f$ . Von den Abmessungen des Nutzquerschnittes ist gewöhnlich  $b$  oder  $h$  gegeben oder kann gewählt werden.

Die Gleichungen  $M = \sigma_b K_1 bh^2 = \sigma_e K_2 bh^2$  liefern bei Wahl einer der Abmessungen die andere, worauf dann auch  $f$  aus  $f = \frac{\mu bh}{100}$  bestimmt ist.  $M$  gehört zum gegebenen  $\gamma$ .

Beispiel 2:  $M = 19,7$  t/m,  $b = 0,35$  m,  $\sigma_e = 1000$  kg/cm<sup>2</sup>,  $h = ?$ ,  $f = ?$ ,  $\sigma_b = 35$ , "

$$\gamma = \frac{1000}{35} = 28,57, \quad K_1 = 1,763 + 0,43 \cdot 31^1 = 1,776$$

$$\mu = 0,704 + 0,017 = 0,721, \quad M = 19,7 = 35 \cdot 1,776 \cdot bh^2 = 62,1 \cdot bh^2 \text{ t/m}$$

$$h = \sqrt{\frac{19,7}{0,35 \cdot 62,1}} = \sim 0,95 \text{ m}$$

$$f = 0,721 \cdot \frac{95 \cdot 35}{100} = \sim 23,95 \text{ cm}^2$$

Noch einfacher ist die Berechnung, wenn  $b$  gesucht ist. Zur Bestimmung von  $h$  sind besondere Dimensionierungsformeln von der Form  $h = a \sqrt{\frac{M}{b}}$  und entsprechende

<sup>1)</sup> der letzten Einheit von  $K$ .

Tabelle I, Koeffizienten der rechteckigen, einseitig zugbewehrten Eisenbeton-Querschnitte für  $n = 20$ .

$\gamma$	$\xi$	$\varrho$	$k_1$	$k_2$	$\mu$	$\gamma$	$\xi$	$\varrho$	$k_1$	$k_2$	$\mu$
5	0,800	0,733	293	587	8,00	58	256	944 <sub>5</sub>	1172	202	221
6	769	7456	286	477	641	59	253	915 <sub>6</sub>	1159	196 <sub>4</sub>	214 <sub>5</sub>
7	741	753	279	398	529	60	250	917	1146	1910	208
8	714	762	272	340	446	61	247	918	1133	185 <sub>7</sub>	202
9	690	770	2655	295	383	62	244	919	1120	1807	197
10	667	778	259	259	333	63	241	920	1108	1759	1912
11	645	785	253	230	293	64	238	921	1096	1712	186
12	625	792	247	206	260	65	235	924 <sub>6</sub>	1084	1668	181
13	606	798	242	1860	233	66	232 <sub>5</sub>	922	1073	1625	1762
14	584	804	236	1649	210	67	230	923	1064	1584	1745
15	571	809 <sub>5</sub>	231	1562	190 <sub>5</sub>	68	227	924	1050	1544	1671
16	556	815	226	1445	174	69	225	925	1039	1506	165
17	5405	820	222	1303	159	70	222	926	1029	1470	159
18	526	824 <sub>5</sub>	217	1206	1462	71	220	927	1018	1434	155
19	513	829	216	1149	135	72	217	927 <sub>5</sub>	1008	1400	151
20	500	833	208	1042	125	73	215	928	998	1367	1473
21	488	837	204	973	116 <sub>1</sub>	74	213	929	988	1336	144
22	476	841	200	910	108 <sub>2</sub>	75	210 <sub>5</sub>	930	979	1305	1404
23	465	845	196 <sub>3</sub>	854	101 <sub>1</sub>	76	208	930 <sub>5</sub>	969	1275	1371
24	4545	848	192 <sub>8</sub>	804	94 <sub>7</sub>	77	206	931	960	1247	134
25	444	852	189 <sub>3</sub>	757	889	78	204	932	951	1219	131
26	435	855	185 <sub>9</sub>	715	836	79	202	932 <sub>7</sub>	942	1192	128
27	4255	858	182 <sub>6</sub>	676	788	80	200	933	933	1167	125
28	417	861	179 <sub>4</sub>	641	744	81	198	934	925	1142	1222
29	408	864	176 <sub>3</sub>	608	704	82	196 <sub>1</sub>	934 <sub>6</sub>	916	1117	120
30	400	867	173 <sub>3</sub>	578	667	83	194 <sub>2</sub>	935	908	1094	117
31	392	869	170 <sub>4</sub>	550	632 <sub>3</sub>	84	192 <sub>3</sub>	936	900	1074	1145
32	385	872	167 <sub>7</sub>	524	601	85	190 <sub>5</sub>	936 <sub>5</sub>	892	1049	1112
33	377	874	164 <sub>9</sub>	500	572	86	188 <sub>7</sub>	937	884	1028	110
34	370	876 <sub>5</sub>	162 <sub>3</sub>	477	545	87	187 <sub>0</sub>	938	876	1007	1074
35	364	879	159 <sub>8</sub>	457	519	88	185 <sub>2</sub>	938	869	987	1052
36	357	881	157 <sub>3</sub>	437	496	89	183 <sub>5</sub>	939	864	968	1031
37	351	883	154 <sub>9</sub>	419	474	90	182 <sub>0</sub>	939	854	949	1010
38	345	885	152 <sub>6</sub>	402	454	91	180 <sub>2</sub>	940	847	934	990
39	339	887	150 <sub>3</sub>	385	434 <sub>6</sub>	92	178 <sub>6</sub>	940	840	913	970 <sub>5</sub>
40	333	889	148 <sub>1</sub>	370	417	93	177 <sub>0</sub>	941	833	895	951 <sub>5</sub>
41	328	891	146 <sub>0</sub>	356	400	94	175 <sub>4</sub>	944 <sub>5</sub>	826	879	933
42	3226	892 <sub>5</sub>	143 <sub>9</sub>	343	384	95	174 <sub>0</sub>	942	818	861	915
43	317	894	141 <sub>9</sub>	330	369	96	172 <sub>4</sub>	942 <sub>5</sub>	812 <sub>5</sub>	846	898
44	312 <sub>5</sub>	896	140 <sub>0</sub>	318	355	97	171 <sub>0</sub>	943	806	831	884
45	308	897	138 <sub>1</sub>	307	342	98	169 <sub>5</sub>	943 <sub>5</sub>	800	816	865
46	303	899	136 <sub>2</sub>	296	329	99	168 <sub>1</sub>	944	793	804	849
47	298 <sub>5</sub>	900 <sub>5</sub>	134 <sub>4</sub>	286	317 <sub>6</sub>	100	166 <sub>7</sub>	944 <sub>5</sub>	787	787	833
48	294	902	132 <sub>6</sub>	276	306	101	165 <sub>3</sub>	945	781	773	818
49	290	904 <sub>3</sub>	130 <sub>9</sub>	267	296	102	164 <sub>0</sub>	945 <sub>5</sub>	775	760	804
50	286	905	129 <sub>3</sub>	259	286	103	163 <sub>0</sub>	946	769	746 <sub>5</sub>	789
51	282	906	127 <sub>6</sub>	250	276	104	161 <sub>3</sub>	946	763	734	775
52	278	907	126 <sub>0</sub>	242	267	105	160 <sub>0</sub>	947	757	724	762
53	274	909	124 <sub>5</sub>	234	258	106	159 <sub>0</sub>	947	751	709	749
54	270	910	123 <sub>0</sub>	228	250	107	157 <sub>5</sub>	947 <sub>5</sub>	746	697	736
55	267	911	121 <sub>5</sub>	221	242	108	156 <sub>2</sub>	948	740	685	723
56	263	912	120 <sub>0</sub>	214	235	109	155 <sub>0</sub>	948	735	674	711
57	260	913	118 <sub>6</sub>	208	228	110	153 <sub>8</sub>	949	730	663	699

Tabellen aufgestellt worden. Bei der Berechnung mit dem Rechenschieber ist es aber einerlei, ob ein Koeffizient vor oder unter dem Wurzelzeichen steht. Ich halte deswegen besondere Bemessungstafeln für nicht notwendig, umso mehr, da sie nur für ganz bestimmte Spannungswerte gegeben werden können.

2. Fall: Gegeben  $M$ ,  $b$ ,  $h$ ,  $\sigma_e$  zul: gesucht  $f$  und  $\sigma_b$ .

Dies ist der wichtigste und häufigste Bemessungsfall der Praxis. Gewöhnlich wird er durch Schätzung des inneren Hebelarmes gelöst. In der Tat darf man, wenn die Betondruckspannung nicht bedeutend kleiner wie die zulässige ist,  $\varrho$  als zum  $\gamma$  zul gehörig, der Tabelle entnehmen; denn aus der  $\varrho$ -Kolonne ersieht man, dass diese Werte sich nur sehr wenig mit  $\gamma$  ändern.

Bei sehr geringen Betondruckspannungen, also kleinen Angriffsmomenten und starken Platten und Balken, ist aber die Näherungsrechnung unwirtschaftlich und sollte durch die genaue Berechnung ersetzt werden, die mit Hilfe der Tabelle I sich ungemein einfach gestaltet.

Aus dem Ansatz

$$M = \sigma_e \text{ zul} K_2 b h^2 \text{ folgt } K_2 = \frac{M}{\sigma_e \text{ zul} b h^2}$$

Die Tafel liefert die prozentuale Bewehrung  $\mu$  und mit  $K_1$  oder  $\gamma$  auch  $\sigma_b$ .

3. Beispiel:  $M = 5,2$  tm,  $b = 0,32$ ,  $h = 1,05$  m.

Zulässige Spannungen:  $\sigma_e = 1200$ ,  $\sigma_b = 40$ ,  $\gamma$  zul = 30

$$bh = 0,336, \quad bh^2 = 0,353, \quad K_2 = \frac{5,2}{0,353 \cdot 1,2} = 12,28$$

$$\mu = 0,131 + \frac{9}{28} 3 = \sim 0,132, \quad f = 0,132 \cdot 33,6 = 4,43 \text{ cm}^2$$

$$\gamma = 78 - \frac{9}{28} = 77,68, \quad \sigma_b = \frac{1200}{77,68} = \sim 15,5 \text{ kg/cm}^2$$

Die Näherungsrechnung gibt, mit  $\gamma = 30$ :  $\varrho = 0,867$ ,

$$t = \frac{5,2}{0,867 \cdot 1,05 \cdot 1,2} = \frac{5,2}{1,092} = 4,76 \text{ cm}^2 \text{ d. h. } 7,5\% \text{ Mehrbedarf an Eisen.}$$

Folgt aus der Tabelle das zu  $K_2$  zugehörige  $\gamma < \gamma$  zul, also  $\sigma_b > \sigma_b$  zul und soll trotzdem, aus irgend welchen Gründen, an einer einseitigen Zugbewehrung festgehalten werden, so berechnet man

$$K_1 = \frac{M}{\sigma_b \text{ zul} b h^2}$$

und liest in der Tabelle, wie oben, die zugehörigen  $\gamma$  und  $\mu$  ab. Meistens ist in diesem Falle eine Doppelbewehrung wirtschaftlicher. Ich verweise diesbezüglich auf die vorhergehende Arbeit.

Die S. B. B.-Vorschriften gestatten eine Ueberschreitung der normalen zulässigen Betondruckspannungen nach den Formeln:

Hochbau:

$$\sigma_b = 40 + 0,1 (1200 - \sigma_e) \quad \text{im max. } 60 \text{ kg/cm}^2.$$

Strassenbrücken:

$$\sigma_b = 35 + 0,075 (1000 - \sigma_e) \quad " \quad 50 \quad "$$

Eisenbahnbrücken:

$$\sigma_b = 30 + 0,05 (800 - \sigma_e) \quad " \quad 40 \quad "$$

wenn also gleichzeitig die zulässigen Eisenzugspannungen 1200, 1000, 800 auf bzw. 1000, 800 und 600 kg/cm<sup>2</sup> ermässigt werden. Man kann demnach in der Schweiz, bis zu den obigen Grenzen, mit einer einseitigen Zugbewehrung auskommen. Es sei daran erinnert, dass obige Formeln, die ein wirtschaftliches Konstruieren ermöglichen, in folgender Tatsache ihre Begründung finden:

Ein bis zum Bruch belasteter Eisenbetonbalken geht, bei den üblichen Bewehrungsprozenten der Praxis immer zu Grunde durch Ueberschreiten der Streckgrenze der Zugeisen und nicht durch Ueberwinden der Betondruckfestigkeit.

Gewöhnlich ist der Nutzquerschnitt  $b h$  gegeben. Für ein rasches Bestimmen der Zugbewehrung, bei Ueberschreiten der gewöhnlichen zulässigen Druckspannung dient die Tabelle II. Sie liess sich rasch mit Hilfe der grundlegenden Tabelle I und den aus (4) sich ergebenden Formeln

Tabelle II, zur Berechnung rechteckiger, einseitig zugbewehrter Querschnitte bei Ueberschreitung der normalen zulässigen Druckspannung.

(Nach den Schweizerischen Vorschriften vom 26. November 1915)

$\delta$	Hochbauten $M/bh^2$	$\sigma_b$	$\sigma_e$	Strassenbrücken $M/bh^2$	$\sigma_b$	$\sigma_e$	Eisenbahnbrücken $M/bh^2$	$\sigma_b$	$\sigma_e$	$\mu$	$f = \frac{M}{bh^2}$
15							92.5	40	600	1,905	
16				113,2	50	800	88.0	38,9	622	1,736	
16 <sub>57</sub>	133,7	60	1000								1,638
17	131,3	59,3	1008	107,1	48,4	823	83,8	37,8	643	1,590	
18	124,0	57,1	1028	101,6	46,8	842	79,9	36,8	663	1,462	
19	117,3	55,2	1049	96,4	45,4	863	76,3	35,9	682	1,353	
20	111,1	53,3	1066	91,7	44,0	880	72,9	35,0	700	1,25	
21	105,4	51,6	1084	87,25	42,7	897	69,7	34,2	717	1,162	
22	100,2	50,0	1100	83,15	41,5	913	66,8	33,4	734	1,082	
23	95,3	48,5	1115,5	79,3	40,4	929	64,0	32,5	749	1,011	
24	90,75	47,1	1130	75,8	39,3	943	61,4	31,8	763	0,947	
25	86,5	45,7	1142,5	72,4	38,3	958	58,9	31,1	778	0,889	
26	82,6	44,5	1157	69,3	37,3	970	56,6	30,4	791	0,836	
26 <sub>57</sub>							55,1	30	800	0,804	
27	78,95	43,2	1166	66,4	36,4	983				0,789	
28	75,5	42,1	1179	63,7	35,5	994				0,744	
28 <sub>57</sub>				62,1	35,0	1000				0,721	
29	72,3	41	1189							0,704	
30	69,3	40	1200	$M/\text{m}^2$	$\sigma_b$ und $\sigma_e$ in $\text{kg/cm}^2$	$\mu$ in $\%$	$\delta$ und $h$ in $\text{m}$			0,667	

$$m = \frac{M}{bh^2} = \frac{160 K_1}{1 + 0,1 \gamma}, \quad \frac{110 K_1}{1 + 0,075 \gamma}, \quad \frac{70 K_1}{1 + 0,05 \gamma} \quad (5)$$

berechnen. Die  $K_1$  und  $\mu$  konnten für ganzzahlige  $\gamma$  unmittelbar der Tabelle I entnommen werden. Die zugehörigen Betondruckspannungen folgen aus der Formeln (5), durch Weglassen von  $K_1$  und die Zugspannungen aus  $\sigma_e = \gamma \sigma_b$ .

4. Beispiel: Hochbaubalken  $M = 23,5$  tm,  $b = 0,30$ ,  $h = 0,82$  m,  $bh = 0,246$  m<sup>2</sup>,  $bh^2 = 0,2017$  m<sup>3</sup>,  $\frac{M}{bh^2} = \frac{23,5}{0,2017} = 116,5$

Interpolations-Multiplikator (Intervall  $\gamma = 19 \dots 20$ )  
 $i = \frac{0,8}{6,2} = 0,129$ .

$$\gamma = 19,129, \quad \mu = 1,35 - 0,129 \cdot 0,1 = 1,337 \quad 0\%$$

$$f = 1,337 \cdot 24,6 = \sim 32,9 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_b = 55,2 - 0,129 \cdot 1,9 = 55 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_e = 19,129 \cdot 55 = \sim 1050 \quad "$$

Die Berechnung der Spannungen kann natürlich auch unterbleiben.

## 2. Biegung mit Axialkraft.

### Bemessung der Bewehrung bei gegebenem Nutzquerschnitt $b h$ .

Eine einseitige, bis zur zulässigen Zugspannung  $\sigma_e$  zul voll ausgenützte Zugbewehrung ist in diesem Fall nur dann wirtschaftlich, wenn  $\sigma_b < \sigma_b$  zul sich ergibt. Da man  $\sigma_b$ , also auch  $\gamma$ , von vornherein nicht kennt, bietet die algebraische Bestimmung von  $f$  insofern eine Schwierigkeit, als man zur Bestimmung von  $\gamma$  (oder auch  $\xi$ ) auf eine Gleichung dritten Grades gelangt. Auf eine verblüffend einfache und doch genaue Weise löst sich diese Bemessungsaufgabe mit Hülfe der Tabelle I. Man kann nämlich für die einseitige Zugbewehrung  $f$  unmittelbar den einfachen und leicht zu übersehenden Ausdruck anschreiben

$$f = \mu \frac{bh}{100} \mp \frac{P}{\sigma_e \text{ zul}} \quad (6)$$

$\mu$  ist darin der Tabellenwert, welcher zu  $K_2 = \frac{M_e}{\sigma_b \text{ zul} bh^2}$  gehört. Das zweite, von vornherein bekannte Glied, tritt mit dem oberen oder untern Zeichen in die Formel, je nachdem  $P$  eine Druck- oder Zugkraft bedeutet. Gleichung (6) kann auch durch Spezialisierung der Gleichungen (2) der vorigen Abhandlung erhalten werden: Mit

$$m = \frac{M_e}{\sigma_b bh^2} = K_1 \text{ wird } \mu_d = 0$$

$$\text{und } \mu_z = \mu \mp \frac{100 P}{\gamma}$$

Multipliziert man mit  $\frac{bh}{100}$  aus, so erhält man (6) unter

$$\text{Berücksichtigung von } P = \frac{P}{\sigma_b bh} \text{ und } \gamma \sigma_b = \sigma_e.$$

5. Beispiel:  $b = 0,80$ ,  $d = 1,00$ ,  $h = 0,95 \text{ m}$ ,  $\sigma_b \text{ zul} = 45$ ,  
 $\sigma_e \text{ zul} = 1200$ ,  $M_e$  (in bezug Querschnittsmitte)  $= +30,5 \text{ t/m}$   
 $P = +64 \text{ t}$  (Druckkraft)

$$M_e = +30,5 + 64 \cdot 0,45 = 59,3 \text{ t/m}$$

$$bh = 0,76 \text{ m}^2$$

$$bh^2 = 0,722 \text{ m}^3$$

$$K_2 = \frac{59,3}{0,722 \cdot 1,2} = 68,5$$

$$\gamma = 26 + \frac{30}{39} = 26,77$$

$$\sigma_b = \frac{1200}{26,77} = 44,8 \text{ kg/cm}^2 (< \sigma_b \text{ zul})$$

$$\mu = 0,788 + 0,23 \cdot 0,048 = 0,799 \%$$

$$f = 0,799 \cdot 76 - \frac{64,0}{1,2} = 60,7 - 53,3 = 7,4 \text{ cm}^2$$

Wäre  $P$  eine Zugkraft, die symmetrisch zur angenommenen Druckkraft wirken müsste, so bliebe alles genau gleich bis auf  $f = 60,7 + 53,3 = 114 \text{ cm}^2$

Ergibt sich  $\sigma_b > \sigma_b \text{ zul}$ , so ist gewöhnlich eine Doppelbewehrung wirtschaftlicher. Soll trotzdem eine einseitige Zugbewehrung angeordnet werden, so tritt in die Formel (6) das zu  $K_1 = \frac{M_e}{\sigma_b \cdot bh^2}$  gehörige  $\mu$  der Tabelle I. Ein Beispiel erübrigtsich.

#### Berechnung der Spannungen:

Setzt man in die Formel (6)  $\sigma_e = \frac{M_e}{K_2 \cdot bh^2}$  ein und berücksichtigt  $\frac{M_e}{P} = e$ , so geht sie über in

$$\mu_s = \mu \mp \frac{h}{e} (100 K_2), \text{ wo } \frac{100 f}{bh} = \mu_s \quad (6a)$$

Man hat also in der Tabelle I diejenigen einander zugehörigen  $\mu$  und  $K_2$  aufzusuchen, welche die Gleichung (6a) erfüllen. Die entsprechenden  $K_1$  und  $\gamma$ -Werte liefern

$$\sigma_b = \frac{M_e}{K_1 \cdot bh^2}, \quad \sigma_e = \gamma \sigma_b.$$

6. Beispiel:  $b$ ,  $h$ ,  $e$  und  $P$  wie im Beispiel (5),  $f = 5 \Phi 26 = 26,55 \text{ cm}^2$

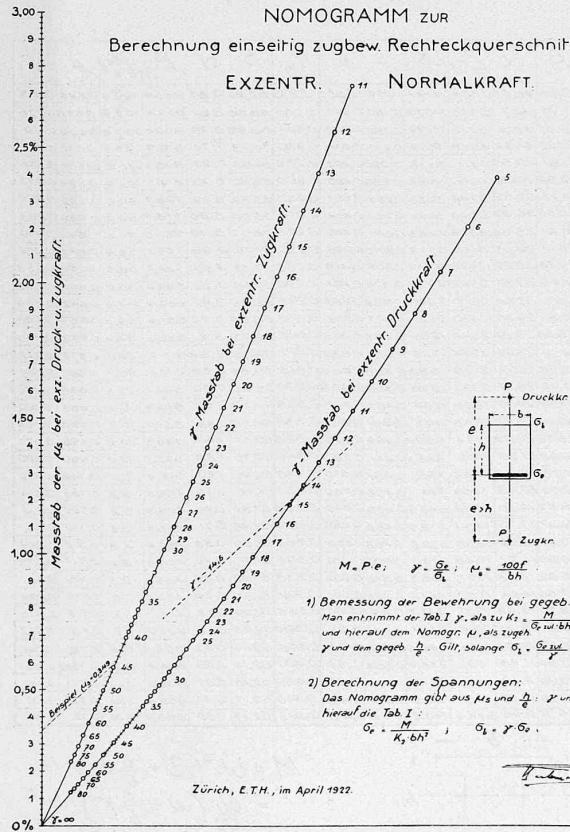


Abb. 7. Nomogramm zur Berechnung einseitig zugbewehrter Rechteck-Querschnitte bei exzentrischer Normalkraft.

$$\begin{aligned} e &= \frac{59,3}{64} = 0,927, \quad \frac{h}{e} = \frac{0,95}{0,927} = 1,024 \\ \mu_s &= \frac{2655}{7600} = 0,349 \% \\ \gamma &= 14 : \mu = 2,10 \quad \gamma = 15 : \mu = 1,905 \\ \text{also } & \quad - 100 \frac{h}{e} K_2 = 1,73 \quad - 100 \frac{h}{e} K_2 = 1,580 \\ &\qquad\qquad\qquad 0,37 \qquad\qquad\qquad 0,325 \\ \gamma &= 14 + \frac{21}{45} = 14,467 \\ K_1 &= 2,36 - 0,467 \cdot 0,05 = 2,34, \\ \sigma_b &= \frac{59,3}{0,722 \cdot 2,34} = 35,2 \text{ kg/cm}^2, \\ \sigma_e &= 35,2 \cdot 14,467 = \sim 509 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Noch viel rascher gelangt man zu den Spannungen, wenn man  $\gamma$  dem Nomogramm der Abbildung 7 entnimmt<sup>1)</sup>, dessen Konstruktion, nach den Ausführungen der vorigen Abhandlung keiner besonderen Erklärungen mehr bedarf. Man hat nur zu bedenken, dass die Gleichung (6a), in  $\mu_s$  und  $\frac{h}{e}$  die lineare Form besitzt:

$$f_2(\gamma) = \pm f_1(\gamma) \frac{h}{e} + \mu_s \quad (100 K_2)$$

Das Nomogramm konnte also graphisch, auf die besprochene Weise mit den Tabellenwerten  $\mu$  und  $K_2$  aufgetragen werden. Für das behandelte Beispiel entnimmt man ihm  $\gamma = 14,5$  und der Tabelle

$$K_1 = 2,335. \text{ Es wird jetzt } \sigma_b = \frac{59,3}{0,722 \cdot 2,335} = 35,25,$$

also praktisch gleich dem obigen genauen Wert.

Man kann natürlich das Nomogramm auch mit Vorteil für die Bemessung der Bewehrung benutzen. Der Tabelle entnimmt man wie früher  $\gamma$  als entsprechenden Wert zu  $K_2 = \frac{M_e}{\sigma_{\text{zul}} \cdot bh^2}$  bzw.  $K_1 = \frac{M_e}{\sigma_{\text{zul}} \cdot bh^2}$  und hierauf dem Nomogramm  $\mu_s$  als zugew. zum geforderten  $\gamma$  abhängen. Bei Zugkräften kann das Nomogramm nur für  $\frac{h}{e} \leq 1$  benutzt werden.

#### 3. Benützung der Tabelle I für andere Dehnungsmasse.

Wird  $\xi$  als unabhängige Variable gewählt, so können bei einem andern  $n$ , die  $\xi$  und  $K_1$ -Kolumnen als frei von  $n$ , ungeändert gelassen werden. Die Einsicht, dass  $n \mu$ ,  $\gamma : n$  und  $n K_2$  ebenfalls nur von  $\xi$  abhängen, zeigt den einfachen Weg, wie Tabelle I bei  $n \neq 20$ , und zwar bei allen besprochenen Aufgaben, benutzt werden kann.

#### Berechnung der Spannungen für ein beliebig angenommenes $n$ .

Die gegebenen Bewehrungsprozente seien mit  $\mu'$  und die zur Spannungsermittlung notwendigen Koeffizienten mit  $K_1'$  und  $\gamma'$  bezeichnet.

Man berechnet mit dem Rechenschieber aus

$$20 \mu = n \mu' \quad \mu = n \frac{\mu'}{20}$$

und entnimmt der Tabelle die zugehörigen  $K_1$  und  $\gamma$ -Werte. Man hat hierauf  $K_1' = K_1$  und aus  $\frac{\gamma'}{n} = \frac{\gamma}{20}$ ,  $\gamma' = \frac{n}{20} \gamma$  und kann jetzt mit den Formeln (2) die Spannungen berechnen.

7. Beispiel: Es seien die Spannungen des Balkens im Beispiel (1) für ein Dehnungsmass  $n = 15$  zu berechnen

$$\mu = \frac{15}{20} \mu' = 0,75 \cdot 1,116 = 0,8375 \%$$

$$\gamma = 26 - \frac{1,5}{53} = 25,97 \quad \gamma' = 0,75 \cdot 25,97 = \sim 19,5$$

$$K_1 = K_1' = 1,859 + 0,028 \cdot 34 = \sim 1,86$$

$$\sigma_b = \frac{76,4}{1,86} = 41,1 (37,9) \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_e = 19,5 \cdot 41,1 = \sim 800 \text{ kg/cm}^2 (817)$$

<sup>1)</sup> Vergl. Anmerkung auf S. 266 der vorigen Abhandlung.

## Bemessung der Bewehrung:

Hält man z. B.  $\sigma_e$  zul fest, so gilt

$$20 K_2 = n \cdot K'_2, \text{ also } K_2 = \frac{n}{20} K'_2 = \frac{n}{20} \frac{M}{\sigma_e \text{ zul } bh^2}$$

Der Tabelle entnimmt man das zugehörige  $\mu$  und hat hierauf

$$\mu' = \frac{20}{n} \mu.$$

Das Verfahren ist so einfach, dass weitere Beispiele überflüssig erscheinen. Natürlich kann auch das Nomogramm für Biegung mit Axialkraft bei einseitiger Zugbewehrung für jedes beliebige  $n$  benutzt werden, mit der gezeigten einfachen Umrechnung der  $\gamma$  und  $\mu$ .

## 4. T-förmige Querschnitte.

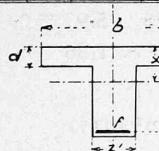
Bei den gewöhnlichen Plattenbalken des Hochbaus, mit geringer Breite und Höhe der Stege, kann in der Druckzone der Beton im Steg vernachlässigt werden. Nicht selten gelangen aber, im Hoch- und Tiefbau, Plattenbalken mit hohen und breiten Stegen zur Ausführung. Man denke an die weitgespannten Ueberdeckungen von Maschinen-, Turn- und Schulräumen, an gerippte Fundamentplatten, an Balkenbrücken und dergl. In solchen Fällen ist die genannte Vernachlässigung unwirtschaftlich; sie zwingt oft, bei beschränkter Konstruktionshöhe zur Anordnung von Druckeisen, was besonders in der Schweiz, mit  $n' = 10$ , die Bauausführungen unnötig verteuert (vergl. Beispiel 11).

Die hier abgedruckten Tabellen III, IV und V gestalten in einfacher Weise die genaue Bemessung T-förmiger Querschnitte nach der S. B. B.-Vorschriften und lassen auch in jedem konkreten Falle unmittelbar erkennen, ob die genannte Vernachlässigung zulässig ist. Sie konnten verhältnismässig leicht mit Hülfe der Tabelle I und folgendem, auf das Superpositionsgesetz sich stützenden, Grundgedanken berechnet werden:

Ein T-förmiger Querschnitt, mit der neutralen Axe ausserhalb der Platte kann als Differenz zweier rechteckiger

Tab. III. Koeffizienten T-förmiger Eisenbeton-Querschnitte  
 $\sigma_e = 1200$ ,  $\sigma_b = 40$ ,  $n = 20$ ,  $x > d$ .

$d/h$	$\beta$	$\alpha$	$\alpha'$	$\mu$	$V$	$d/h$	$\beta$	$\alpha$	$\alpha'$	$\mu$	$V$		
0.05	18.26	7.310	5.1	20.220	0.158	0.509	0.230	59.03	11.6	10.30	94.70	5.047	0.120
0.055	19.91	6.590	4.92	63.00	0.168	0.499	0.235	59.27	10.6	9.65	174.4	0.554	0.113
0.060	21.51	5.975	4.78	13.284	0.168	0.487	0.240	58.22	10.45	9.05	157.1	0.560	0.107
0.065	23.17	5.484	4.616	10.926	0.199	0.468	0.245	60.89	10.44	8.44	140.6	0.557	0.100
0.070	24.65	5.031	4.468	6.19	0.199	0.454	0.250	61.45	9.832	7.88	126.1	0.573	0.094
0.075	26.10	4.640	4.323	7.586	0.227	0.440	0.265	62.01	9.536	7.32	112.6	0.579	0.088
0.080	27.64	4.319	4.169	6.314	0.240	0.427	0.260	62.54	9.251	6.79	102.4	0.585	0.082
0.085	29.14	4.033	4.019	5.582	0.253	0.414	0.265	63.04	8.977	6.29	89.6	0.591	0.076
0.090	30.67	3.786	3.866	4.770	0.268	0.399	0.270	59.53	87.5	5.90	79.6	0.597	0.070
0.095	32.10	3.557	3.73	4.129	0.280	0.387	0.275	59.99	84.6	5.34	70.6	0.602	0.065
0.100	33.37	3.337	3.565	3.596	0.292	0.375	0.280	54.94	82.8	4.90	62.5	0.607	0.060
0.105	34.73	3.150	3.460	3.139	0.305	0.362	0.285	64.86	79.8	4.47	55.0	0.612	0.055
0.110	35.97	2.973	3.36	2.757	0.316	0.351	0.290	65.26	77.6	4.07	48.4	0.617	0.050
0.115	37.19	28.2	3.24	2.430	0.324	0.339	0.295	65.63	75.41	3.70	42.5	0.621	0.046
0.120	38.40	26.72	30.85	2.142	0.341	0.306	0.300	66.04	73.33	3.39	37.0	0.625	0.042
0.125	39.75	25.44	29.56	1.893	0.352	0.315	0.305	66.34	71.3	2.99	32.1	0.630	0.037
0.130	40.20	24.14	28.58	1.688	0.363	0.302	0.310	66.66	69.6	2.67	27.8	0.633	0.034
0.135	42.02	23.16	27.12	1.488	0.376	0.291	0.315	67.07	67.47	2.38	24.0	0.637	0.030
0.140	43.39	22.11	26.00	1.326	0.387	0.280	0.320	67.24	65.6	2.08	20.4	0.640	0.027
0.145	44.42	21.13	21.6	1.165	0.397	0.270	0.325	67.50	63.91	1.89	17.3	0.644	0.023
0.150	45.49	20.22	23.84	1.059	0.401	0.269	0.330	67.75	61.75	1.70	14.5	0.647	0.020
0.155	46.45	19.33	22.88	9.32	0.417	0.260	0.335	68.00	59.75	1.59	12.0	0.649	0.017
0.160	47.40	18.52	21.93	8.56	0.427	0.250	0.340	68.27	57.87	1.45	10.5	0.652	0.015
0.165	48.45	17.80	20.87	7.656	0.437	0.230	0.345	68.37	57.44	1.06	8.1	0.654	0.013
0.170	49.45	17.11	19.88	6.878	0.447	0.220	0.350	68.54	55.93	0.79	6.4	0.657	0.010
0.175	50.38	16.45	18.98	6.187	0.456	0.211	0.355	68.69	54.5	0.64	5.1	0.659	0.008
0.180	51.25	15.82	18.08	5.577	0.466	0.201	0.360	68.75	53.1	0.53	3.9	0.660	0.007
0.185	52.19	15.25	17.14	5.008	0.475	0.192	0.365	68.85	51.75	0.48	2.8	0.662	0.005
0.190	53.03	14.69	16.3	4.515	0.483	0.184	0.370	69.05	50.4	0.42	2.0	0.663	0.004
0.195	53.86	14.16	15.47	4.067	0.492	0.175	0.375	69.14	49.17	0.39	1.4	0.664	0.003
0.200	54.68	13.67	14.67	3.665	0.501	0.162	0.380	69.20	47.93	0.32	0.8	0.665	0.002
0.205	55.45	13.19	13.88	3.303	0.508	0.159	0.385	69.26	45.73	0.27	0.5	0.666	0.001
0.210	56.22	12.75	13.71	2.973	0.517	0.150	0.390	69.30	45.5	0.23	0.2	0.666	0.000
0.215	56.96	12.32	12.37	2.675	0.524	0.143	0.395	69.32	44.43	0.07	0.04	0.666	0.000
0.220	57.66	11.91	11.67	2.411	0.532	0.135	0.400	69.35	43.33	0.00	0.00	0.667	0.000
0.225	58.38	11.53	10.97	2.167	0.539	0.128	0.405	69.39	42.23	0.00	0.00	0.668	0.000



$$M = bh^2 (\beta + \frac{b'}{b} \alpha)$$

$$F = \frac{bh}{100} (\mu + \frac{b'}{b} V)$$

$$\frac{M}{bd^2} = \frac{\beta}{(ch)^2} + \frac{\alpha}{(ch)^2}$$

Querschnitte aufgefasst werden, mit derselben Spannung in der Zugbewehrung.

Bezeichnet  $M_s$  das Biegemoment (Querschnittsmoment), das ein gegebener T-Querschnitt bei gegebenen Randspannungen  $\sigma_b$  und  $\sigma_f$ , aufzunehmen imstande ist, so kann man für  $M_s$  mit den Bezeichnungen der Tabellenfigur und auf Grund des ausgesprochenen Satzes, unmittelbar den Ausdruck anschreiben

$$M_s = \sigma_f K_2 b h^2 - \sigma_f K'_2 (b - b') (h - d)^2 \quad (7a)$$

$K_2$  gehört zum gegebenen  $\gamma = \frac{\sigma_f}{\sigma_b}$  und wird der Tabelle I entnommen. So ist z. B. für  $\sigma_f = 1200$ ,  $\sigma_b = 40$ ,  $\gamma = 30$  und  $K_2 = 57,8$  also  $\sigma_f K_2 = 1,2 \cdot 57,8 = 69,3$ .

$K'_2$  entnimmt man ebenfalls der Tabelle I als gehörig zu

$$\gamma' = \frac{x}{x-d} \gamma = \frac{\gamma}{1 - \frac{a}{h} \frac{1}{\xi}}.$$

Beispielsweise wird für  $\gamma = 30$   $\gamma' = \frac{30}{1 - 2,5 \frac{d}{h}} = f\left(\frac{d}{h}\right)$

Führt man die abkürzenden Bezeichnungen ein:

$$\alpha = \sigma_f \left(1 - \frac{d}{h}\right) K'_2 = f_1 \left(\frac{d}{h}\right), \beta = \sigma_f K_2 - \alpha = f_2 \left(\frac{d}{h}\right)$$

so nimmt (7a) die einfache Form an

$$M_s = b h^2 \left( \beta + \frac{b'}{b} \alpha \right) \quad (7b)$$

Für gegebenes  $\frac{d}{h}$  entnimmt man  $\beta$  und  $\alpha$  den Tabellen III-V.

Das zweite Glied gibt den Einfluss des Steges und kann bei gewöhnlichen Deckenbalken vernachlässigt werden.

Durch die gleiche Uebereinanderlagerung zweier rechteckiger Querschnitte findet man, mit Hilfe der Tabelle I, die  $M_s$  zugehörige Zugbewehrung  $f_s$ . Setzt man  $\mu_s = \frac{100 f_s}{b h}$ , ferner

$$v = \left(1 - \frac{d}{h}\right) \mu_s' \quad \mu = \mu_s - v,$$

Tab. IV. Koeffizienten T-förmiger Eisenbeton-Querschnitte  
 $\sigma_e = 1000$ ,  $\sigma_b = 35$ ,  $n = 20$ ,  $x > d$ .

$d/h$	$\beta$	$\alpha$	$\alpha'$	$\mu$	$V$	$d/h$	$\beta$	$\alpha$	$\alpha'$	$\mu$	$V$		
0.05	15.96	46.2	6.387	18.484	0.154	0.557	0.235	52.82	9.37	95.59	169.5	0.588	0.133
0.055	17.47	44.7	5.776	14.770	0.180	0.541	0.240	53.84	8.81	92.64	152.9	0.595	0.126
0.060	18.87	43.3	5.242	10.229	0.195	0.526	0.245	53.89	8.27	89.0	137.8	0.602	0.119
0.065	20.29	41.88	4.803	9.918	0.210	0.511	0.250	54.43	7.74	87.0	128.8	0.610	0.111
0.070	21.61	40.56	4.411	8.278	0.224	0.497	0.255	54.94	7.23	84.9	111.2	0.617	0.104
0.075	22.98	39.19	4.086	6.968	0.239	0.482	0.260	55.42	6.75	80.7	99.8	0.623	0.098
0.080	24.25	37.82	3.789	5.925	0.254	0.467	0.265	55.88	6.28	79.8	92.6	0.629	0.092
0.085	25.58	36.59	3.504	5.064	0.267	0.454	0.270	56.34	5.83	77.3	80.7	0.636	0.085
0.090	26.81	35.36	3.308	4.363	0.281	0.440	0.275	56.77	5.40	75.05	71.1	0.642	0.079
0.095	28.05	34.10	3.113	3.715	0.295	0.425	0.282	57.18	4.99	72.9	63.6	0.647	0.074
0.100	29.28	32.89	2.928	3.288	0.308	0.413	0.285	57.57	4.60	70.87	56.6	0.653	0.068
0.105	30.45	31.62	2.752	2.877	0.320	0.401	0.290	57.95	4.22	68.9	50.2	0.658	0.063
0.110	31.67	30.35	2.617	2.521	0.334	0.387	0.295	58.26	3.91	66.9	44.9	0.662	0.059
0.115	32.80	29.37	2.490	2.221	0.347	0.374	0.300	58.55	3.59	63.6	39.1	0.667	0.053
0.120	33.93	28.34	2.349	1.980	0.358	0.363	0.305	58.97	3.2	60.3	34.4	0.672	0.049
0.125	34.91	27.26	2.234	1.745	0.371	0.350	0.310	59.29	2.88	57.1	30.0	0.677	0.044
0.130	35.58	26.19	2.129	1.550	0.383	0.343	0.315	59.58	2.59	50.6	26.1	0.681	0.040
0.135	37.0												

wo  $\mu_s$  und  $\mu_s'$  die  $\gamma$ , bzw.  $\gamma'$  zugehörigen Bewehrungsprozente der Tabelle I bedeuten, so überblickt man leicht die Richtigkeit der einfachen Formel

$$\mu_s = \mu + \frac{b'}{b} \nu, \quad (8)$$

wo wieder das zweite Glied den Einfluss des Steges gibt und in gewöhnlichen Fällen weggelassen werden kann.  $\mu$  und  $\nu$  sind einfache Funktionen von  $\frac{d}{h}$  und finden sich in den Tabellen III bis V.

Die genannten Tabellen lösen 4 wichtige Bemessungsaufgaben.

1. Gegeben alle Abmessungen des Plattenbalkens und die zulässigen Randspannungen.

Gesucht  $M_s$  und  $f_s$ . Dieser Fall kommt vor, wenn bei gegebenem Biegemoment  $M > M_s$ , das Moment ( $M - M_s$ ) bestimmt werden soll, welches, bei erschöpftem Beton, von einer Druck- und zusätzlichen Zugbewehrung aufgenommen werden muss.

8. Beispiel: Plattenbalken einer Strassenbrücke,  $\sigma_e = 1 \text{ t/cm}^2$ ,  $\sigma_b = 35 \text{ kg/cm}^2$ .

$$b = 1,80, b' = 0,40, d = 0,14, h = 1,15 \text{ m.}$$

$$\frac{d}{h} = \frac{0,14}{1,15} = \sim 0,122 \quad (0,1217); \quad \frac{b'}{b} = \frac{0,40}{1,80} = 0,222;$$

$$bh = 2,07 \text{ m}^2, \quad bh^2 = 2,38 \text{ m}^3.$$

Tabelle IV gibt:  $\beta = 33,83 + 0,4 \cdot 1,08 = 34,26$   
 $\alpha = 28,34 - 0,43 = 27,91$

$$\beta + \frac{b'}{b} \alpha = 34,26 + 0,222 \cdot 27,91 = 40,46$$

$$M_s = 40,46 \cdot 2,38 = 96,3 \text{ t/m.}$$

$$\mu = 0,358 + 0,4 \cdot 0,013 = 0,363,$$

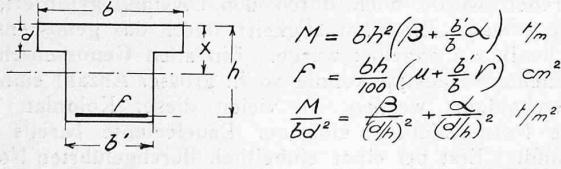
$$\nu = 0,363 - 0,005 = 0,358$$

$$\mu_s = 0,363 + 0,222 \cdot 0,358 = 0,4425 \%$$

$$f_s = 0,4425 \cdot 207 = 91,6 \text{ cm}^2$$

Tab. V. Koeffizienten T-förmiger Eisenbeton-Querschnitte  
 $\sigma_e = 800, \sigma_b = 30, n = 20, x > d$ .

$\frac{d}{h}$	$\beta$	$\alpha$	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\mu$	$\nu$	$\frac{d}{h}$	$\beta$	$\alpha$	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\mu$	$\nu$
0,05	13,74	41,37	54,96	6,548	0,175	0,628	0,240	46,43	8,58	86,06	0,150
0,055	15,00	40,11	49,59	3,260	0,192	0,611	0,245	46,98	8,18	78,18	0,155
0,060	16,23	38,88	41,509	0,080	0,208	0,593	0,250	47,41	7,70	758,6	0,232
0,065	17,41	37,7	41,21	8924	0,224	0,579	0,255	47,86	7,25	736,1	11,5
0,070	18,46	36,65	37,68	7480	0,240	0,563	0,260	48,31	6,80	100,6	0,679
0,075	19,79	35,3	34,95	9,6288	0,254	0,549	0,265	48,74	6,37	694,0	9,7
0,080	20,91	34,20	32,67	5,344	0,271	0,532	0,270	49,15	5,95	574,3	8,18
0,085	22,02	33,09	30,348	4,580	0,286	0,507	0,275	49,54	5,57	554,9	7,6
0,090	23,14	31,97	28,65	3,946	0,301	0,502	0,280	49,93	5,18	538,6	6,6
0,095	24,18	30,93	26,79	3,427	0,316	0,487	0,285	50,30	4,74	529,2	5,92
0,100	25,24	29,87	25,24	2,987	0,333	0,472	0,290	50,65	4,46	509,2	5,0
0,105	26,27	28,84	24,83	2,65	0,34	0,457	0,295	50,99	4,12	506,0	4,73
0,110	27,23	27,88	22,50	2,340	0,359	0,444	0,300	51,31	3,80	507,0	4,22
0,115	28,23	26,88	2,135	2,033	0,373	0,430	0,305	51,61	3,50	504,4	3,75
0,120	29,27	25,90	2,028	1,768	0,387	0,416	0,310	51,91	3,20	504,0	3,33
0,125	30,21	24,99	1,928	1,599	0,400	0,403	0,315	52,21	2,92	502,6	2,93
0,130	31,07	24,04	1,839	1,422	0,424	0,397	0,320	52,45	2,66	502,2	2,6
0,135	32,01	23,10	1,756	1,267	0,425	0,378	0,325	52,72	2,39	499,2	2,26
0,140	32,86	22,25	1,677	1,195	0,438	0,365	0,330	52,94	2,17	496,2	1,99
0,145	33,70	21,41	1,603	1,018	0,451	0,352	0,335	53,15	1,95	473,5	1,74
0,150	34,58	20,58	1,535	9,148	0,463	0,340	0,340	53,37	1,74	416,1	1,50
0,155	35,45	19,76	1,472	8,226	0,475	0,328	0,345	53,55	1,58	450,0	1,28
0,160	36,14	18,97	1,422	7,41	0,487	0,316	0,350	53,76	1,35	459,0	1,0
0,165	36,83	18,18	1,355	6,678	0,499	0,304	0,355	53,93	1,18	427,9	9,4
0,170	37,58	17,43	1,304	5,031	0,517	0,292	0,360	54,09	1,02	424,7	7,9
0,175	38,45	16,66	1,255	5,439	0,522	0,281	0,365	54,24	0,87	421,2	6,5
0,180	39,19	15,92	1,209	4,911	0,533	0,270	0,370	54,37	0,74	397,2	5,4
0,185	39,86	15,25	1,165	4,455	0,543	0,260	0,375	54,50	0,61	385,6	4,3
0,190	40,57	14,54	1,124	4,028	0,554	0,249	0,380	54,61	0,50	378,3	3,5
0,195	41,21	13,90	1,083	3,655	0,556	0,239	0,385	54,74	0,40	359,0	2,08
0,200	41,85	13,26	1,045	3,315	0,574	0,229	0,390	54,80	0,31	360,2	2,0
0,205	42,52	12,59	1,012	2,996	0,584	0,219	0,395	54,88	0,23	351,0	1,5
0,210	43,13	11,98	9,782	2,717	0,594	0,209	0,400	54,94	0,17	343,4	1,1
0,215	43,78	11,39	9,458	2,445	0,604	0,199	0,405	55,00	0,11	335,3	0,7
0,220	44,30	10,79	9,152	2,233	0,613	0,190	0,410	55,04	0,07	327,4	0,4
0,225	44,84	10,23	8,864	2,020	0,622	0,181	0,415	55,07	0,04	319,8	0,2
0,230	45,35	9,72	8,579	1,837	0,633	0,172	0,420	55,1	0,005	312,3	0
0,235	45,89	9,18	8,316	1,652	0,639	0,164	0,428	55,11	0	300,5	0



Bei Vernachlässigung der Druckzone im Steg könnte derselbe Balken nur ein Moment

$$M = 34,26 \cdot 2,38 = 81,5 \text{ t/m aufnehmen}$$

(14,4 % weniger)

Zugehörige Bewehrung  $f = 0,363 \cdot 207 = \sim 75,2 \text{ cm}^2$ .

2. Gegeben  $M, h, d, b'$ ; ges.  $b$ . Dieser Fall tritt z. B. ein bei der Berechnung der Unterzüge de-Molin und Ast'scher Rippendecken (alles nervées).

Um für den Unterzug eine Druckplatte zu gewinnen, müssen über dem Unterzug und auf eine gesuchte Breite  $b$  die Hohlräume zwischen den Rippen ausgefüllt werden.

Aus der Grundformel (7) folgt

$$b = \frac{M - b' h^2 \alpha}{\beta h^2},$$

wobei  $\alpha$  und  $\beta$ , als zum gegebenen  $\frac{d}{h}$  gehörig, der massgebenden Tabelle entnommen werden.

9. Beispiel: Weitgespannter Hochbauunterzug, eine Rippendecke tragend:  $M = 74,5 \text{ t/m}$ ,  $h = 0,95$ ,  $b' = 0,50$ , Höhe der Rippen  $d = 0,20 \text{ m}$ ,  $b = ?$

$$\frac{d}{h} = \frac{0,20}{0,95} = \sim 0,21, \quad b' h^2 = 0.5 \cdot 0,95^2 = 0,452 \text{ m}^3.$$

Der Tabelle III entnimmt man:  $\alpha = 13,11$ ;  $\beta = 56,22$ ,

$$\alpha b' h^2 = 0,452 \cdot 13,11 = 5,93$$

$$\beta h^2 = 56,22 \cdot 0,9025 = 50,6$$

$$b = \frac{74,5 - 5,92}{50,6} = 1,36 \text{ m (1,47).}$$

In Klammern ist die notwendige Plattenbreite bei Vernachlässigung von  $\alpha$  angegeben. Die starke Platte bedingt den geringen Unterschied.

3. Gegeben  $M, h, b, b'$ ; ges.  $d$ . Ein häufiger Fall, wenn eine vorhandene Platte zur Aufnahme der innern Druckkraft nicht ausreicht und auf einer gewählten oder konstruktiv gegebenen Breite  $b$  verstärkt werden soll. Aus (7) folgt

$$m = \frac{M}{bh^2} = \beta + \frac{b'}{b} \alpha.$$

Man sucht also in der massgebenden Tabelle diejenigen  $\beta$  und  $\alpha$  derselben Zeile, welche diese Gleichung befriedigen. Aus dem zugehörigen  $\frac{d}{h}$  folgt  $d$ .

10. Beispiel: Hochbaubalken:  $M = 38,4 \text{ t/m}$ ,  $h = 0,65$ ,  $b' = 0,30$ ,  $b = 1,60$ ,  $d = ?$

$$bh = 1,04 \text{ m}^2, \quad bh^2 = 0,676 \text{ m}^3 \frac{M}{bh^2} = \frac{38,4}{0,676} = 56,8$$

$$\frac{d}{h} = 0,210 + \frac{58}{78} \cdot 0,05 = 0,2137, \quad d = 0,2137 \cdot 0,65 = \sim 0,14 \text{ m}$$

Die Berücksichtigung von  $\alpha$  ist hier nicht nötig, weil ein Steg normaler Abmessungen vorliegt.

4. In vielen Fällen weitgespannter Hochbau-Ueberdeckungen ist eine möglichst geringe Höhe der Plattenbalken aus konstruktiven oder ästhetischen Gründen erwünscht; es sollen aber andererseits unwirtschaftliche Druckeisen vermieden werden. Man hat also bei gegebenem Biegemoment, gegebenen Plattenabmessungen  $b$ ,  $d$  und gewählter Rippenbreite  $b'$ , die Nutzhöhe  $h$  so zu bestimmen, dass beide Randspannungen ihre zulässige Grenze erreichen.

Aus (7b) folgt die Beziehung:

$$\frac{M}{bd^2} = \frac{\beta}{(d/h)^2} + \frac{b'}{b} \frac{\alpha}{(d/h)^2} \quad (9)$$

Die Werte  $\frac{\beta}{(d/h)^2}$  und  $\frac{\alpha}{(d/h)^2}$  sind in der Tabelle III - V angegeben und eine leichte Interpolation liefert diejenigen Werte, welche die Gleichung (9) erfüllen. Aus dem entsprechenden  $\frac{d}{h}$  erhält man das gesuchte  $h$ .

11. Beispiel: Wir wählen den im Beispiel (8) berechneten Plattenbalken einer Strassenbrücke:

$$M = 96,3 \text{ t/m}, \quad b = 1,80, \quad b' = 0,40, \quad d = 0,14 \text{ m}, \quad \frac{b'}{b} = 0,222$$

$$bd^2 = 1,80 \cdot 0,14^2 = 0,0353 \quad \frac{M}{bd^2} = \frac{96,3}{0,0353} = 2730$$

SCHWEIZERISCHER VERBAND ZUR FÖRDERUNG  
DES GEMEINNÜTZIGEN WOHNUNGSBAUES  
NORMALIEN FÜR DEN HOCHBAU  
FENSTER MIT UND OHNE LUFTFLÜGEL BLATT 2

MASSTAB 1:20 DETAIL MST 1:2

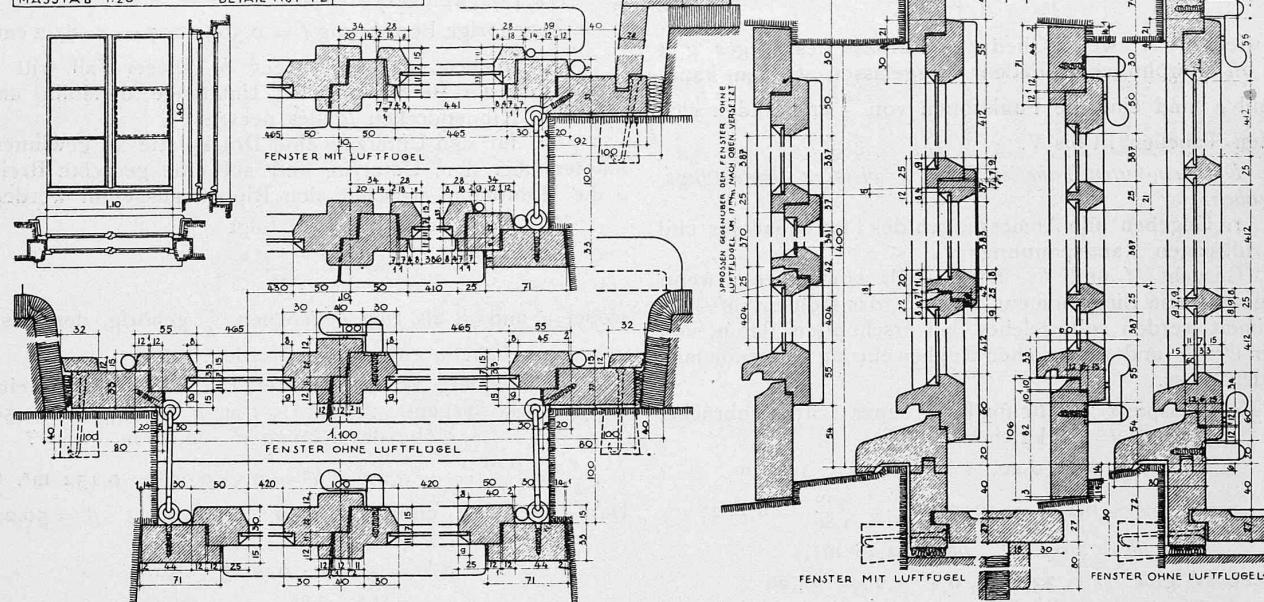


Abb. 1. Hochbau-Normalien für die deutsche Schweiz, Blatt 2, nach dem Plandruck-Original auf  $\frac{1}{3}$  verkleinert. — Massstäbe 1:60 und 1:6.

$$\begin{aligned} \frac{d}{h} &= 0,120 : \beta = 2349, \quad \frac{d}{h} = 0,125 : \beta = 2234 \\ + \frac{v}{b} \alpha &= 437 \quad + \frac{v}{b} \alpha = 387 \\ 2786 & \quad 2621 \\ \text{also } \frac{d}{h} &= 0,120 + 0,005 \frac{56}{165} = 0,1217, \quad h = 1,15 \end{aligned}$$

wie im Beispiel (8). Bei Vernachlässigung von  $\alpha$  wird:

$$\frac{d}{h} = 0,105 + 0,005 \frac{32}{145} = 0,106, \quad h = 1,15$$

also der Balken um 17 cm höher. Wollte man trotzdem an der Nutzhöhe von 1,15 festhalten, so erhielte der Balken eine Druckbewehrung. Um die wirtschaftliche Bedeutung der genauen Bemessung besser zu erkennen, wollen wir den Mehrbedarf an Eisen, im behandelten Beispiel, berechnen, verursacht durch die Vernachlässigung von  $\alpha$ . Mit den Rechenergebnissen des Beispiels 8 folgt für das Moment, welches durch eine Druck- und eine ergänzende Zugbewehrung aufzunehmen ist, der Wert

$$A M = 96,3 - 81,5 = 14,8 \text{ t/m.}$$

Wählt man den Schwerpunkt der Druckbewehrung 5 cm unterhalb des äussern Plattenrandes, so berechnen sich

1. Ergänzende Zugbewehrung:

$$f_1 = \frac{14,8}{1,1 \cdot 1} = 13,45 \text{ cm}^2$$

2. Druckbewehrung:

$$x = \frac{n}{n + \gamma} h = 1,15 \frac{20}{48,6} = 0,473 \text{ m}$$

Zulässige Spannung in den Druckkeilen

$$\sigma_d = 10 \cdot 35 \frac{423}{473} = 0,313 \text{ t/cm}^2$$

$$f' = \frac{14,8}{0,313} = 47,3 \text{ cm}^2$$

Einseitige Zugbewehrung bei Berücksichtigung der Druckzone im Steg 91,6 cm<sup>2</sup>

Doppelbewehrung bei Vernachlässigung der Druckzone im Steg 75,2 (aus Beispiel 8) + 13,45 + 47,3 = ~ 136 cm<sup>2</sup>

Also Mehrbedarf an Eisen 48,5 %!

Die Beziehungen (7), (8) und (9) lassen sich natürlich wieder, und hier besonders einfach, mit Hülfe der Tabellenwerte nomographisch darstellen, wodurch die Interpolationsarbeit, besonders bei den Bemessungsaufgaben (3) und (4) erspart wird. Diese Nomogramme behalte ich mir vor.

Tabellen oder Graphiken für die Berechnung der Spannungen sind bei T-förmigen und eigentlich auch bei rechteckigen Querschnitten überflüssig. Da die rechengemässen Spannungen in Verbundquerschnitten nur Vergleichswerte darstellen, denen keine wahre Bedeutung kommt, wäre es sehr zu begrüssen, wenn die zuständigen Kontrollbehörden in den verschiedenen Ländern endlich einmal auf die Forderung des Nachweises der Spannungen auf dem Gebiete der Eisenbetonkonstruktionen verzichten würden. Es läge sowohl im Interesse einer rationellen Projektverfassung als auch Kontrolle, wenn man sich mit der detaillierten Angabe der Bemessung begnügen könnte, auf Grund einheitlicher, behördlich geprüfter und anerkannter Bemessungstafeln.

### Hochbau-Normalien des schweizer. Verbandes zur Förderung des gemeinnützigen Wohnungsbau.

Mancher, der die hier auszugsweise zum Abdruck gebrachten Normalien zu Gesicht bekommt, wird den Vorwurf eines verspäteten Erscheinens erheben. Gewiss, die aussergewöhnlichen Verhältnisse, die zur Aufstellung der Normen Veranlassung gaben, haben sich sowohl in ihrem Auftreten wie Wiederabnehmen überstürzt, während die Ausarbeitung von ihrem Zweck wirklich dienenden und allen Anforderungen gerecht werdenden Normalienblätter ein gründliches Studium und damit einen gewissen Zeitaufwand erforderten.

Ihre Entstehung verdanken die Hochbau-Normalien, wie überhaupt die Normalisierung von Bau- und Maschinen-Elementen jener Zeit, da die Materialpreise, noch mehr aber die Arbeitslöhne schwindelnde Höhen erreichten, wo es galt, mit allen Mitteln Handarbeit auszuschalten, um die billiger und vor allem zuverlässiger arbeitende Maschine mehr in Wirksamkeit treten zu lassen. Die Massenfabrikation soll den Wohnungsbau verbilligen und dieses Bestreben wurde noch durch den Umstand gefördert, dass die private „Einzelbautätigkeit“ durch das genossenschaftliche Bauen abgelöst wurde. Ein allen Genossenschaftern genehmer Haustyp konnte so in grosser Anzahl einheitlich durchgeführt werden. In vielen dieser Kolonien wurde die Normalisierung einzelner Bauelemente bereits angewandt. Erst bei einer einheitlich durchgeföhrten Normali-