

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 79/80 (1922)  
**Heft:** 25

**Artikel:** Beiträge zur Berechnung von Eisenbeton-Querschnitten auf einheitlicher tabellarischer Grundlage  
**Autor:** Pasternak, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-38105>

### **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. Einzahl-Pfeilgetriebe. Der Besuch der deutschen technischen Hochschulen im Wintersemester 1921/1922. Ein neues Pro-

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.

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

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

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 (I) 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:

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

Eine solche Tabelle könnte, da sie unabhängig von  $n$  ist, in allen Ländern als Universal-Tabelle benützt 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  $n$  benützen 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

$$\left. \begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M}{W_b} = \frac{M}{K_1 b h^2} \quad ^1), \quad \sigma_e = \gamma \sigma_b \\ \text{oder auch} \\ \sigma_e &= \frac{M}{W_e} = \frac{M}{K_2 b h^2} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

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

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

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

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

Die Berechnung erfolgt genügend genau mit dem Rechenchieber. 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  $M = \sigma_b K_1 b h^2 = \sigma_e K_2 b h^2$  liefern bei Wahl einer der Abmessungen die andere, worauf dann auch  $f$  aus  $f = \frac{\mu b h}{100}$  bestimmt ist.  $M$  gehört zum gegebenen  $\gamma$ .

Beispiel 2:  $M = 19,7 \text{ t/m}$ ,  $b = 0,35 \text{ m}$ ,  $\sigma_e = 1000 \text{ kg/cm}^2$   
 $h = ?$   $f = ?$   $\sigma_b = 35$  „

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

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

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

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

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  $n = 20$ .

$\gamma$ $\sigma_e/\sigma_b$	$\xi$ $x/\xi \cdot h$	$\varrho$ $h - \xi \cdot \varrho \cdot h$	$K_1$ $\sigma_b \cdot M$ $K_1 b h^2$	$K_2$ $\sigma_e \cdot M$ $K_2 b h^2$	$\mu$ $f$ $\mu b h$	$\gamma$	$\xi$	$\varrho$	$K_1$	$K_2$	$\mu$
5	0,800	0,733	293	587	8,00	58	256	9145	1172	202	221
6	769	7436	286	477	641	59	253	9156	1159	1964	2145
7	741	753	279	398	529	60	250	917	1146	1910	208
8	714	762	272	340	446	61	247	918	1133	1857	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	9216	1084	1668	181
13	606	798	242	1860	233	66	232	922	1073	1625	1762
14	588	804	236	1689	210	67	230	923	1061	1584	1715
15	571	8095	231	1542	1903	68	227	924	1050	1544	1671
16	556	815	226	1415	174	69	225	925	1039	1506	163
17	5405	820	222	1303	159	70	222	926	1029	1470	159
18	526	8245	217	1206	1463	71	220	927	1018	1434	155
19	513	829	2126	1119	135	72	217	9275	1008	1400	151
20	500	833	208	1042	125	73	215	928	998	1367	1473
21	488	837	204	973	1164	74	213	929	988	1336	144
22	476	841	200	910	1082	75	2105	930	979	1305	1404
23	465	845	1963	854	1011	76	208	9305	969	1275	1371
24	4545	848	1928	804	947	77	206	931	960	1247	134
25	444	852	1893	757	889	78	204	932	951	1219	131
26	435	855	1859	715	836	79	202	9327	942	1192	128
27	4255	858	1826	676	788	80	200	933	933	1167	125
28	417	861	1794	641	744	81	198	934	925	1142	1222
29	408	864	1763	608	704	82	1961	9346	916	1117	120
30	400	867	1733	578	667	83	1942	935	908	1094	117
31	392	869	1704	550	6325	84	1923	936	900	1071	1145
32	385	872	1677	524	604	85	1905	9365	892	1049	112
33	377	874	1649	500	572	86	1887	937	884	1028	110
34	370	8765	1623	477	545	87	1870	938	876	1007	1074
35	364	879	1598	457	519	88	1852	938	869	987	1052
36	357	881	1573	437	496	89	1835	939	861	968	1031
37	351	883	1549	419	474	90	1820	939	854	949	1010
38	345	885	1526	402	454	91	1802	940	847	931	990
39	339	887	1503	385	4346	92	1786	940	840	913	9703
40	333	889	1481	370	417	93	1770	941	833	895	9515
41	328	891	1460	356	400	94	1754	9415	826	879	933
42	3226	8925	1439	343	384	95	1740	942	818	861	915
43	317	894	1419	330	369	96	1724	9425	8125	846	898
44	3125	896	1400	318	355	97	1710	943	806	831	881
45	308	897	1381	307	342	98	1695	9435	800	816	865
46	303	899	1362	296	329	99	1681	944	793	801	849
47	2985	9005	1344	286	3176	100	1667	944	787	787	833
48	294	902	1326	276	306	101	1653	945	781	773	818
49	290	9034	1309	267	296	102	1640	945	775	760	804
50	286	905	1293	259	286	103	1630	946	769	7465	789
51	282	906	1276	250	276	104	1613	946	763	734	775
52	278	907	1260	242	267	105	1600	947	757	721	762
53	274	909	1245	234	258	106	1590	947	751	709	749
54	270	910	1230	228	250	107	1575	9475	746	697	736
55	267	911	1215	221	242	108	1562	948	740	685	723
56	263	912	1200	214	235	109	1550	948	735	674	711
57	260	913	1186	208	228	110	1538	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 Bemessungstabellen für nicht notwendig, umso mehr, da sie nur für ganz bestimmte Spannungswerte gegeben werden können.

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

Dies ist der wichtigste und häufigste Bemessungsfall der Praxis. Gewöhnlich wird er durch Schätzung des innern Hebelarmes gelöst. In der Tat darf man, wenn die Betondruckspannung nicht bedeutend kleiner wie die zulässige ist,  $\sigma$  als zum  $\gamma_{zul}$  gehörig, der Tabelle entnehmen; denn aus der  $\sigma$ -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:  $M = 5,2 \text{ tm}$ ,  $b = 0,32$ ,  $h = 1,05 \text{ m}$ .  
Zulässige Spannungen:  $\sigma_e = 1200$ ,  $\sigma_b = 40$ ,  $\gamma_{zul} = 30$

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

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

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

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

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

Folgt aus der Tabelle das zu  $K_2$  zugehörige  $\gamma < \gamma_{zul}$ , also  $\sigma_b > \sigma_{zul}$  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:

$$\left. \begin{array}{l} \text{Hochbau:} \\ \sigma_b = 40 + 0,1 (1200 - \sigma_e) \quad \text{im max. } 60 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Strassenbrücken:} \\ \sigma_b = 35 + 0,075 (1000 - \sigma_e) \quad \text{,, } \quad 50 \quad \text{,,} \\ \text{Eisenbahnbrücken:} \\ \sigma_b = 30 + 0,05 (800 - \sigma_e) \quad \text{,, } \quad 40 \quad \text{,,} \end{array} \right\} (4)$$

wenn also gleichzeitig die zulässigen Eisenzugspannungen 1200, 1000, 800 auf bezw. 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 Zug-eisen und *nicht* durch Ueberwinden der Betondruckfestigkeit.

Gewöhnlich ist der Nutzquerschnitt  $bh$  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)

$\gamma$	Hochbauten $M/bh^2$	$\sigma_b$	$\sigma_e$	Strassenbrücken $M/bh^2$	$\sigma_b$	$\sigma_e$	Eisenbahnbrücken $M/bh^2$	$\sigma_b$	$\sigma_e$	$\mu = \frac{A_s}{bh}$
15							92,5	40	600	1,905
16				113,2	50	800	88,0	38,9	622	1,736
16,57	133,7	60	1000							1,638
17	131,3	59,3	1000	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	1,350
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	1,161
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	32,6	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
26,57							55,1	30	800	0,804
27	78,96	43,2	1166	66,4	36,4	983				0,788
28	75,5	42,1	1179	63,7	35,5	994				0,744
28,57				62,1	35,0	1000				0,721
29	72,3	41	1189							0,704
30	69,3	40	1200	$M \text{ in } \frac{1}{100} \text{ tm}$	$\sigma_b$ und $\sigma_e$ in	$\text{kg/cm}^2$	$b$ und $h$ in 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  $M = 23,5 \text{ tm}$ ,  $b = 0,30$ ,  
 $h = 0,82 \text{ m}$ ,  $bh = 0,246 \text{ m}^2$ ,  $bh^2 = 0,2017 \text{ m}^3$ ,  $\frac{M}{bh^2} =$

$$\frac{23,5}{0,2017} = 116,5$$

Interpolations-Multiplikator (Intervall  $\gamma = 19 \div 20$ )

$$i = \frac{0,8}{6,2} = 0,129.$$

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

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

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

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

Die Berechnung der Spannungen kann natürlich auch unterbleiben.

## 2. Biegung mit Axialkraft.

Bemessung der Bewehrung bei gegebenem Nutzquerschnitt  $bh$ .

Eine einseitige, bis zur zulässigen Zugspannung  $\sigma_e \text{ zul}$  voll ausgenützte Zugbewehrung ist in diesem Fall nur dann wirtschaftlich, wenn  $\sigma_b < \sigma_b \text{ zul}$  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 Hilfe 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  $K_2 = \frac{M_e}{\sigma_e \text{ zul } b h^2}$

gehört. Das zweite, von vornherein bekannte Glied, tritt mit dem obern 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

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

und

$$\mu_z = \mu \mp \frac{100 p}{\gamma}$$

Multipliziert man mit  $\frac{bh}{100}$  aus, so erhält man (6) unter Berücksichtigung von  $p = \frac{P}{\sigma_b bh}$  und  $\gamma \sigma_b = \sigma_e$ .



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

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

$$bh = 0,76 \text{ m}^2, bh^3 = 0,722 \text{ m}^3, K_2 = \frac{59,3}{0,722 \cdot 1,2} = 68,5$$

$$\gamma = 26 + \frac{30}{39} = 26,77, \sigma_b = \frac{1200}{26,77} = 44,8 \text{ kg/cm}^2 (< \sigma_{b \text{ zul}})$$

$$\mu = 0,788 + 0,23 \cdot 0,048 = 0,799 \text{ } 0/0$$

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

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  $K_1 = \frac{M_e}{\sigma_b bh^2}$  gehörige  $\mu$  der Tabelle I. Ein Beispiel erübrigt sich.

#### Berechnung der Spannungen:

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

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

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

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

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

$$e = \frac{59,3}{64} = 0,927, \frac{h}{e} = \frac{0,95}{0,927} = 1,024$$

$$\mu_s = \frac{2655}{7600} = 0,349 \text{ } 0/0$$

$$\gamma = 14 : \mu = 2,10 \quad \gamma = 15 : \mu = 1,905$$

$$\text{also } -100 \frac{h}{e} K_2 = 1,73 \quad -100 \frac{h}{e} K_2 = 1,580$$

$$\gamma = 14 + \frac{21}{45} = 14,467$$

$$K_1 = 2,36 - 0,467 \cdot 0,05 = 2,34,$$

$$\sigma_b = \frac{59,3}{0,722 \cdot 2,34} = 35,2 \text{ kg/cm}^2,$$

$$\sigma_e = 35,2 \cdot 14,467 = \sim 509 \text{ kg/cm}^2$$

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:

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

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  $K_2 = \frac{M_e}{\sigma_{e \text{ zul}} bh^2}$  bzw.  $K_1 = \frac{M_e}{\sigma_{b \text{ zul}} bh^2}$  und hierauf dem Nomogramm  $\mu_s$ . 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  $K_1$ -Kolonnen als frei von  $n$ , ungeändert gelassen werden. Die Einsicht, dass  $n\mu$ ,  $\gamma : n$  und  $nK_2$  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

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

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

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

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

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

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

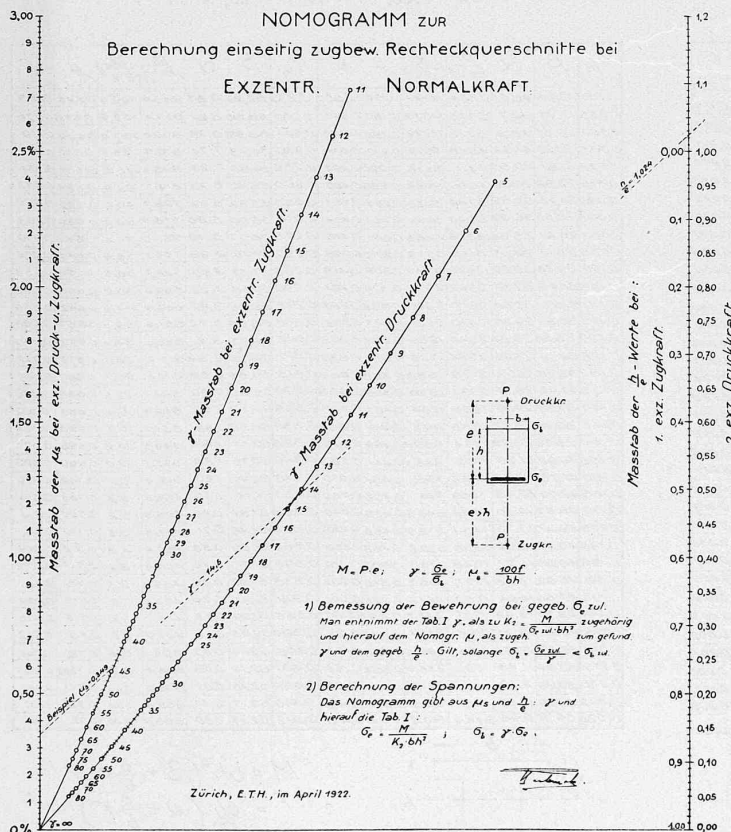


Abb. 7. Nomogramm zur Berechnung einseitig zugbewehrter Rechteck-Querschnitte bei exzentrischer Normalkraft.

Bemessung der Bewehrung:

Hält man z. B.  $\sigma_{ezul}$  fest, so gilt

$$20 K_2 = n \cdot K_2', \text{ also } K_2 = \frac{n}{20} K_2' = \frac{n}{20} \frac{M}{\sigma_{ezul} b h^2}$$

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 Nomo-gramm für Biegung mit Axialkraft bei einseitiger Zugbewehrung für jedes beliebige  $n$  benützt 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 gestatten 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 Hilfe der Tabelle I und folgendem, auf das Superpositions-gesetz sich stützenden, Grundgedanken berechnet werden:

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

Querschnitte aufgefasst werden, mit derselben Spannung in der Zugbewehrung.

Bezeichnet  $M_s$  das Biegemoment (Querschnittmoment), 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

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

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

Führt man die abkürzenden Bezeichnungen ein:

$$\alpha = \sigma_f \left(1 - \frac{d}{h}\right)^2 K_2' = f_1\left(\frac{d}{h}\right), \quad \beta = \sigma_f K_2 - \alpha = f_2\left(\frac{d}{h}\right)$$

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.

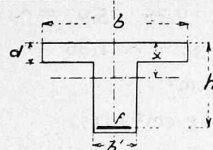
Das zweite Glied gibt den Einfluss des Steges und kann bei gewöhnlichen Deckenbalken vernachlässigt werden.

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

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

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

$d/h$	$\beta$	$\alpha$	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)^2}$	$\mu$	$\nu$	$d/h$	$\beta$	$\alpha$	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)^2}$	$\mu$	$\nu$
0.05	18.26	7.10	5.11	20.120	0.158	0.529	0.230	59.03	11.16	10.30	194.7	0.547	0.120
0.055	19.91	6.90	49.42	163.30	0.158	0.499	0.235	59.27	10.90	9.65	174.4	0.554	0.113
0.060	21.51	5.975	47.88	132.84	0.160	0.481	0.240	59.88	10.65	9.05	157.1	0.560	0.107
0.065	23.17	5.484	46.16	109.26	0.169	0.468	0.245	60.89	10.44	8.44	140.6	0.567	0.100
0.070	24.65	5.031	44.68	91.19	0.179	0.454	0.250	61.45	10.24	7.88	126.1	0.573	0.094
0.075	26.10	4.610	43.23	76.86	0.189	0.440	0.255	62.01	10.04	7.32	112.6	0.579	0.088
0.080	27.64	4.219	41.89	65.14	0.199	0.427	0.260	62.54	9.85	6.79	100.4	0.585	0.082
0.085	29.14	3.853	40.60	55.89	0.209	0.414	0.265	63.04	9.67	6.29	89.6	0.591	0.076
0.090	30.67	3.506	39.36	47.70	0.219	0.401	0.270	63.53	9.49	5.80	79.6	0.597	0.070
0.095	32.10	3.173	38.16	40.20	0.229	0.387	0.275	64.01	9.31	5.34	70.5	0.602	0.065
0.100	33.57	2.853	36.99	33.96	0.239	0.375	0.280	64.49	9.14	4.90	62.5	0.607	0.060
0.105	34.97	2.543	35.84	28.60	0.249	0.363	0.285	64.96	8.97	4.47	55.0	0.612	0.055
0.110	36.41	2.241	34.71	23.85	0.259	0.351	0.290	65.43	8.80	4.07	48.4	0.617	0.050
0.115	37.79	1.947	33.60	19.56	0.269	0.339	0.295	65.89	8.64	3.70	42.5	0.622	0.046
0.120	39.20	1.660	32.50	15.62	0.279	0.327	0.300	66.34	8.48	3.33	37.0	0.625	0.042
0.125	40.63	1.379	31.41	12.00	0.289	0.315	0.305	66.79	8.33	2.99	31.7	0.630	0.037
0.130	42.09	1.103	30.33	8.69	0.299	0.304	0.310	67.24	8.18	2.67	27.0	0.633	0.034
0.135	43.57	0.832	29.26	5.66	0.309	0.293	0.315	67.69	8.03	2.36	22.4	0.637	0.030
0.140	45.06	0.566	28.20	2.90	0.319	0.282	0.320	68.14	7.88	2.04	18.4	0.640	0.027
0.145	46.56	0.305	27.15	0.40	0.329	0.271	0.325	68.59	7.73	1.73	14.9	0.644	0.023
0.150	48.07	0.049	26.10	0.00	0.339	0.260	0.330	69.04	7.58	1.42	11.5	0.647	0.020
0.155	49.59	0.000	25.06	0.00	0.349	0.249	0.335	69.49	7.43	1.12	8.4	0.650	0.017
0.160	51.12	0.000	24.03	0.00	0.359	0.238	0.340	69.94	7.28	0.82	5.6	0.653	0.015
0.165	52.66	0.000	23.01	0.00	0.369	0.227	0.345	70.39	7.13	0.53	3.0	0.656	0.013
0.170	54.21	0.000	22.00	0.00	0.379	0.216	0.350	70.84	6.98	0.24	0.6	0.659	0.010
0.175	55.77	0.000	21.00	0.00	0.389	0.205	0.355	71.29	6.83	0.00	0.0	0.662	0.008
0.180	57.34	0.000	20.00	0.00	0.399	0.194	0.360	71.74	6.68	0.00	0.0	0.665	0.007
0.185	58.91	0.000	19.00	0.00	0.409	0.183	0.365	72.19	6.53	0.00	0.0	0.668	0.006
0.190	60.49	0.000	18.00	0.00	0.419	0.172	0.370	72.64	6.38	0.00	0.0	0.671	0.005
0.195	62.07	0.000	17.00	0.00	0.429	0.161	0.375	73.09	6.23	0.00	0.0	0.674	0.004
0.200	63.66	0.000	16.00	0.00	0.439	0.150	0.380	73.54	6.08	0.00	0.0	0.677	0.003
0.205	65.25	0.000	15.00	0.00	0.449	0.139	0.385	73.99	5.93	0.00	0.0	0.680	0.002
0.210	66.84	0.000	14.00	0.00	0.459	0.128	0.390	74.44	5.78	0.00	0.0	0.683	0.001
0.215	68.43	0.000	13.00	0.00	0.469	0.117	0.395	74.89	5.63	0.00	0.0	0.686	0.000
0.220	70.02	0.000	12.00	0.00	0.479	0.106	0.400	75.34	5.48	0.00	0.0	0.689	0.000
0.225	71.61	0.000	11.00	0.00	0.489	0.095	0.405	75.79	5.33	0.00	0.0	0.692	0.000
0.230	73.20	0.000	10.00	0.00	0.499	0.084	0.410	76.24	5.18	0.00	0.0	0.695	0.000
0.235	74.79	0.000	9.00	0.00	0.509	0.073	0.415	76.69	5.03	0.00	0.0	0.698	0.000



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

$$f = \frac{b h}{100} \left( \mu + \frac{b'}{b} \nu \right)$$

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

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

$\alpha/h$	$\beta$	$\alpha$	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)^2}$	$\mu$	$\nu$	$\alpha/h$	$\beta$	$\alpha$	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)^2}$	$\mu$	$\nu$
0.05	15.96	4.62	6.384	18.484	0.154	0.557	0.235	52.80	9.27	9.559	169.6	0.588	0.133
0.055	17.47	4.47	5.776	14.776	0.160	0.541	0.240	53.36	8.87	9.284	152.9	0.595	0.126
0.060	18.87	4.33	5.242	12.029	0.166	0.526	0.245	53.99	8.27	8.980	137.8	0.602	0.119
0.065	20.29	4.188	4.803	9.913	0.171	0.511	0.250	54.63	7.74	8.709	123.8	0.610	0.111
0.070	21.61	4.046	4.441	8.278	0.176	0.497	0.255	55.28	7.23	8.450	111.2	0.617	0.104
0.075	22.98	3.909	4.086	6.968	0.181	0.482	0.260	55.94	6.75	8.207	99.8	0.623	0.098
0.080	24.25	3.772	3.789	5.925	0.186	0.467	0.265	56.60	6.29	7.987	89.6	0.629	0.092
0.085	25.58	3.659	3.540	5.084	0.191	0.452	0.270	57.24	5.83	7.773	80.0	0.636	0.085
0.090	26.81	3.548	3.308	4.363	0.196	0.440	0.275	57.87	5.40	7.575	71.4	0.642	0.079
0.095	28.10	3.447	3.113	3.775	0.201	0.428	0.280	58.49	4.99	7.390	63.6	0.647	0.074
0.100	29.28	3.299	2.928	3.283	0.206	0.413	0.285	59.11	4.60	7.217	56.6	0.653	0.069
0.105	30.46	3.172	2.762	2.871	0.211	0.401	0.290	59.75	4.22	7.050	50.2	0.658	0.063
0.110	31.67	3.050	2.617	2.521	0.216	0.387	0.295	60.38	3.91	6.894	44.9	0.662	0.059
0.115	32.80	2.937	2.480	2.221	0.221	0.374	0.300	61.00	3.62	6.751	39.9	0.667	0.053
0.120	33.88	2.834	2.349	1.968	0.226	0.363	0.305	61.63	3.2	6.630	34.4	0.672	0.049
0.125	34.91	2.736	2.234	1.745	0.231	0.350	0.310	62.29	2.88	6.518	29.0	0.677	0.044
0.130	35.98	2.649	2.129	1.550	0.236	0.338	0.315	62.94	2.59	6.406	24.0	0.681	0.040
0.135	37.03	2.561	2.031	1.379	0.241	0.326	0.320	63.59	2.32	6.294	19.6	0.686	0.036
0.140	38.09	2.478	1.938	1.234	0.246	0.315	0.325	64.25	2.07	6.182	15.6	0.689	0.032
0.145	39.06	2.397	1.855	1.102	0.251	0.303	0.330	64.93	1.82	6.071	12.1	0.693	0.028
0.150	40.06	2.325	1.774	0.989	0.256	0.292	0.335	65.60	1.59	5.967	9.3	0.696	0.025
0.155	41.09	2.258	1.702	0.886	0.261	0.280	0.340	66.28	1.39	5.867	7.0	0.699	0.022
0.160	42.14	2.193	1.632	0.796	0.266	0.270	0.345	66.97	1.20	5.770	5.0	0.702	0.019
0.165	43.22	2.129	1.569	0.714	0.271	0.260	0.350	67.67	1.02	5.678	3.3	0.705	0.016
0.170	44.31	2.067	1.508	0.643	0.276	0.250	0.355	68.38	0.86	5.589	1.9	0.707	0.014
0.175	45.44	2.007	1.450	0.579	0.281	0.240	0.360	69.10	0.71	5.503	0.8	0.710	0.011
0.180	46.58	1.949	1.395	0.522	0.286	0.230	0.365	69.83	0.58	5.420	0.3	0.712	0.009
0.185	46.96	1.921	1.343	0.473	0.291	0.220	0.370	70.57	0.46	5.338	0.1	0.714	0.007
0.190	46.82	1.935	1.297	0.428	0.296	0.210	0.375	71.32	0.35	5.257	0.0	0.715	0.005
0.195	47.33	1.864	1.250	0.384	0.301	0.200	0.380	72.09	0.26	5.176	0.0	0.717	0.004
0.200	48.28	1.800	1.201	0.342	0.306	0.190	0.385	72.89	0.18	5.098	0.0	0.718	0.003
0.205	48.96	1.743	1.155	0.304	0.311	0.182	0.390	73.65	0.12	5.023	0.0	0.719	0.002
0.210	49.67	1.690	1.116	0.268	0.316	0.173	0.395	74.40	0.07	4.950	0.0	0.720	0.001
0.215	50.84	1.648	1.080	0.239	0.321	0.165	0.400	75.14	0.03	4.884	0.0	0.720	0.000
0.220	50.98	1.619	1.053	0.212	0.326	0.158	0.405	76.01	0.01	4.823	0.0	0.721	0.000
0.225	51.20	1.597	1.019	0.188	0.331	0.148	0.410	76.17	0.00	4.768	0.0	0.721	0.000
0.230	52.62	1.566	0.986	0.168	0.336	0.140	0.415	76.17	0.00	4.720	0.0	0.721	0.000



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,  $\sigma_c = 1 \text{ t/cm}^2$ ,  $\sigma_s = 35 \text{ kg/cm}^2$ .

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

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

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

Tabelle IV gibt:  $\beta = 33,83 + 0,4 \cdot 1,08 = 34,26$

$$\alpha = 28,34 - 0,43 = 27,91$$

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

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

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

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

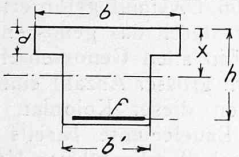
$$\mu_s = 0,363 + 0,222 \cdot 0,358 = 0,4425 \%$$

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

Tab. V. Koeffizienten T-förmiger Eisenbeton-Querschnitte

$$\sigma_c = 800, \sigma_b = 30, n = 20, x > d.$$

$\frac{d}{h}$	$\beta$	$\alpha$	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)}$	$\mu$	$\nu$	$\frac{d}{h}$	$\beta$	$\alpha$	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)}$	$\mu$	$\nu$
0,05	13,74	41,37	54,96	824,8	0,175	0,628	0,240	46,43	8,58	806,0	150,7	0,648	0,155
0,055	15,00	40,11	49,59	826,0	0,192	0,611	0,245	46,93	8,18	781,8	136,3	0,655	0,148
0,060	16,23	38,84	45,09	808,0	0,208	0,595	0,250	47,41	7,70	758,6	123,2	0,664	0,139
0,065	17,41	37,7	41,21	802,4	0,224	0,579	0,255	47,88	7,25	736,1	111,5	0,671	0,132
0,070	18,54	36,65	37,68	748,0	0,240	0,563	0,260	48,31	6,80	714,5	100,0	0,679	0,124
0,075	19,79	35,35	35,19	628,0	0,254	0,549	0,265	48,74	6,37	694,0	90,7	0,686	0,117
0,080	20,91	34,20	32,67	534,4	0,271	0,533	0,270	49,15	5,96	674,3	81,8	0,693	0,110
0,085	22,02	33,09	30,48	458,0	0,286	0,517	0,275	49,54	5,57	654,9	73,6	0,700	0,103
0,090	23,14	31,97	28,65	394,5	0,301	0,502	0,280	49,93	5,18	636,5	66,0	0,707	0,096
0,095	24,18	30,93	26,79	342,7	0,316	0,487	0,285	50,30	4,81	619,2	59,2	0,713	0,090
0,100	25,24	29,87	25,24	298,7	0,331	0,472	0,290	50,65	4,46	602,4	53,0	0,719	0,084
0,105	26,27	28,84	23,83	261,6	0,346	0,457	0,295	50,99	4,12	586,0	47,3	0,725	0,078
0,110	27,23	27,88	22,50	230,4	0,359	0,444	0,300	51,31	3,80	570,0	42,2	0,731	0,072
0,115	28,23	26,88	21,35	203,3	0,373	0,430	0,305	51,61	3,50	554,4	37,6	0,736	0,067
0,120	29,21	25,90	20,28	179,8	0,387	0,416	0,310	51,91	3,20	540,4	33,3	0,741	0,062
0,125	30,12	24,99	19,28	159,9	0,400	0,403	0,315	52,19	2,92	526,1	29,4	0,747	0,056
0,130	31,07	24,04	18,36	142,2	0,412	0,391	0,320	52,45	2,66	512,2	26,0	0,751	0,052
0,135	32,01	23,10	17,55	126,7	0,425	0,378	0,325	52,72	2,39	499,2	22,6	0,756	0,047
0,140	32,88	22,25	16,77	113,5	0,438	0,365	0,330	52,94	2,17	486,2	19,9	0,761	0,042
0,145	33,70	21,41	16,03	101,8	0,451	0,352	0,335	53,15	1,95	473,6	17,4	0,765	0,038
0,150	34,53	20,58	15,35	91,4	0,463	0,340	0,340	53,37	1,74	461,6	15,0	0,769	0,034
0,155	35,35	19,76	14,72	82,2	0,475	0,328	0,345	53,58	1,53	450,0	12,9	0,773	0,030
0,160	36,14	18,97	14,12	74,1	0,487	0,316	0,350	53,76	1,33	439,0	11,0	0,776	0,027
0,165	36,93	18,18	13,56	66,7	0,499	0,304	0,355	53,93	1,18	427,9	9,4	0,779	0,024
0,170	37,68	17,43	13,04	60,3	0,511	0,292	0,360	54,09	1,02	417,4	7,9	0,782	0,021
0,175	38,45	16,66	12,55	54,9	0,522	0,281	0,365	54,24	0,87	407,2	6,5	0,785	0,018
0,180	39,19	15,92	12,09	49,1	0,533	0,270	0,370	54,37	0,74	397,2	5,4	0,788	0,015
0,185	39,86	15,25	11,65	44,5	0,543	0,260	0,375	54,50	0,61	387,6	4,3	0,790	0,013
0,190	40,57	14,54	11,24	40,2	0,554	0,249	0,380	54,61	0,50	378,3	3,5	0,793	0,010
0,195	41,21	13,90	10,83	36,5	0,564	0,239	0,385	54,71	0,40	369,0	2,7	0,796	0,008
0,200	41,85	13,26	10,45	33,4	0,574	0,229	0,390	54,80	0,31	360,2	2,0	0,797	0,006
0,205	42,52	12,59	10,12	29,9	0,584	0,219	0,395	54,88	0,23	351,8	1,5	0,798	0,005
0,210	43,13	11,98	9,782	27,1	0,594	0,209	0,400	54,94	0,17	343,4	1,1	0,799	0,004
0,215	43,72	11,39	9,458	24,6	0,604	0,199	0,405	55,00	0,11	335,3	0,7	0,801	0,002
0,220	44,30	10,81	9,15	22,3	0,613	0,190	0,410	55,04	0,07	327,4	0,4	0,802	0,001
0,225	44,88	10,23	8,864	20,2	0,622	0,181	0,415	55,07	0,04	319,8	0,2	0,802	0,001
0,230	45,39	9,72	8,579	18,3	0,631	0,172	0,420	55,11	0,005	312,3	0	0,803	0,000
0,235	45,93	9,18	8,316	16,6	0,639	0,164	0,423	55,11	0	300,5	0	0,803	0,000



$$M = bh^2 \left( \beta + \frac{b'}{b} \alpha \right) \text{ t/m}$$

$$f = \frac{bh}{100} \left( \mu + \frac{b'}{b} \nu \right) \text{ cm}^2$$

$$\frac{M}{bd^2} = \frac{\beta}{(d/h)^2} + \frac{\alpha}{(d/h)} \text{ t/m}^2$$

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

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

$$(14,4 \% \text{ weniger})$$

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

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 (dalles 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  $d = 0,20 \text{ m}$ ,  $b = ?$

$$\frac{d}{h} = \frac{0,20}{0,95} = \sim 0,21, b' h^2 = 0,5 \cdot 0,95^2 = 0,452 \text{ m}^3.$$

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)

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

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

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

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

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:

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

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

SCHWEIZERISCHER VERBAND ZUR FÖRDERUNG  
DES GEMEINNÜTZIGEN WOHNUNGSBAUES  
NORMALIEN FÜR DEN HOCHBAU  
FENSTER MIT UND OHNE LUFTFÜGEL BLATT 2  
MASSSTAB 1:20 DETAIL MASSSTAB 1:2

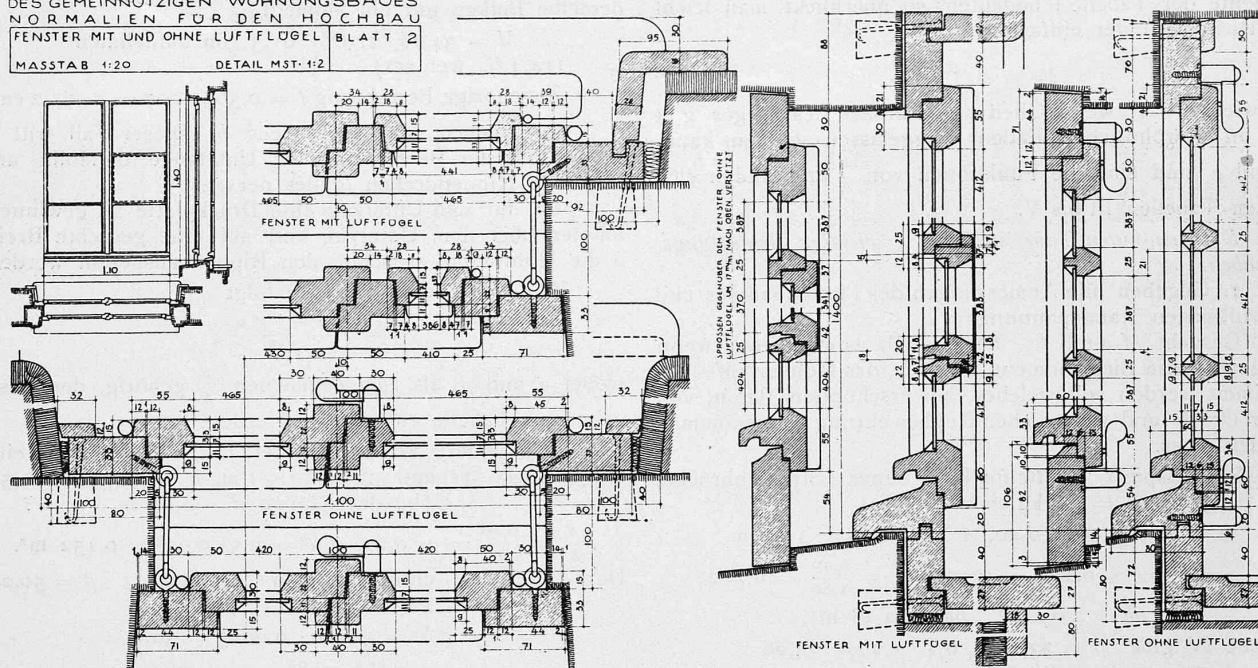


Abb. 1. Hochbau-Normalien für die deutsche Schweiz, Blatt 2, nach dem Plandruck-Original auf  $\frac{1}{3}$  verkleinert. — Massstäbe 1:60 und 1:6.

$$\frac{d}{h} = 0,120 : \beta = 2349, \quad \frac{d}{h} = 0,125 : \beta = 2234$$

$$+ \frac{b'}{b} a = \frac{437}{2786} \quad + \frac{b'}{b} a = \frac{387}{2621}$$

also  $\frac{d}{h} = 0,120 + 0,005 \frac{56}{165} = 0,1217, \quad h = 1,15$

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

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

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  $a$ . Mit den Rechenergebnissen des Beispiels 8 folgt für das Moment, welches durch eine Druck- und eine ergänzende Zugbewehrung aufzunehmen ist, der Wert

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

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 Druckeisen

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

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

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 Hilfe 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 rechen-gemässen Spannungen in Verbundquerschnitten nur Vergleichswerte darstellen, denen keine *wahre* Bedeutung zukommt, 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 rationalen Projektverfassung als auch Kontrolle, wenn man sich mit der detaillierten Angabe der Bemessung begnügen könnte, auf Grund einheitlicher, behördlich geprüfter und anerkannter Bemessungstabellen.

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

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 Genossenschaftlern 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 durchgeführten Normali-