

Beiträge zur Berechnung von Eisenbeton-Querschnitten auf einheitlicher tabellarischer Grundlage

Autor(en): **Pasternak, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **79/80 (1922)**

Heft 25

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-38105>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

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. Einbahn-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 ξ 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: σ_b und σ_e . Man entnimmt der Tabelle I die zum gegebenen μ zugehörigen γ 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: $M = 27,55 \text{ tm}$, $b = 0,40$, $h = 0,95 \text{ m}$, $f = 6 \text{ } \phi \text{ } 30 = 42,41 \text{ cm}^2$, $b h = 0,4 \cdot 0,95 = 0,380$, $b h^2 = 0,95 \cdot 0,38 = 0,361$, $\mu = \frac{42,41}{3800} = 1,116 \text{ } \frac{0}{0} \text{ } \frac{M}{b h^2} = \frac{27,55}{0,361} = 76,4 \text{ t/m}^2$, $\gamma = 22 - \frac{34}{79} = 21,57$, $K_1 = 2,00 - 0,418 \cdot 0,04 = 2,017$

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

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

¹⁾ Die Koeffizienten K_1 und K_2 entsprechen dem Zahlwert $\frac{1}{6}$ 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, σ_b in kg/cm² und σ_e in t/cm² erhält.

Bemessungsaufgaben:

1. Fall: Gegeben M , σ_b , σ_e also auch γ ; 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 γ .

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

¹⁾ der letzten Einheit von K .

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

γ σ_e/σ_b	ξ $x/\xi \cdot h$	ϱ $h/\xi \cdot \varrho \cdot h$	K_1 $\sigma_b \cdot M$ $K_1 b h^2$	K_2 $\sigma_e \cdot M$ $K_2 b h^2$	μ $f \cdot 100 b h$	γ	ξ	ϱ	K_1	K_2	μ
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	1161	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 σ_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, σ als zum γ_{zul} gehörig, der Tabelle entnehmen; denn aus der σ -Kolonne ersieht man, dass diese Werte sich nur sehr wenig mit γ 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

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

Die Tafel liefert die prozentuale Bewehrung μ und mit K_1 oder γ auch σ_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 $\gamma = 30 : \sigma = 0,867$,
 $f = \frac{5,2}{0,867 \cdot 1,05 \cdot 1,2} = \frac{5,2}{1,092} = 4,76 \text{ cm}^2$ d. h. 7,5 % 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

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

und liest in der Tabelle, wie oben, die zugehörigen γ und μ 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/cm² 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)

γ	Hochbauten M/bh^2	σ_b	σ_e	Strassenbrücken M/bh^2	σ_b	σ_e	Eisenbahnbrücken M/bh^2	σ_b	σ_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	$M \text{ in } \frac{1}{100} \text{ tm}$	σ_b und σ_e in	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 μ konnten für ganzzahlige γ 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 $\gamma = 19 \div 20$)
 $i = \frac{0,8}{6,2} = 0,129$.

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

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

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

$$\sigma_e = 19,129 \cdot 55 = \sim 1050 \quad \text{,,}$$

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 σ_e voll ausgenützte Zugbewehrung ist in diesem Fall nur dann wirtschaftlich, wenn $\sigma_b < \sigma_{b \text{ zul}}$ sich ergibt. Da man σ_b , also auch γ , von vornherein nicht kennt, bietet die algebraische Bestimmung von f insofern eine Schwierigkeit, als man zur Bestimmung von γ (oder auch ξ) 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

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

μ ist darin der Tabellenwert, welcher zu $K_2 = \frac{M_e}{\sigma_e \gamma_{zul} b h^2}$

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

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

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)

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

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

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

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

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

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 μ 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

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

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

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

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

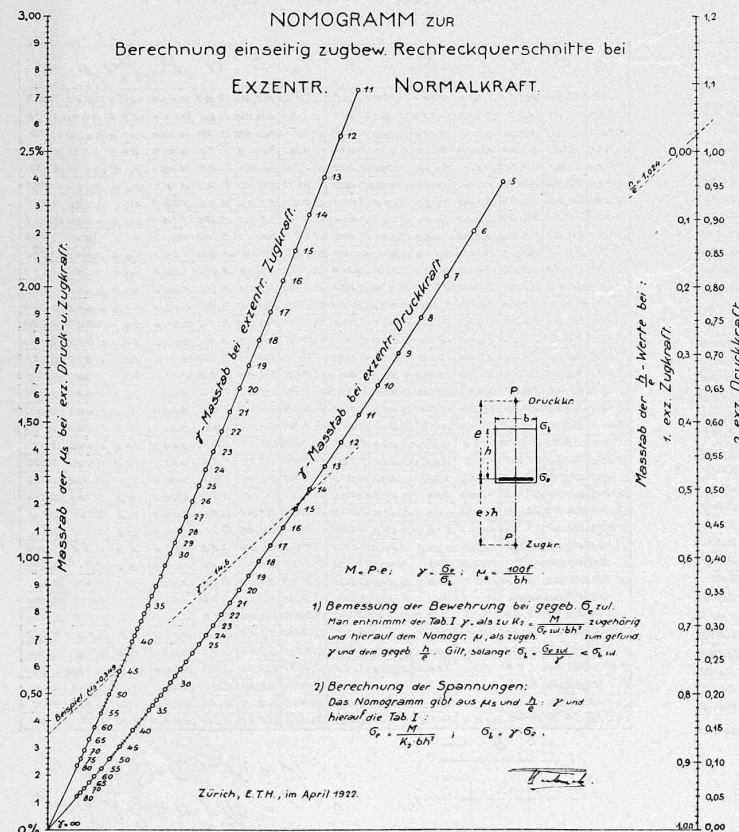


Abb. 7. Nomogramm zur Berechnung einseitig zugbewehrter Rechteck-Querschnitte bei exzentrischer Normalkraft.

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

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

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

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

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

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

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

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

Noch viel rascher gelangt man zu den Spannungen, wenn man γ dem Nomogramm der Abbildung 7 entnimmt¹⁾, dessen Konstruktion, nach den Ausführungen der vorigen Abhandlung keiner besonderen Erklärungen mehr bedarf. Man hat nur zu bedenken, dass die Gleichung (6a), in μ_s und $\frac{h}{e}$ die lineare Form besitzt:

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

(μ) (100 K_2)

Das Nomogramm konnte also graphisch, auf die besprochene Weise mit den Tabellenwerten μ 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 γ als entsprechenden

Wert zu $K_2 = \frac{M_e}{\sigma_{b\text{ zul}} bh^2}$ bzw. $K_1 = \frac{M_e}{\sigma_{b\text{ zul}} bh^2}$ und hierauf dem Nomogramm μ_s . Bei Zugkräften kann das Nomogramm nur für $\frac{h}{e} \leq 1$ benutzt werden.

3. Benützung der Tabelle I für andere Dehnungsmasse.

Wird ξ als unabhängige Variable gewählt, so können bei einem andern n , die ξ und K_1 -Kolonnen als frei von n , ungeändert gelassen werden. Die Einsicht, dass $n\mu$, $\gamma : n$ und nK_2 ebenfalls nur von ξ 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 μ' und die zur Spannungsermittlung notwendigen Koeffizienten mit K_1' und γ' 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 γ -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

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

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

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

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

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

¹⁾ Vergl. Anmerkung auf S. 266 der vorigen Abhandlung.

Bemessung der Bewehrung:

Hält man z. B. σ_{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 μ 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 benutzt werden, mit der gezeigten einfachen Umrechnung der γ und μ .

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 σ_b und σ_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

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

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

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 β und α den Tabellen III–V.

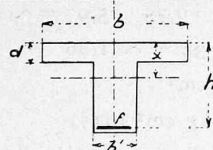
Das zweite Glied gibt den Einfluss des Steges und kann bei gewöhnlichen Deckenbalken vernachlässigt werden.

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

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

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

d/h	β	α	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)^2}$	μ	ν	d/h	β	α	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)^2}$	μ	ν
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	0,162	0,468	0,245	60,89	10,41	8,44	140,6	0,567	0,100
0,070	24,65	5,031	44,68	91,19	0,164	0,454	0,250	61,45	10,18	7,88	126,1	0,573	0,094
0,075	26,10	4,610	43,33	76,86	0,166	0,440	0,255	62,01	9,95	7,32	112,6	0,579	0,088
0,080	27,64	4,219	42,10	65,14	0,168	0,427	0,260	62,54	9,73	6,79	100,4	0,585	0,082
0,085	29,14	3,853	40,99	55,82	0,170	0,414	0,265	63,04	9,51	6,29	89,6	0,591	0,076
0,090	30,67	3,506	39,96	47,70	0,172	0,400	0,270	63,53	9,29	5,80	79,6	0,597	0,070
0,095	32,10	3,173	39,01	40,25	0,174	0,387	0,275	64,01	9,08	5,34	70,5	0,602	0,065
0,100	33,57	2,853	38,13	33,56	0,176	0,375	0,280	64,49	8,87	4,90	62,5	0,607	0,060
0,105	34,97	2,545	37,30	27,50	0,178	0,363	0,285	64,96	8,67	4,47	55,0	0,612	0,055
0,110	36,41	2,249	36,50	22,07	0,180	0,351	0,290	65,43	8,47	4,07	48,4	0,617	0,050
0,115	37,79	1,964	35,73	17,24	0,182	0,339	0,295	65,89	8,27	3,70	42,5	0,622	0,046
0,120	39,20	1,690	35,00	12,99	0,184	0,327	0,300	66,34	8,07	3,33	37,0	0,625	0,042
0,125	40,63	1,426	34,30	9,32	0,186	0,315	0,305	66,79	7,87	2,99	31,7	0,630	0,037
0,130	42,09	1,171	33,63	6,63	0,188	0,304	0,310	67,24	7,67	2,67	27,0	0,634	0,034
0,135	43,57	1,126	33,00	4,99	0,190	0,293	0,315	67,69	7,47	2,38	23,0	0,637	0,030
0,140	44,99	1,081	32,40	3,86	0,192	0,282	0,320	68,14	7,27	2,10	20,4	0,640	0,027
0,145	46,44	1,037	31,83	3,07	0,194	0,271	0,325	68,59	7,07	1,83	17,8	0,644	0,023
0,150	47,91	0,994	31,29	2,56	0,196	0,260	0,330	69,04	6,87	1,58	15,5	0,647	0,020
0,155	49,39	0,952	30,77	2,19	0,198	0,249	0,335	69,49	6,67	1,35	13,4	0,649	0,017
0,160	50,89	0,910	30,26	1,92	0,200	0,238	0,340	69,94	6,47	1,15	11,6	0,652	0,015
0,165	52,40	0,869	29,76	1,70	0,202	0,227	0,345	70,39	6,27	0,98	10,1	0,654	0,013
0,170	53,92	0,828	29,27	1,52	0,204	0,216	0,350	70,84	6,07	0,84	8,8	0,657	0,010
0,175	55,45	0,788	28,79	1,37	0,206	0,205	0,355	71,29	5,87	0,72	7,7	0,659	0,008
0,180	56,99	0,748	28,32	1,24	0,208	0,194	0,360	71,74	5,67	0,62	6,7	0,660	0,007
0,185	58,54	0,709	27,86	1,12	0,210	0,183	0,365	72,19	5,47	0,53	5,9	0,662	0,005
0,190	59,99	0,671	27,41	1,01	0,212	0,172	0,370	72,64	5,27	0,45	5,2	0,663	0,004
0,195	61,45	0,634	26,97	0,91	0,214	0,161	0,375	73,09	5,07	0,38	4,6	0,664	0,003
0,200	62,91	0,598	26,54	0,82	0,216	0,150	0,380	73,54	4,87	0,32	4,1	0,665	0,002
0,205	64,38	0,563	26,12	0,74	0,218	0,140	0,385	73,99	4,67	0,27	3,7	0,666	0,001
0,210	65,85	0,529	25,71	0,67	0,220	0,130	0,390	74,44	4,47	0,23	3,3	0,667	0,000
0,215	67,33	0,496	25,31	0,60	0,222	0,120	0,395	74,89	4,27	0,20	3,0	0,668	0,000
0,220	68,81	0,464	24,92	0,54	0,224	0,110	0,400	75,34	4,07	0,17	2,7	0,669	0,000
0,225	69,99	0,433	24,54	0,48	0,226	0,100	0,405	75,79	3,87	0,15	2,5	0,670	0,000
0,230	71,17	0,403	24,17	0,43	0,228	0,090	0,410	76,24	3,67	0,13	2,3	0,671	0,000
0,235	72,35	0,374	23,81	0,38	0,230	0,080	0,415	76,69	3,47	0,11	2,1	0,672	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
 $\sigma_e = 1000$, $\sigma_b = 35$, $n = 20$, $x > d$.

α/h	β	α	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)^2}$	μ	ν	α/h	β	α	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)^2}$	μ	ν
0,05	15,96	4,62	6384	18484	0,154	0,557	0,235	52,84	9,27	9559	169,6	0,588	0,133
0,055	17,47	4,47	5776	14776	0,160	0,541	0,240	53,36	8,81	9284	152,9	0,595	0,126
0,060	18,87	4,33	5242	12029	0,166	0,526	0,245	53,89	8,27	8980	137,8	0,602	0,119
0,065	20,29	4,188	4803	9919	0,170	0,511	0,250	54,43	7,74	8709	123,8	0,610	0,111
0,070	21,61	4,056	4441	8278	0,174	0,497	0,255	54,94	7,23	8450	111,2	0,617	0,104
0,075	22,96	3,919	4086	6968	0,178	0,482	0,260	55,42	6,75	8201	99,8	0,623	0,098
0,080	24,25	3,792	3789	5925	0,182	0,467	0,265	55,88	6,29	7957	89,6	0,629	0,092
0,085	25,58	3,669	3540	5084	0,186	0,452	0,270	56,34	5,83	7719	80,0	0,636	0,085
0,090	26,81	3,548	3308	4363	0,190	0,440	0,275	56,77	5,40	7505	71,4	0,642	0,079
0,095	28,07	3,419	3113	3775	0,194	0,426	0,280	57,18	4,99	7290	63,6	0,647	0,074
0,100	29,28	3,292	2928	3283	0,198	0,413	0,285	57,57	4,60	7087	56,6	0,653	0,069
0,105	30,43	3,172	2762	2871	0,202	0,400	0,290	57,95	4,22	6890	50,2	0,658	0,063
0,110	31,67	3,050	2617	2521	0,206	0,387	0,295	58,32	3,91	6694	44,9	0,662	0,059
0,115	32,89	2,927	2480	2221	0,210	0,374	0,300	58,67	3,52	6516	39,1	0,667	0,053
0,120	34,08	2,804	2349	1968	0,214	0,363	0,305	59,03	3,2	6336	34,4	0,672	0,049
0,125	35,24	2,676	2234	1745	0,218	0,350	0,310	59,29	2,88	6171	30,0	0,677	0,044
0,130	36,39	2,549	2129	1550	0,222	0,338	0,315	59,54	2,59	6006	26,1	0,681	0,040
0,135	37,53	2,426	2031	1379	0,226	0,326	0,320	59,79	2,32	5841	22,6	0,685	0,036
0,140	38,67	2,304	1938	1234	0,230	0,315	0,325	60,03	2,07	5680	19,6	0,689	0,032
0,145	39,80	2,181	1855	1102	0,234	0,303	0,330	60,27	1,82	5541	16,7	0,693	0,028
0,150	40,92	2,059	1774	989,0	0,238	0,292	0,335	60,51	1,59	5417	14,2	0,696	0,025
0,155	42,03	1,937	1702	886	0,242	0,280	0,340	60,75	1,39	5297	12,0	0,699	0,022
0,160	43,14	1,815	1632	796	0,246	0,270	0,345	60,99	1,20	5181	10,1	0,702	0,019
0,165	44,24	1,694	1569	714	0,250	0,259	0,350	61,23	1,02	5069	8,3	0,705	0,016
0,170	45,34	1,572	1508	643,6	0,254	0,248	0,355	61,47	0,86	4964	6,8	0,707	0,014
0,175	46,44	1,450	1450	579,9	0,258	0,238	0,360	61,71	0,71	4864	5,5	0,710	0,011
0,180	47,53	1,328	1395	522,6	0,262	0,228	0,365	61,95	0,58	4768	4,3	0,712	
0,185	48,64	1,206	1343	473,6	0,266	0,219	0,370	62,19	0,46	4680	3,4	0,714	0,009
0,190	49,68	1,085	1297	428,2	0,270	0,210	0,375	62,42	0,35	4597	2,5	0,715	0,005
0,195	50,73	1,064	1250	384,9	0,274	0,200	0,380	62,66	0,26	4518	1,8	0,717	0,004
0,200	51,80	1,043	1207	344,2	0,278	0,190	0,385	62,89	0,18	4441	1,2	0,718	0,003
0,205	52,86	1,021	1165	304,4	0,282	0,180	0,390	63,13	0,12	4369	0,8	0,719	0,002
0,210	53,97	1,000	1126	266,3	0,286	0,173	0,395	63,36	0,07	4299	0,4	0,720	0,001
0,215	55,04	1,188	1089	230,9	0,290	0,164	0,400	63,59	0,04	4234	0,2	0,720	0,000
0,220	55,98	1,119	1053	212	0,294	0,155	0,405	63,81	0,01	4173	0,05	0,721	0,000
0,225	57,00	1,057	1019	208,8	0,298	0,148	0,410	64,01	0,00	4116	0,00	0,721	0,000
0,230	58,20	0,996	986,8	202,5	0,302	0,140	0,415	64,21	0,00	4060	0,00	0,721	0,000

wo μ_s und μ_s' die γ , bzw. γ' 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. μ und ν 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: $\beta = 33,83 + 0,4 \cdot 1,08 = 34,26$

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

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

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

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

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

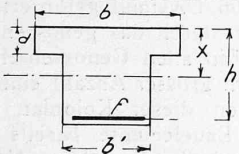
$$\mu_s = 0,363 + 0,222 \cdot 0,358 = 0,4425 \%$$

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

Tab. V. Koeffizienten T-förmiger Eisenbeton-Querschnitte

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

$\frac{d}{h}$	β	α	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)}$	μ	ν	$\frac{d}{h}$	β	α	$\frac{\beta}{(d/h)^2}$	$\frac{\alpha}{(d/h)}$	μ	ν
0,05	13,74	41,37	5496	827,4	0,175	0,628	0,20	46,43	8,68	806,0	150,7	0,648	0,155
0,055	15,00	40,11	4959	736,0	0,192	0,611	0,205	46,93	8,18	781,8	136,3	0,655	0,148
0,06	16,23	38,84	4509	660,1	0,208	0,595	0,21	47,41	7,70	758,6	123,2	0,664	0,139
0,065	17,41	37,7	4121	599,4	0,224	0,579	0,215	47,88	7,25	736,1	111,5	0,671	0,132
0,07	18,54	36,65	3768	548,0	0,240	0,563	0,22	48,31	6,80	714,5	100,0	0,679	0,124
0,075	19,79	35,5	3459	502,0	0,254	0,549	0,225	48,74	6,37	694,0	90,7	0,686	0,117
0,08	20,91	34,40	3187	461,0	0,267	0,536	0,23	49,15	5,96	674,3	82,8	0,693	0,110
0,085	22,02	33,29	2948	424,0	0,280	0,523	0,235	49,54	5,57	654,9	75,6	0,700	0,103
0,09	23,14	32,17	2739	391,0	0,292	0,510	0,24	49,93	5,18	636,5	69,0	0,707	0,096
0,095	24,28	31,04	2559	361,0	0,304	0,497	0,245	50,30	4,81	619,2	62,9	0,713	0,090
0,1	25,42	29,91	2404	333,0	0,316	0,484	0,25	50,65	4,46	602,4	57,0	0,719	0,084
0,105	26,57	28,78	2271	307,0	0,328	0,471	0,255	50,99	4,12	586,0	51,3	0,725	0,078
0,11	27,72	27,65	2159	283,0	0,339	0,458	0,26	51,31	3,80	570,0	46,2	0,731	0,072
0,115	28,88	26,52	2067	261,0	0,350	0,445	0,265	51,61	3,50	554,4	41,6	0,736	0,067
0,12	29,91	25,40	1984	241,0	0,360	0,432	0,27	51,91	3,20	540,4	37,4	0,741	0,062
0,125	30,91	24,29	1910	222,0	0,370	0,419	0,275	52,19	2,92	526,1	33,4	0,747	0,056
0,13	31,91	23,17	1844	204,0	0,380	0,406	0,28	52,45	2,66	512,2	29,6	0,751	0,052
0,135	32,91	22,06	1785	187,0	0,390	0,393	0,285	52,72	2,41	499,2	26,0	0,756	0,047
0,14	33,91	20,95	1732	171,0	0,400	0,380	0,29	52,97	2,17	486,2	22,6	0,761	0,042
0,145	34,91	19,84	1684	156,0	0,410	0,367	0,295	53,21	1,95	473,6	19,4	0,765	0,038
0,15	35,91	18,73	1641	141,0	0,420	0,354	0,30	53,44	1,74	461,6	16,5	0,769	0,034
0,155	36,91	17,62	1602	127,0	0,430	0,341	0,305	53,66	1,53	450,0	13,9	0,773	0,030
0,16	37,91	16,51	1567	113,0	0,440	0,328	0,31	53,87	1,33	439,0	11,6	0,777	0,027
0,165	38,91	15,40	1535	100,0	0,450	0,315	0,315	54,08	1,13	427,9	9,4	0,779	0,024
0,17	39,91	14,29	1504	87,0	0,460	0,302	0,32	54,28	0,94	417,4	7,9	0,782	0,021
0,175	40,91	13,18	1475	75,0	0,470	0,289	0,325	54,47	0,77	407,2	6,5	0,785	0,018
0,18	41,91	12,07	1447	63,0	0,480	0,276	0,33	54,65	0,61	397,2	5,4	0,788	0,015
0,185	42,91	10,96	1420	52,0	0,490	0,263	0,335	54,83	0,46	387,6	4,3	0,790	0,013
0,19	43,91	9,85	1394	41,0	0,500	0,250	0,34	55,00	0,31	378,3	3,5	0,793	0,010
0,195	44,91	8,74	1369	31,0	0,510	0,237	0,345	55,17	0,17	369,0	2,7	0,795	0,008
0,2	45,91	7,63	1345	21,0	0,520	0,224	0,35	55,33	0,04	360,2	2,0	0,797	0,006
0,205	46,91	6,52	1322	12,0	0,530	0,211	0,355	55,49	0,01	351,8	1,5	0,798	0,005
0,21	47,91	5,41	1300	3,0	0,540	0,198	0,36	55,64	0,00	343,4	1,1	0,799	0,004
0,215	48,91	4,30	1279	0,0	0,550	0,185	0,365	55,79	0,00	335,3	0,7	0,801	0,002
0,22	49,91	3,19	1259	0,0	0,560	0,172	0,37	55,94	0,00	327,4	0,4	0,802	0,001
0,225	50,91	2,08	1240	0,0	0,570	0,159	0,375	56,08	0,00	319,8	0,2	0,802	0,001
0,23	51,91	0,97	1222	0,0	0,580	0,146	0,38	56,22	0,00	312,3	0,0	0,803	0,000
0,235	52,91	0,00	1205	0,0	0,590	0,133	0,385	56,35	0,00	305,0	0,0	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 α und β , 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 α 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 inneren Druckkraft nicht ausreicht und auf einer gewählten oder konstruktiv gegebenen Breite b verstärkt werden soll. Aus (7)

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

Man sucht also in der massgebenden Tabelle diejenigen β und α 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 α ist hier nicht nötig, weil ein Steg normaler Abmessungen vorliegt.

4. In vielen Fällen weitgespannter Hochbau-Überdeckungen 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:

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

Die Werte $\frac{\beta}{(d/h)^2}$ und $\frac{\alpha}{(d/h)}$ 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

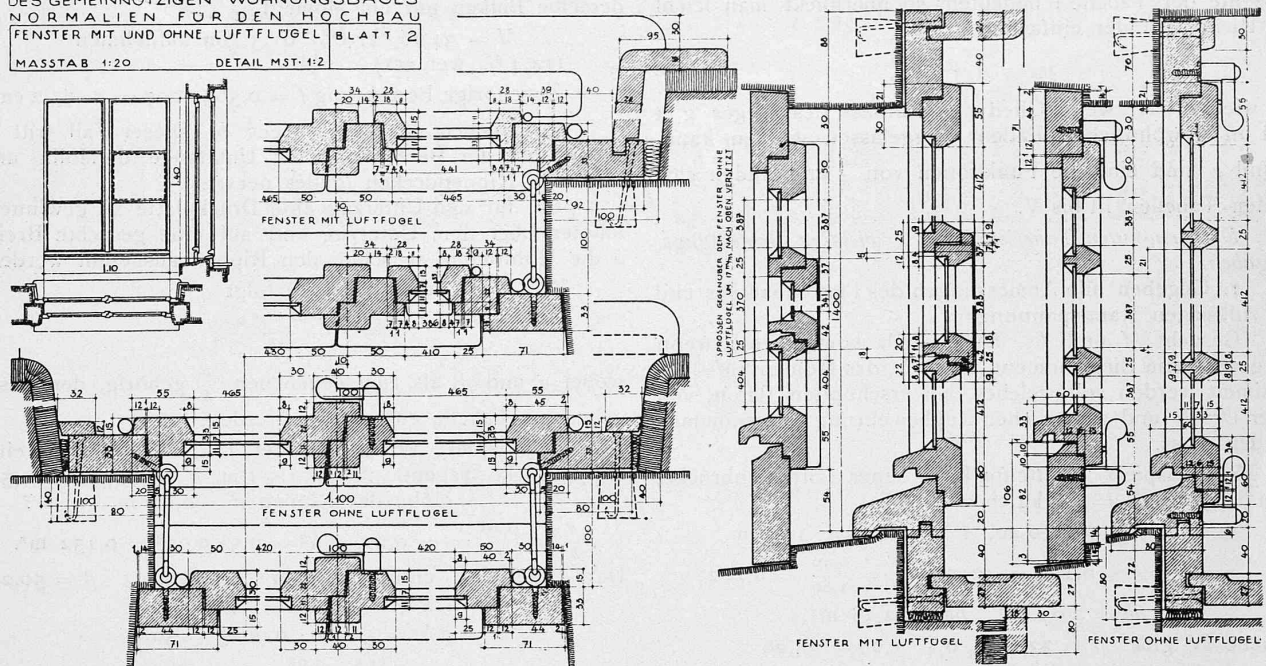


Abb. 1. Hochbau-Normalien für die deutsche Schweiz, Blatt 2, nach dem Plandruck-Original auf $\frac{1}{3}$ verkleinert. — Massstäbe 1:60 und 1:6.

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

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

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 Rechnergebnissen 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 äusseren 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 cm²

Doppelbewehrung bei Vernachlässigung der Druckzone im Steg 75,2 (aus Beispiel 8) + 13,45 + 47,3 = ~ 136 cm²
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-