§. 45. **Balkenquerschnitte.** Aus der oben angegebenen Fundamentalformel für die Biegung von Balken

$$M = s\,\frac{T}{e}$$

erkennt man, daß der Widerstand eines Balkens von einem bestimmten Materiale, d. h. bei einer gewissen, höchstens zulässigen specifischen Faserspannung s mit dem Werthe $\frac{T}{e}$ proportional ist. Man bezeichnet daher gewöhnlich die Querschnittsfunction

$$\frac{T}{e} = \frac{\text{Trägheitsmoment}}{\text{Entfernung der äußersten Faser von der neutralen Axe}} = W$$

als das Widerstandsmoment des Balkens. Wenn der Querschnitt die neutrale Axe zur Symmetrieaxe hat, d. h. wenn die Abstände e_1 und e_2 der äußersten Fasern zu beiden Seiten der neutralen Axe den gleichen Werth e haben, so sind auch die Spannungen in diesen Fasern von gleicher Größe, jedoch von entgegengesetzter Richtung, indem die concav gebogenen Fasern Druckspannungen und die convex gebogenen Fasern Zugspannungen ausgesetzt sind. Wenn das Material des Balkens von solcher Beschaffenheit ist, daß die für dasselbe zulässigen Spannungen für Zug und Druck zu gleichem Betrage angenommen werden dürfen, wie dies für Holz und Schmiedeeisen der Fall ist, so wird man den Querschnitten solche Formen geben, daß $e_1 = e_2$ ist, denn mit ungleichen Entfernungen der äußersten Fasern würden auch die Anstrengungen derselben ungleich werden, was einer möglichsten Ausnutzung des Materials widersprechen würde. Wenn jedoch das Material, wie es bei dem Gußeisen der Fall ist, für Zug und Druck verschieden große Spannungen s_z und s_d zuläßt, so wird man auch e_z und e_d verschieden anzunehmen haben, so zwar, daß

$$\frac{s_z}{e_z} = \frac{s_d}{e_d}$$

ist. Da die neutrale Axe bei einem nur auf Biegung beanspruchten Balken durch den Schwerpunkt des Querschnittes geht, so folgt hieraus, daß man die Querschnitte der Gußeisenträger gegen die horizontale Schwerpunktsaxe derartig unsymmetrisch machen wird, daß der Schwerpunkt von den gedrückten Fasern einen im Verhältnisse $\frac{s_d}{s_z}$ größeren Abstand e_d hat, als von den gezogenen Fasern. Dieser Fall soll in einem folgenden Paragraphen näher untersucht und hier zunächst die Gleichheit von s_z und s_d vorausgesetzt, mithin auch gleicher Abstand der neutralen Axe von den äußersten Fasern zu beiden Seiten angenommen werden.

Es leuchtet ein, daß das in einem Balken vorhandene Material dann in der möglich vortheilhaftesten Weise zur Verwendung kommen würde, wenn in jedem Elemente die für das Material gerade noch zulässige Faserspannung auftreten könnte, wie dies bei einem nur auf Zug oder nur auf Druck beanspruchten Stabe in der That der Fall ist. Eine solche Inanspruchnahme ist bei gebogenen Balken nicht möglich, da die Spannungen in den einzelnen Punkten eines Querschnittes mit deren Abständen von der neutralen Axe proportional sind, in dieser letzteren daher den Werth Null haben, und sonach nur die äußersten Fasern mit ihrer ganzen Widerstandsfähigkeit wirksam sind, während alle übrigen Fasern mit geringeren Kräften widerstehen, als sie ihrer Natur nach äußern könnten. Dächte man sich bei einem Balken von der Höhe h des Querschnittes das gesammte Material zu gleichen Theilen in den beiden äußersten Schichten vereinigt, so daß jede dieser Schichten durch einen sehr dünnen Streifen von dem Querschnitte $\frac{F}{2}$ dargestellt wäre, so würde auch alles Balkenmaterial vollständig ausgenützt werden, und man würde einen idealen Querschnitt erhalten, welcher für den gegebenen Flächeninhalt F des Querschnittes und eine gleichfalls gegebene Querschnittshöhe h die größtmögliche Widerstandsfähigkeit darbieten würde. Da hierbei in jeder der beiden äußersten Schichten im Abstande h von einander der halbe Querschnitt $\frac{F}{2}$ concentrirt zu denken wäre, so würden die beiden gleichen und entgegengesetzten Spannkräfte, jede von der Größe $s\,\frac{F}{2}$, ein Kräftepaar bilden, welches sich der Biegung mit einem Momente

$$s\,\frac{Fh}{2} = M$$

entgegensetzt, man hätte daher für diesen idealen Fall aus

$$M = sW = s\,\frac{Fh}{2}$$

das Widerstandsmoment:

$$W = F\,\frac{h}{2}.$$

Dieser ideale Zustand, welcher der größtmöglichen Widerstandsfähigkeit des Balkens entspricht, ist in der Wirklichkeit aus den angegebenen Gründen niemals erreichbar, man wird demselben aber um so mehr sich nähern, je mehr man das Material aus dem mittleren Theile des Balkens entfernt und in den von der neutralen Axe entfernteren Partieen anhäuft, wie dies z. B. bei den Balken von doppelt Tförmigem Querschnitte und bei den

Blechträgern geschieht, welche im mittleren Theile aus einer dünnen Wand und zu beiden Seiten aus massigeren Streifen bestehen. Die Grenze, bis zu welcher hierbei die Stärke der Mittelrippe vermindert werden kann, hängt außer von den Rücksichten der Herstellung namentlich von den Schubspannungen der Querschnitte ab, worüber in einem folgenden Paragraphen das Nähere angegeben werden soll.

Aus den vorstehenden Betrachtungen folgt zunächst, daß z. B. ein kreisförmiger Querschnitt, bei welchem das Material verhältnißmäßig mehr in dem mittleren Theile angehäuft ist, als in den äußeren, von der neutralen Axe entfernteren Parthieen, weniger günstig sein wird, als ein rechteckiger Querschnitt. Um die einzelnen Querschnitte in Hinsicht dieser mehr oder minder vortheilhaften Wirksamkeit mit einander zu vergleichen, kann man passend ihr Widerstandsmoment $W = \frac{T}{e} = F\frac{r^2}{e}$ mit dem oben besprochenen idealen Werthe $F\frac{h}{2}$ vergleichen, welcher einem Querschnitte von demselben Flächeninhalte F und derselben Höhe h angehört. Das Verhältniß dieser beiden Größen

$$\eta = \frac{W}{F\frac{h}{2}} = \frac{Fr^2}{eF\frac{h}{2}} = 2\frac{r^2}{eh},$$

oder bei einem symmetrischen Querschnitte, bei welchem $h = 2e$ ist,

$$\eta = \frac{r^2}{e^2},$$

kann gewissermaßen als das Güteverhältniß der Querschnittsform angesehen werden. Man erhält beispielsweise dieses Verhältniß bei einem rechteckigen Querschnitte von der Breite b und der Höhe h zu

$$\eta = \frac{W}{F\frac{h}{2}} = \frac{\frac{1}{6}bh^2}{\frac{1}{2}bh^2} = \frac{1}{3}$$

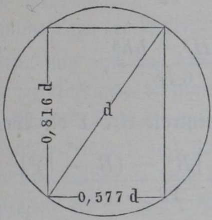
unabhängig von der Breite, während für den kreisförmigen Querschnitt vom Durchmesser d sich

$$\eta = \frac{\frac{\pi}{32}d^3}{\frac{\pi}{4}d^2 . \frac{d}{2}} = \frac{1}{4},$$

also wie oben schon bemerkt, kleiner als für das Rechteck herausstellt. In der Tabelle des vorigen Paragraphen sind unter η diese Verhältnisse für die verschiedenen Querschnitte angegeben.

Bei den hölzernen Balken kommt nur der rechteckige Querschnitt in Betracht, und da diese Balken aus runden Stämmen geschnitten werden, so ist es von Interesse, zu untersuchen, welches Verhältniß man bei diesem Querschnitte der Breite zur Höhe geben muß, um aus einem Rundholze vom Durchmesser d den widerstandsfähigsten Balken zu erzielen. Setzt man $b = \nu h$, so hat man das Widerstandsmoment

Fig. 173.



$$W = \frac{1}{6}\, b h^2 = \frac{1}{6}\, \nu h^3,$$

und da nach der Fig. 173

$$d^2 = b^2 + h^2 = (\nu^2 + 1)\, h^2,$$

also

$$h = \frac{d}{\sqrt{\nu^2 + 1}}$$

ist, so erhält man hiermit

$$W = \frac{1}{6}\, \nu h^3 = \frac{d^3}{6}\, \frac{\nu}{(\nu^2 + 1)^{3/2}}.$$

Man erhält daher das Maximum von W durch

$$\frac{\partial W}{\partial \nu} = 0,$$

d. h.

$$(\nu^2 + 1)^{3/2} = \nu\, {}^3/_2\, (\nu^2 + 1)^{1/2}\, 2\nu,$$

woraus:

$$\nu^2 = {}^1/_2 \text{ und } \nu = \sqrt{{}^1/_2} = 0{,}707$$

folgt. Man hat daher:

$$h = \frac{d}{\sqrt{\nu^2 + 1}} = d\, \sqrt{{}^2/_3} = 0{,}816\, d$$

und

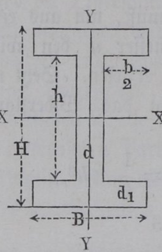
$$b = d\, \sqrt{{}^1/_3} = 0{,}577\, d.$$

Für schmiedeeiserne Träger wählt man nach dem Vorstehenden am vortheilhaftesten die I oder [Form, insbesondere findet die erstere in der Praxis sehr häufig Verwendung. Es mögen zunächst nur die aus einem Stücke bestehenden gewalzten Träger in Betracht genommen werden, während die aus Blechplatten und Winkeleisen zusammengenieteten Träger im §. 51 besonders behandelt werden sollen.

Für den nach zwei zu einander senkrechten Axen X und Y symmetrischen

Trägerquerschnitt, Fig. 174, ist nach der Tabelle des vorigen Paragraphen

Fig. 174.



$$T_x = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$$

und

$$W_x = \frac{BH^3 - bh^3}{6H},$$

während man für die neutrale Axe Y die Werthe

$$T_y = \frac{HB^3 - h\,[B^3 - (B - b)^3]}{12}$$

und

$$W_y = \frac{HB^3 - h\,[B^3 - (B - b)^3]}{6B}$$

hat. Da die Querschnittsfläche $F = BH - bh$ ist, so erhält man das Güteverhältniß zu

$$\eta_x = \frac{W_x}{F\frac{H}{2}} = \frac{BH^3 - bh^3}{3H^2(BH - bh)}$$

und

$$\eta_y = \frac{W_y}{F\frac{B}{2}} = \frac{HB^3 - h\,[B^3 - (B - b)^3]}{3B^2(BH - bh)}.$$

Wählt man z. B. $H = 30$ cm, $B = 12$ cm, $h = 27$ cm und $b = 11$ cm, also $B - b = d = 1$ cm, und $\frac{H - h}{2} = d_1 = 1{,}5$ cm, so erhält man mit diesen Werthen

$$T_x = \frac{12 \,.\, 30^3 - 11 \,.\, 27^3}{12} = 8957;\quad W_x = \frac{8957}{15} = 597,$$

und

$$T_y = \frac{30 \,.\, 12^3 - 27\,(12^3 - 1^3)}{12} = 434;\quad W_y = \frac{434}{6} = 72{,}3;$$

und da $F = 12 \,.\, 30 - 11 \,.\, 27 = 63$ qcm ist, so folgt:

$$\eta_x = \frac{597}{63 \,.\, 15} = 0{,}632$$

und

$$\eta_y = \frac{72{,}3}{63 \,.\, 6} = 0{,}191$$

Die geringe Größe von η_y erklärt sich nach dem Vorhergehenden dadurch, daß ein relativ sehr großer Theil des Materials, nämlich die ganze Mittelwand in der Nähe der neutralen Axe angebracht ist, wenn der Balken flach gelegt wird, so daß die neutrale Axe nach YY fällt. Man wird daher eine solche Lage des Balkens für gewöhnlich nicht wählen.

Wenn nun auch aus dem Vorstehenden folgt, daß man bei einer gewissen, durch die Umstände bedingten Höhe H des Trägers behufs einer möglichst vortheilhaften Ausnutzung des Materials die Stärke d der Mittelrippe thunlichst verringern und dafür die Breite b der Flanschen nach Möglichkeit vergrößern müsse, so muß doch bemerkt werden, daß mit Rücksicht auf die Möglichkeit des bequemen Auswalzens sowohl die Minimaldicke der Mittelrippe als auch die Maximalbreite der Flanschen innerhalb gewisser praktischer Grenzen eingeschlossen ist. Man wird etwa annehmen können, daß die Dicke d der Mittelwand mindestens noch $^1/_{20}$ bis $^1/_{30}$ der Trägerhöhe H zu betragen habe, wobei die größere Dicke $\frac{H}{20}$ für niedrige, die kleinere $\frac{H}{30}$ für höhere Träger angenommen werden mag. Desgleichen wird die Breite B nur bei niedrigen Trägern etwa gleich der halben Höhe $\frac{H}{2}$, bei größeren Höhen dagegen nicht viel über $\frac{H}{3}$ anzunehmen sein. Wesentliche Abweichungen von diesen Verhältnissen würden, sofern sie die Herstellung überhaupt noch zulassen, den Preis der Träger pro Gewichtseinheit so bedeutend erhöhen, daß die Construction aus diesem Grunde unvortheilhaft werden würde.

Ferner muß bemerkt werden, daß man sich bei der Feststellung der Trägerprofile aus praktischen Gründen meistens nach den Calibern der in den Walzwerken vorhandenen Walzen richten wird, da die Anfertigung von besonderen Walzen für das gewünschte Profil kostspielig ist und sich nur dann wird ermöglichen lassen, wenn von einem gewissen Profile eine große Menge von Trägern gewalzt wird.

Mit Rücksicht hierauf ist es denn gebräuchlich, daß der Constructeur in jedem Falle unter den ihm zugänglichen Profilformen der Walzwerke dasjenige auswählt, welches dem vorliegenden Zwecke am besten entspricht. Da nun diese vorhandenen Walzeisenprofile von den verschiedenen Walzwerken im Laufe der Zeit und nach Maßgabe der jeweiligen Bedürfnisse hergestellt worden sind, so ist es natürlich, daß der Abstufung der einzelnen Formen meistens ein festes System nicht zu Grunde liegt, und ebenso zeigt die Erfahrung, daß diese so entstandenen Profile sehr häufig mit einer ungünstigen Verwendung des Materials verbunden, d. h. nach dem Vorstehenden, mit einem kleinen Güteverhältnisse η behaftet sind. Man hat daher in neuerer Zeit mehrfach die Frage der Aufstellung eines geordneten Systems von Normalprofilen angeregt, und in dieser Beziehung müssen insbesondere die Bestrebungen des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine und des Vereins deutscher Ingenieure hervorgehoben werden. Die von diesen Vereinen niedergesetzte Commission hat sich über eine Anzahl von Tabellen geeinigt, welche für die verschiedenen gebräuchlichen Querschnittsformen in regelmäßigen Abstufungen solche Abmessungen angeben, wie sie einer möglichst vortheilhaften Materialverwendung sowohl als einer guten und wohlfeilen Herstellung entsprechen. Diese so entstandenen Profilformen sind unter der Bezeichnung „Normalprofile“ veröffentlicht*) und zur Zeit von beinahe sämmtlichen deutschen Regierungen den betreffenden Baubehörden und Verwaltungen zur thunlichsten Berücksichtigung empfohlen.

Fig. 175.

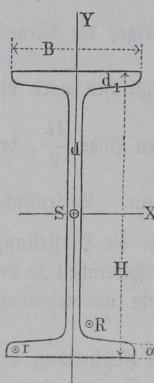
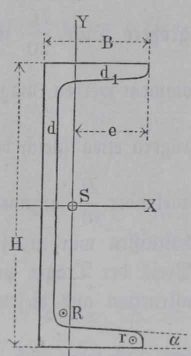


Fig. 176.



Dieser Zusammenstellung sind die beiden folgenden Tabellen entnommen, welche die Dimensionen, Trägheitsmomente, Widerstandsmomente und Güteverhältnisse von ⌶ und ⊏ förmigen Querschnitten enthalten. Die Verhältnisse der Querschnittsdimensionen sind dabei entsprechend den Figuren 175 und 176 so gewählt, daß für ⌶ Träger, Fig. 175, bei den kleineren Höhen H unter 250 mm

$$H < 250\,\text{mm}: \quad B = 0{,}4\,H + 10\,\text{mm}; \; d = 0{,}03\,H + 1{,}5\,\text{mm},$$

und bei größeren Höhen

$$H > 250\,\text{mm}: \quad B = 0{,}3\,H + 35\,\text{mm}; \; d = 0{,}036\,H$$

angenommen worden ist. Die Halbmesser für die Abrunden sind zu $R = d$ und $r = 0{,}6\,d$ gewählt und für den Neigungswinkel α der inneren Flanschflächen hat man $tg\,\alpha = 0{,}14$ angenommen. Die unter d_1 angegebene Stärke der Flanschen ist für die Mitte derselben gedacht.

Ebenso ist für die ⊏ förmigen Querschnitte, Fig. 176,

$$B = 0{,}25\,H + 25\,\text{mm}; \; R = d_1 \text{ und } r = \frac{d_1}{2}$$

---

*) Deutsches Normalprofilbuch für Walzeisen, im Auftrage u. s. w. bearbeitet und herausgegeben von Dr. F. Heinzerling und O. Intze. 1881.

A. Normalprofile für ⌶ Eisen (Fig. 175).

Für $H < 250$ mm:
$B = 0{,}4\,H + 10$ mm; $d = 0{,}03\,H + 1{,}5$ mm

$R = d;\; r = 0{,}6\;d$

Für $H > 250$ mm:
$B = 0{,}3\,H + 35$ mm; $d = 0{,}036\,H$

H mm	B mm	d mm	d_1 mm	F qcm	G kg	T_x cm	W_x cm	η_x	T_y cm	W_y cm	η_y	$\frac{W_x}{W_y} = v$
80	42	3,9	5,9	7,61	6,0	78,4	19,6	0,646	7,35	3,5	0,219	5,6
90	46	4,2	6,3	9,05	7,1	118	26,2	0,644	10,4	4,5	0,223	5,8
100	50	4,5	6,8	10,69	8,3	172	34,4	0,642	14,3	5,7	0,213	6,0
120	58	5,1	7,7	14,27	11,1	331	55,1	0,644	25,2	8,7	0,210	6,4
140	66	5,7	8,6	18,35	14,3	579	82,7	0,645	41,3	12,5	0,206	6,6
160	74	6,3	9,5	22,9	17,9	945	118	0,645	64,4	17,4	0,205	6,8
180	82	6,9	10,4	28,0	21,9	1460	162	0,644	95,9	23,4	0,204	7,0
200	90	7,5	11,3	33,7	26,2	2162	216	0,641	138	30,7	0,203	7,0
220	98	8,1	12,2	39,8	31,0	3090	281	0,642	192	39,2	0,201	7,2
240	106	8,7	13,1	46,4	36,2	4288	357	0,642	261	49,3	0,200	7,2
260	113	9,4	14,1	53,7	41,9	5798	446	0,639	341	60,3	0,198	7,4
280	119	10,1	15,2	61,4	47,9	7658	547	0,636	429	72,1	0,197	7,6
300	125	10,8	16,2	69,4	54,1	9888	659	0,633	530	84,8	0,195	7,8
320	131	11,5	17,3	78,2	61,0	12622	789	0,631	652	99,5	0,194	7,9
340	137	12,2	18,3	87,2	68,0	15827	931	0,628	789	115	0,193	8,1
360	143	13,0	19,5	97,5	76,1	19766	1098	0,626	956	134	0,192	8,2
380	149	13,7	20,5	107,5	83,9	24208	1274	0,624	1138	153	0,191	8,3
400	155	14,4	21,6	118,3	92,3	29446	1472	0,622	1349	174	0,189	8,5
425	163	15,3	23,0	133,0	103,7	37266	1754	0,621	1672	205	0,189	8,6
450	170	16,2	24,3	147,7	115,2	46204	2054	0,619	2004	236	0,188	8,7
500	185	18,0	27,0	180,2	140,5	69245	2770	0,614	2871	310	0,186	8,9

B. Normalprofile für ⊏ Eisen (Fig. 176).

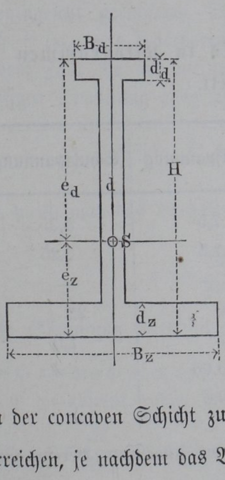
$$B = 0{,}25\,H + 25\,\mathrm{mm};\ R = d_1;\ r = \frac{d_1}{2}.$$

H mm	B mm	d mm	d_1 mm	F qcm	G kg	e cm	T_x cm	W_x cm	η_x	T_y cm	W_y cm	η_y	$\frac{W_x}{W_y} = v$
30	33	5	7	5,42	4,2	1,86	6,5	4,3	0,529	5,2	2,8	0,313	1,54
40	35	5	7	6,20	4,8	2,04	14,2	7,1	0,520	7,3	3,6	0,332	1,97
50	38	5	7	7,12	5,6	2,32	26,7	10,7	0,600	10,0	4,3	0,318	2,50
65	42	5,5	7,5	9,05	7,1	2,66	58,2	17,9	0,609	15,7	5,9	0,305	3,04
80	45	6	8	11,04	8,6	2,93	107	26,7	0,605	21,7	7,4	0,298	3,60
100	50	6	8,5	13,5	10,5	3,31	207	41,4	0,613	33,1	10,0	0,295	4,14
120	55	7	9	17,04	13,3	3,76	368	61,3	0,60	49,2	13,1	0,280	4,69
140	60	7	10	20,4	15,9	4,09	609	87,0	0,620	71,2	17,4	0,285	5,00
160	65	7,5	10,5	24,1	18,8	4,49	932	117	0,607	97,4	21,7	0,277	5,38
180	70	8	11	28,0	21,9	4,90	1364	152	0,605	130	26,6	0,272	5,70
200	75	8,5	11,5	32,3	25,2	5,30	1927	193	0,598	171	32,2	0,266	5,99
220	80	9	12,5	37,6	29,3	5,66	2712	247	0,598	226	39,9	0,264	6,19
260	90	10	14	48,4	37,8	6,42	4857	374	0,594	365	56,9	0,261	6,57
300	100	10	16	58,8	45,9	7,05	8064	538	0,610	564	80,0	0,273	6,72

vorausgesetzt. Unter e ist hierbei der Abstand des Schwerpunktes S von den Enden der Flanschen zu verstehen, und es sind in beiden Tabellen mit T_x und W_x die Trägheits- und Widerstandsmomente in Bezug auf die Schwerpunktshauptaxe XX bezeichnet, während T_y und W_y dieselben Größen in Beziehung zur Schwerpunktshauptaxe YY bedeuten. Endlich ist unter G das Gewicht der Träger pro 1 m Länge, entsprechend einer Dichte des Walzeisens von 7,8 angegeben. Aus den Tabellen ersieht man, daß das Güteverhältniß für die erste Schwerpunktshauptaxe XX bei den ⌶ Trägern etwa zwischen 0,61 und 0,64 und für [Eisen zwischen 0,52 und 0,62 schwankt, während diese Größe für die Y Axe, also für die flache Lage der Träger nur die geringen Beträge zwischen 0,19 und 0,22, bezw. 0,26 und 0,33 zeigt.

Wenn ein Träger aus Gußeisen hergestellt werden soll, so hat man zu beachten, daß dieses Material gegen Druck eine größere Widerstandsfähigkeit zu äußern vermag, als gegen Zugkräfte. Man wird daher, da die Spannungen der einzelnen Elemente auch hier mit ihren Abständen von der durch den Schwerpunkt gehenden neutralen Axe proportional sind, der concaven oder gedrückten Faser einen im Verhältniß der zulässigen Spannungen größeren Abstand von der neutralen Axe zu geben haben, als der convexen oder gezogenen äußersten Faserschicht. Bezeichnet man mit $\nu = \frac{s_d}{s_z}$ dieses Verhältniß der höchstens zulässigen Spannungen, so ist der Querschnitt nach Fig. 177 so anzuordnen, daß die Abstände des Schwerpunktes S von den äußersten Fasern ebenfalls in diesem Verhältnisse stehen, d. h. daß

Fig. 177.



$$\frac{e_d}{e_z} = \frac{s_d}{s_z} = \nu$$

ist. In diesem Falle treten gleichzeitig die größten zulässigen Zug- und Druckspannungen in den betreffenden äußersten Faserschichten ein, und man erzielt in Folge dessen die bestmögliche Ausnutzung des Materials. Wenn dagegen die Schwerpunktslage dieser Bedingung nicht entspricht, so wird bei der Belastung des Balkens entweder die Zugspannung in der convexen Schicht oder die Druckspannung in der concaven Schicht zuerst den höchstens zulässigen Betrag s_z bezw. s_d erreichen, je nachdem das Verhältniß $\frac{s_z}{e_z}$ oder $\frac{s_d}{e_d}$ den kleineren Werth hat.

Man hat daher in diesem Falle die Tragfähigkeit des Balkens dadurch zu bestimmen, daß man in der allgemeinen Formel

$$M = s\,\frac{T}{e}$$

für $\frac{s}{e}$ den kleineren der beiden Werthe $\frac{s_z}{e_z}$ und $\frac{s_d}{e_d}$ der Rechnung zu Grunde legt. Häufig pflegt man das Verhältniß $\nu = \frac{s_d}{s_z} = 2$ vorauszusetzen (s. Thl. I). Nach Mohr*) kann man die zulässigen Spannungen für 1 qmm Querschnittsfläche zu

$$s_d = 10\,\text{kg} \text{ und } s_z = 3^1/_3\,\text{kg},$$

also $\nu = 3$ annehmen, und erhält günstige Verhältnisse des Querschnittes, wenn man, Fig. 177,

$$d = {}^1/_{15}\,H;\ d_d = {}^1/_{15}\,H \text{ und } d_z = {}^2/_{15}\,H$$

annimmt, für welche Verhältnisse sich

$$H = 1{,}5\,\sqrt[3]{M} \text{ und } F = 0{,}48\,\sqrt[3]{M^2} = 0{,}21\,H^2$$

ermittelt.

Was die zulässigen Spannungen s der verschiedenen Baumaterialien anbelangt, so kann man dafür etwa die in der folgenden kleinen Zusammenstellung angeführten Werthe in Rechnung setzen, wobei es kaum der Bemerkung bedarf, daß unter besonderen günstigen oder ungünstigen Verhältnissen in entsprechendem Maße nach der einen oder anderen Seite hin Abweichungen zulässig sein werden.

Zulässige Spannungen des Materials in Kilogrammen pro 1 qmm Querschnitt.

Material	Zugspannung	Druckspannung	Schubspannung
Schmiedeeisen	7,5	7,5	5,25
Blech	7,5	7,5	5,25
Draht	12	—	—
Gußstahl	30	30	22
Gußeisen	2,5	5	1,9
Eichen- und Buchenholz . .	1,2	0,66	—
Nadelholz	0,8	0,6	—

*) S. Technische Mechanik, bearb. u. herausgeg. vom Ingenieur-Verein am Polytechnikum zu Stuttgart.