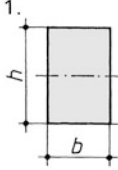
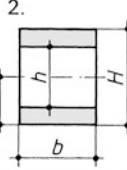
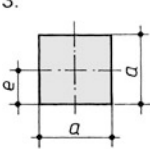
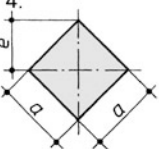
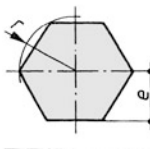
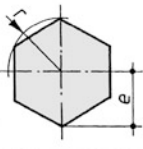
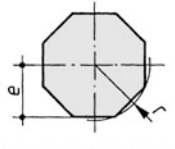
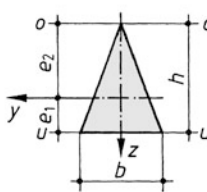
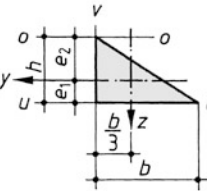
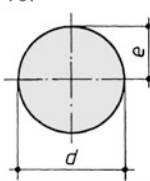
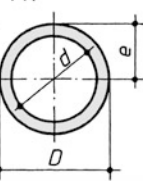


**Tafel 5.2** Flächen- und Widerstandsmomente für die Schwerachse




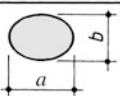


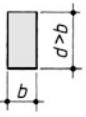
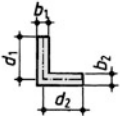
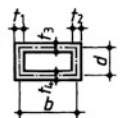
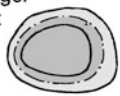
Querschnitt	Schwerachsen- abstand $e$	Flächenmoment 2. Grades $I$	Widerstands- moment $W = I/e$
1.  2. 	1. $\frac{h}{2}$ 2. $\frac{H}{2}$	1. $\frac{bh^3}{12}$ 2. $\frac{b}{12}(H^3 - h^3)$	1. $\frac{bh^2}{6}$ 2. $\frac{b}{6H}(H^3 - h^3)$
3.  4. 	3. $\frac{a}{2}$ 4. $\frac{a}{2}\sqrt{2}$	3. $\frac{a^4}{12}$ 4. $\frac{a^4}{12}$	3. $\frac{a^3}{6}$ 4. $0,1179a^3$
5.  6. 	5. $0,866r$ 6. $r$	5. $0,5413r^4$ 6. $0,5413r^4$	5. $\frac{5}{8}r^3 = 0,625r^3$ 6. $0,5413r^3$
7. 	$0,9239r$	$0,6381r^4$	$0,6906r^3$
8. 	$e_1 = \frac{h}{3}$ $e_2 = \frac{2}{3}h$	$I_y = \frac{bh^3}{36}$ $I_z = \frac{hb^3}{48}$	$W_{y0} = \frac{bh^2}{24}$ $W_{y1} = \frac{bh^2}{12}$ $W_z = \frac{hb^2}{24}$
9. 	$e_1 = \frac{h}{3}$ $e_2 = \frac{2}{3}h$	$I_y = \frac{b \cdot h^3}{36}$ $I_z = \frac{hb^3}{36}$ $I_{yz} = -\frac{b^2h^2}{72}$	$W_{y0} = \frac{bh^2}{24}$ $W_{y1} = \frac{bh^2}{12}$
10.  11. 	10. $\frac{d}{2}$ 11. $\frac{D}{2}$	10. $\frac{\pi d^4}{64} \approx 0,05 d^4$ 11. $\frac{\pi}{64}(D^4 - d^4)$	10. $\frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1 d^3$ 11. $\frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$

Tafel 5.2 (Fortsetzung)

<p>12.</p>	$e_1 = 0,2234 r$ $e_2 = 0,7766 r$	$I_s = 0,0075 r^4$ $I_y = I_z \approx 0,137 r^4$ $I_{yz} = -\frac{r^4}{8}$ $I_{ss} = 0,0044 r^4$	$W_{s1} = \frac{I_s}{e_1} = 0,0336 r^3$ $W_{s2} = \frac{I_s}{e_2} = 0,00966 r^3 \approx 0,01 r^3$
<p>13.</p>	$e_1 = \frac{4r}{3\pi} = 0,4244 r$ $e_2 = 0,5756 r$	$I_s = 0,055 r^4$ $I_y = I_z = 0,19635 r^4$ $I_{yz} = -\frac{r^4}{8}$ $I_{ss} = 0,0165 r^4$	$W_{s1} = \frac{I_s}{e_1} = 0,1296 r^3$ $W_{s2} = \frac{I_s}{e_2} = 0,0956 r^3$
<p>14.</p>			$e = \frac{H}{2}$ $I = \frac{1}{12} (BH^3 - bh^3)$ $W = \frac{1}{6H} (BH^3 - bh^3)$
<p>15.</p>			$e = \frac{H}{2}$ $I = \frac{1}{12} (BH^3 + bh^3)$ $W = \frac{1}{6H} (BH^3 + bh^3)$
<p>16.</p>			$e_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{aH^2 + bd^2}{aH + bd}$ $e_2 = H - e_1$ $I = \frac{1}{3} (Be_1^3 - bc^3 + ae_2^3)$ $W_1 = \frac{I}{e_1} \quad W_2 = \frac{I}{e_2}$
<p>17.</p>	$I_y = \frac{\pi}{4} \cdot ba^3 = \frac{Aa^2}{4}$ $I_z = \frac{\pi}{4} \cdot a \cdot b^3 = \frac{Ab^2}{4}$ $A = \pi ab$	$W_y = \frac{\pi}{4} ba^2 = \frac{Aa}{4}$ $W_z = \frac{\pi}{4} ab^2 = \frac{Ab}{4}$	
<p>18.</p> <p>Viertelellipse</p>	$e_u = \frac{4}{3\pi} a = 0,424 a$ $e_o = \frac{3\pi-4}{3\pi} a = 0,576 a$ $e_l = \frac{3\pi-4}{3\pi} b = 0,576 b$	$I_y = ba^3 \left( \frac{\pi}{16} - \frac{4}{9\pi} \right) = 0,0549 ba^3$ $I_z = ab^3 \left( \frac{\pi}{16} - \frac{4}{9\pi} \right) = 0,0549 ab^3$ $e_r = \frac{4}{3\pi} b = 0,424 b$	

Schwerpunktlagen weiterer Flächen s. Kapitel Mathematik

**Tafel 5.3** Torsionsflächenmomente zweiten Grades und Torsionswiderstandsmomente

Querschnittsform	$I_T$	$W_T$	Ort von max $\tau$							
Kreis 	$\frac{\pi d^4}{32}$	$\frac{\pi d^3}{16}$	Am Umfang							
Kreisring 	$\frac{\pi}{32} (d^4 - d_i^4)$	$\frac{\pi}{16} \frac{d^4 - d_i^4}{d}$	Am äußeren Umfang							
Dünnwandiger Kreisring $t \ll d$ $d_m = d - t$ 	$\frac{\pi d_m^3 t}{4}$	$\frac{\pi d_m^2 t}{2}$	Über Ringdicke nahezu konstant							
Ellipse 	$\frac{\pi}{16} \frac{a^3 b^3}{a^2 + b^2}$	$\pi \frac{a b^2}{16}$	Schnittpunkt des Umfangs mit kurzer Achse							
Sechseck 	$0,133 d^4$	$0,188 d^3$	Mitte der Seiten							
Achteck 	$0,130 d^4$	$0,185 d^3$								
Rechteck 	$\alpha b^3 d$		Mitten der längeren Seiten							
	$d/b$	1,00	1,25	1,50	2,00	3,00	4,00	6,00	10,00	$\infty$
	$\alpha$	0,140	0,171	0,196	0,229	0,263	0,281	0,299	0,313	0,333
	$\beta$	0,208	0,221	0,231	0,246	0,267	0,282			
Walzquerschnitte 	$\eta \frac{1}{3} \sum (d \cdot b^3)$		$\eta \frac{1}{3 \max b} \sum (d \cdot b^3)$		Mitte der Längsseiten des dicksten Rechtecks					
	Profil	I	C	L	T	+				
	$\eta$	1,30	1,12	1,00	1,12	1,17				
Kastenquerschnitt $t_1, t_2 \ll b$ $t_3, t_4 \ll d$ 	$\frac{4 b d}{\frac{1}{b} \left( \frac{1}{t_1} + \frac{1}{t_2} \right) + \frac{1}{d} \left( \frac{1}{t_3} + \frac{1}{t_4} \right)}$		$2 b d \min t$		Mitte der dünnsten Wand					
Geschlossener dünnwandiger Querschnitt 	allgemein: $\frac{4 A_m^2}{\oint \frac{ds}{t}}$		$2 A_m \min t$		An der dünnsten Stelle des Rings					
	für $t = \text{const}$ : $\frac{4 A_m^2 t}{U}$									
		$A_m$ ist die Fläche, die von der Wandachse eingeschlossen wird.								

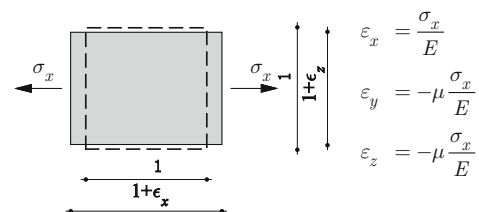
## 5.3 Spannungen und Verzerrungen; Körperelement

### 5.3.1 Allgemeines

Zwischen den beiden Ufern eines Schnittes durch ein beanspruchtes Bauteil wirken über die Fläche verteilte Kräfte, die Spannungen (Einheit z. B. MPa). Schräg auf eine Schnittfläche wirkende Spannungen werden in Normalspannungen  $\sigma$ , die senkrecht zur Schnittfläche wirken, und Schubspannungen  $\tau$ , die in der Ebene der Schnittfläche wirken, zerlegt. Die Schubspannungen werden meist noch in Komponenten parallel zu den Querschnittsachsen zerlegt. Ein aus einem beanspruchten Bauteil herausgeschnittenes kleines Volumenelement verändert durch Verzerrungen seine Form und Größe. Es wird in Richtung der drei Kantenlängen im Allgemeinen unterschiedlich stark gedehnt (Dehnung  $\varepsilon$ ). Ein ursprünglich

rechter Winkel zwischen den Kanten des Volumenelements wird verändert (Gleitungen  $\gamma$ ). Ursache für Spannungen und Verzerrungen sind die Einwirkungen (Äußere Kräfte, Zwängungen, Temperaturänderung usw.). Den Zusammenhang zwischen Spannungen und Verzerrungen beschreibt das Spannungs-Dehnungs-Gesetz (z. B. das Hookesche Gesetz).

### 5.3.2 Einachsiger Spannungszustand



**Abb. 5.10** Einachsiger Spannungszustand