

7. Achsen und Wellen / Festigkeitsberechnung

7.1 Grundlagen

Definitionen:

Achsen: Achsen übertragen im Gegensatz zu Wellen kein Drehmoment

Unterscheidung: Feststehende Achsen / Umlaufende Achsen

Wellen: Immer Umlaufend und dienen dem Übertragen von Drehmomenten

Beanspruchung von Bauteilen:

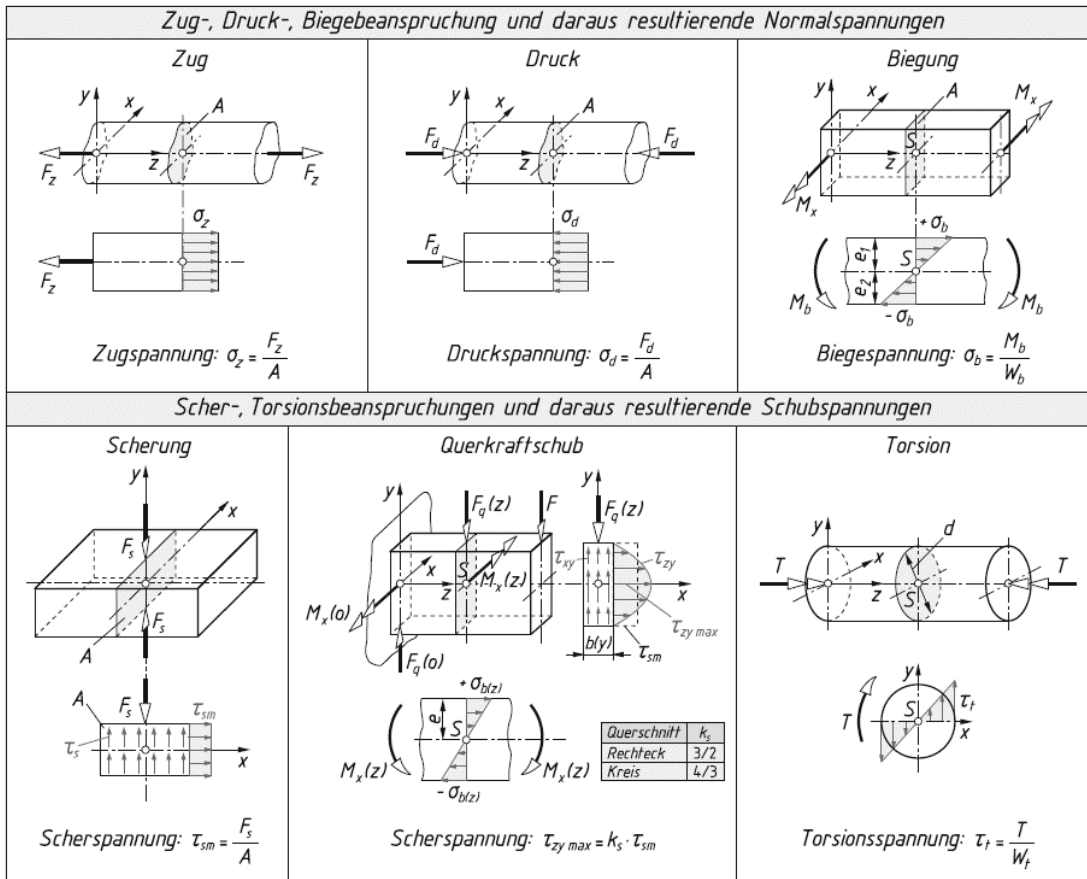


Fig. 7-1: Grundlegende Beanspruchungen und daraus resultierende Nennspannungen nach RoMa-LB

Beanspruchungsart				
statisch Fall I	dynamisch schwellend		dynamisch wechselnd	
	allgemein	Fall II	allgemein	Fall III
$\kappa = 1$	$1 > \kappa \geq 0$	$\kappa = 0$	$0 > \kappa \geq -1$	$\kappa = -1$
Kenngrößen				
$\sigma_a = 0$ $\sigma_o = \sigma_u = \sigma_m$ $\sigma = \text{konst.}$	$\sigma_u > 0$ $\sigma_o = \sigma_u + 2 \cdot \sigma_a$ $\sigma_m = \sigma_u + \sigma_a$	$\sigma_u = 0$ $\sigma_o = 2 \cdot \sigma_a$ $\sigma_m = \sigma_a = \sigma_o / 2$	$\sigma_m > 0$ $\sigma_o = \sigma_m + \sigma_a$ $\sigma_u = \sigma_m - \sigma_a$	$\sigma_m = 0$ $ \sigma_o = \sigma_u = \sigma_a $ $\sigma_u = -\sigma_a$

Fig. 7-2: Beanspruchungsarten, zeitlicher Verlauf der Beanspruchung nach RoMA-LB

Dynamische Festigkeit

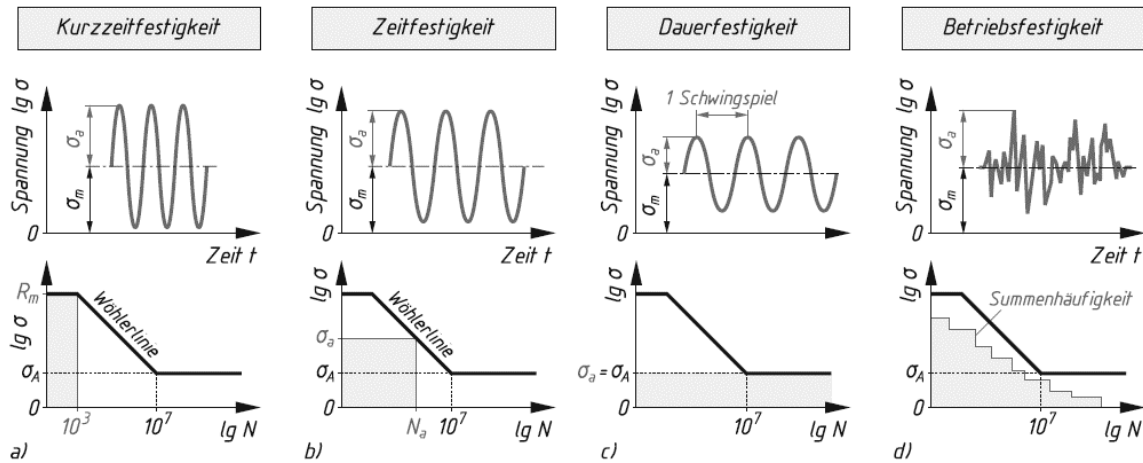


Fig. 7-3: Arten der Schwingfestigkeit nach RoMa-LB.

a) Kurzzeitfestigkeit, b) Zeitfestigkeit, c) Dauerfestigkeit, d) Betriebsfestigkeit

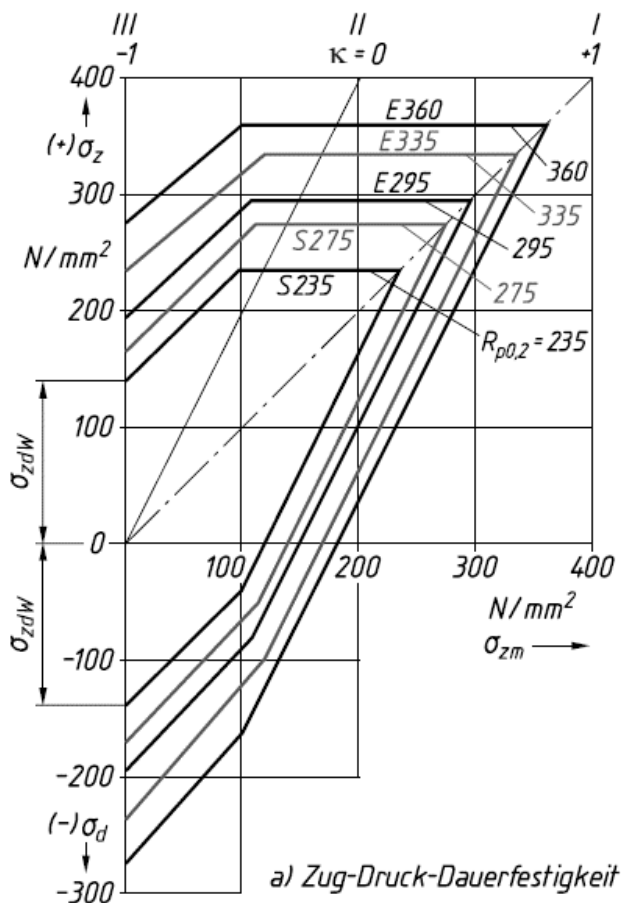


Fig. 7-4: Dauerfestigkeitsschaubild nach RoMa TB3-1

Beispiel: Umlaufende Achse mit Punktlast:

Wie ist hier die Beanspruchungsart?

7. Achsen und Wellen / Festigkeitsberechnung

Festigkeitskennwerte von Konstruktionswerkstoffen / Verwendungsbeispiele

Festigkeitskennwerte in N/mm² für die Normabmessung d_N

Stahlsorte Kurzname	Werkstoff- nummer	A % min.	R_{mN} min.	R_{eN} $R_{p0,2N}$ min.	σ_{dWN} (σ_{dSeht})	σ_{bWN} (σ_{bSeht})	τ_{WN} (τ_{Seht})	relative Werkstoff- kosten ²⁾	Eigenschaften und Verwendungsbeispiele
a) Unlegierte Baustähle, warmgewalzt, nach DIN EN 10 025-2 Lieferzustand: +N oder +AR Normabmessung $d_N = 16$ mm									Warmgewalzte, unlegierte Qualitätsstähle ohne - Eignung zur Wärmebehandlung, die durch Zugfestig- keit und Streckgrenze gekennzeichnet und für die Verwendung bei Umgebungstemperatur in ge- schweißten, genieteten und geschraubten Bauteilen bestimmt sind, unruhigter Stahl nicht zulässig
S235JR S235J0 S235J2	1.0038 1.0114 1.0117	26	360	235	140 (235)	180 (280)	105 (165)	[1]	Stahlsorten mit Werten für die Kerbschlagarbeit (z. B. J2: Kerbschlagarbeit 27J bei -20°C) - Standardwerkstoff im Maschinen- und Stahlbau, bei mäßiger Beanspruchung; Flach- und Langerzeugnisse; gut bearbeitbar, Schweißneigung verbessert sich bei jeder Sorte von Gütegruppe JR bis K2
S275JR S275J0 S275J2	1.0044 1.0143 1.0145	23	410	275	170 (275)	215 (330)	125 (190)	1,05	Bei mittlerer Beanspruchung; gut bearbeitbar und - unformbar, gute Schweißneigung; z. B. Wellen, - Achsen, Hebel, Schweißteile
S355JR S355J0 S355J2 S355K2	1.0045 1.0553 1.0577 1.0596	22	470	355	205 (355)	255 (425)	150 (245)		Standardwerkstoff für hoch beanspruchte Tragwerke im Stahl-, Kran- und Brückenbau; hohe Streckgrenze, beste Schweißneigung; hoch beanspruchte Schweiß- teile im Maschinenbau
S450J0	1.0590	17	550	450	220 (400)	275 (505)	165 (310)		nur für Langerzeugnisse (Profile, Stäbe, Rohre)
S185	1.0035	18	290	185	---	---	---		Stahlsorten ohne Werte für die Kerbschlagarbeit (Erzeugnisse aus diesen Stählen dürfen nicht mit CE gekennzeichnet werden) untergeordnete Maschinenteile bei geringer Bean- spruchung, pressschweißbar; z. B. Geländer, Treppen
E295	1.0050	20	470	295	195 (295)	245 (355)	145 (205)	1,1	gut bearbeitbar; meist verwendeter Maschinenbaustahl bei mittlerer Beanspruchung, pressschweißbar; z. B. Wellen, Achsen, Bolzen
E335	1.0060	16	570	335	235 (335)	290 (400)	180 (230)	1,7	für höher beanspruchte verschleißfeste Maschinen- teile, pressschweißbar; z. B. Wellen, Ritzel, Spindeln
E360	1.0070	11	670	360	275 (360)	345 (430)	205 (250)		höchst beanspruchte verschleißfeste Maschinenteile in naturhartem Zustand, pressschweißbar; z. B. Nocken, Walzen, Gesenke, Steuerungsteile

Fig. 7-5: Stahlauswahl für den allgemeinen Maschinenbau nach RoMA TB 1-1

- d_N Bezugsabmessung (Durchmesser, Dicke) des Halbzeugs nach der jeweiligen Werkstoffnorm (Bsp. 10mm)
- A Bruchdehnung
- R_{mN} Normwert der Zugfestigkeit für d_N
- R_{eN} Normwert der Streckgrenze für d_N
- $R_{p0,2N}$ Normwert der 0,2 %-Dehngrenze für d_N

Schwingfestigkeitswerte nach DIN 743-31) 2) (Richtwerte); Elastizitätsmodul $E = 210\,000$ N/mm²,
Schubmodul $G = 81\,000$ N/mm²

- σ_{dWN} Wechselfestigkeit Zug/Druck für d_N
- σ_{bWN} Biegewechselfestigkeit für d_N
- τ_{WN} Torsionswechselfestigkeit für d_N ;
- σ_{dSchN} Schwellfestigkeit Zug/Druck für d_N
- σ_{bSchN} Biegeschwellfestigkeit für d_N ;
- τ_{tSchN} Torsionsschwellfestigkeit für d_N

Relative Werkstoffkosten: Sie sind auf das Volumen bezogen und geben an, um wieviel ein Werkstoff (Rundstahl mittlerer Abmessung bei Bezug von 1000 kg ab Werk) teurer ist als ein gewalzter Rundstahl aus S235JR. Bei Bezug kleiner Mengen und kleiner Abmessungen muss mit höheren Kosten gerechnet werden (siehe auch VDI-Richtlinie 2225-2).

7.2 Sicherheitskonzepte im Maschinen- und Stahlbau

Sicherheitskonzepte im Maschinen- und Stahlbau

Grundlage eines jeden Sicherheitskonzeptes ist die Bedingung, dass die auf ein Bauteil von außen einwirkenden Beanspruchung (B) kleiner sind als die Beanspruchbarkeit (R = Resistance) des Werkstoffs. Die grundlegende Gleichung für den Nachweis der Sicherheit (S) lautet:

$$R \geq B \quad S = \frac{R}{B} \geq 1$$

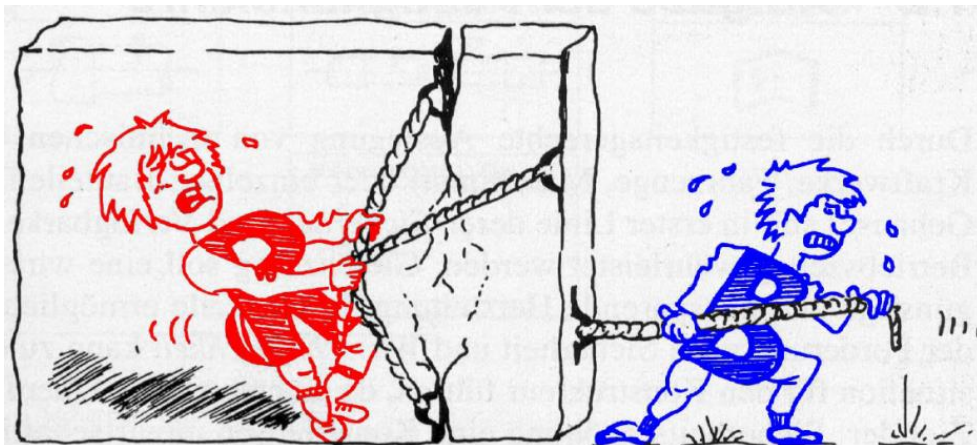


Fig. 7-6: Competition between Driving Force (B) and Resistance (R)

Die Sicherheitskonzepte im Stahl- oder Maschinenbau beruhen auf der Überlegung, dass die charakteristischen Werte der Streckgrenze des Werkstoffs R_e durch Faktoren (Bsp. Größeneinflussfaktor K_t / Sicherheitsbeiwert S_M) vermindert werden.

$$\sigma_{zul} = \frac{R_e}{S_M} \quad \text{RoMa TB 6-6} \quad \text{mit} \quad R_e = K_t \cdot R_{eN} \quad \text{RoMA TB 3-11}$$

Gleichzeitig werden die auftretenden äußeren Belastungen (Bsp. Nennkraft F_{nenn} oder Nenndrehmoment M_{nenn}) durch Faktoren (Bsp. Anwendungsfaktor K_A) einem äquivalenten, Lastfall (F_{eq} oder M_{eq}) angepasst.

$$F_{eq} = K_A \cdot F_{nenn} \quad \text{und} \quad M_{eq} = K_A \cdot M_{nenn} \quad \text{RoMa FS 13}$$

7. ACHSEN UND WELLEN / FESTIGKEITSBERECHNUNG



Beispiel: Aufgaben

7.3 Achsen und Wellenberechnung