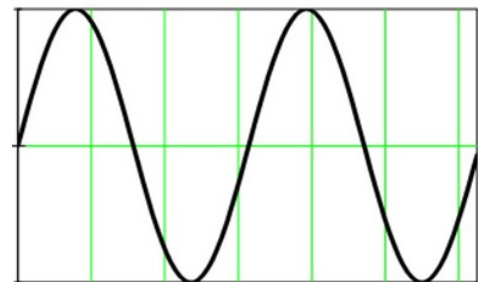
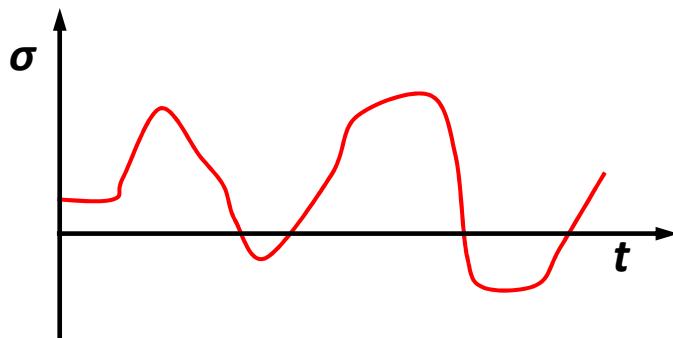


Ermüdung (Fáradás)

- die Eigenschaften der zyklische Belastung;
- die Wöhler Kurve und deren Benutzung;
- die Mechanismen der Ermüdung;
- die Einflussfaktoren der Ermüdung;
- der statistisches Charakter der Ermüdung und deren Auswertung kennenlernen.

Die Erscheinung der Ermüdung war von A. Wöhler am Ende 1800-er Jahren erkannt. Auf Sicherheit geplanten Bahnachsen haben nach längerer Zeit durch Wechselbeanspruchungen gebrochen.

Die Belastungsspannung war weit unter die Streckgrenze. Diese Erscheinung hat man auf die Ermüdung aufmerksam gemacht.



sinusförmige Spannungsänderung

Folie: 3

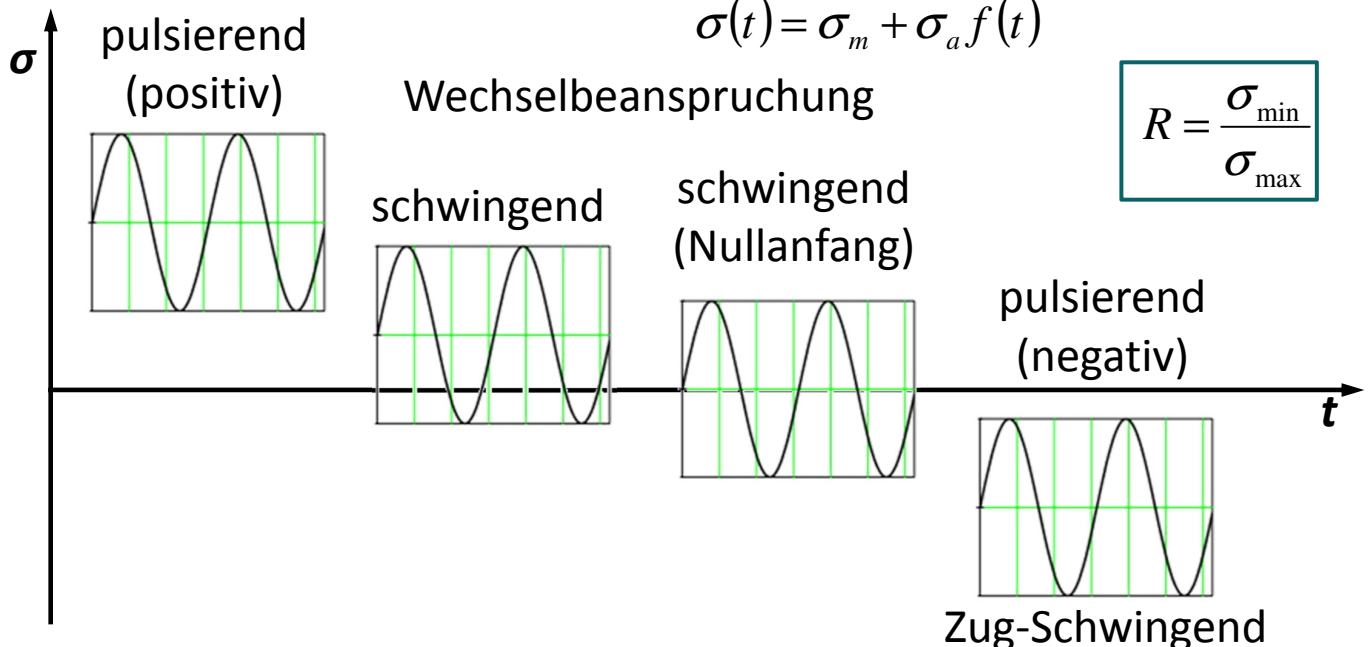
Druck-Schwingendebeanspruchung

$$\sigma_{\max} = \sigma_m + \sigma_a, \quad \sigma_{\min} = \sigma_m - \sigma_a$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}, \quad \sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2}$$

$$\sigma(t) = \sigma_m + \sigma_a f(t)$$

$$R = \frac{\sigma_{\min}}{\sigma_{\max}}$$



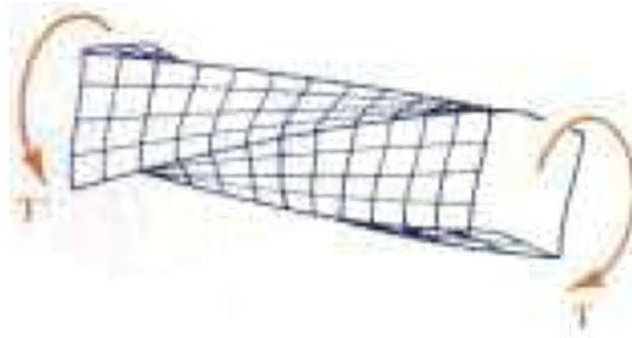
Zug-Schwingend

Folie: 4

Zug-Druck



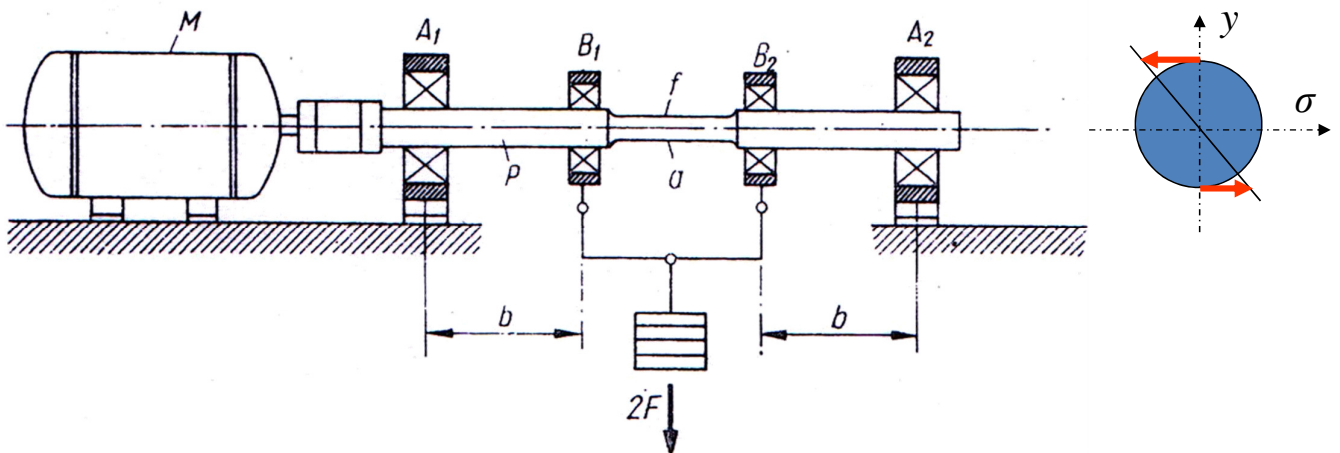
wechselnder Drehen



wechselndes Biegen



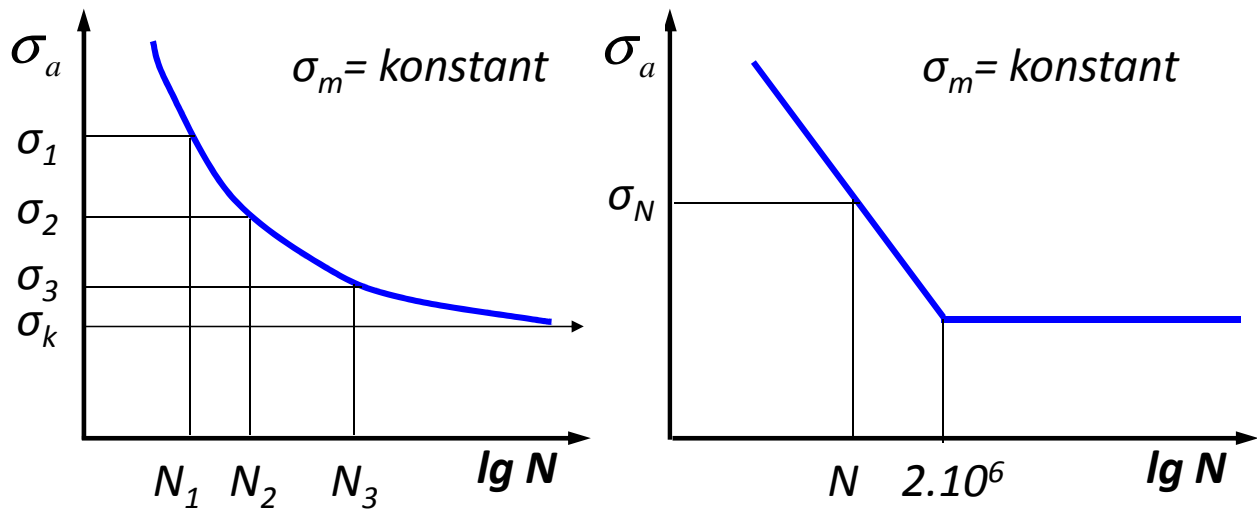
Folie: 5



$$M = b F$$

$$\sigma = \frac{M}{I} y, \quad I = \frac{d^4 \pi}{64}, \quad \sigma_{\max} = \frac{M}{I} \frac{d}{2}, \quad \sigma(t) = \sigma_{\max} \sin 2\pi N$$

Folie: 6

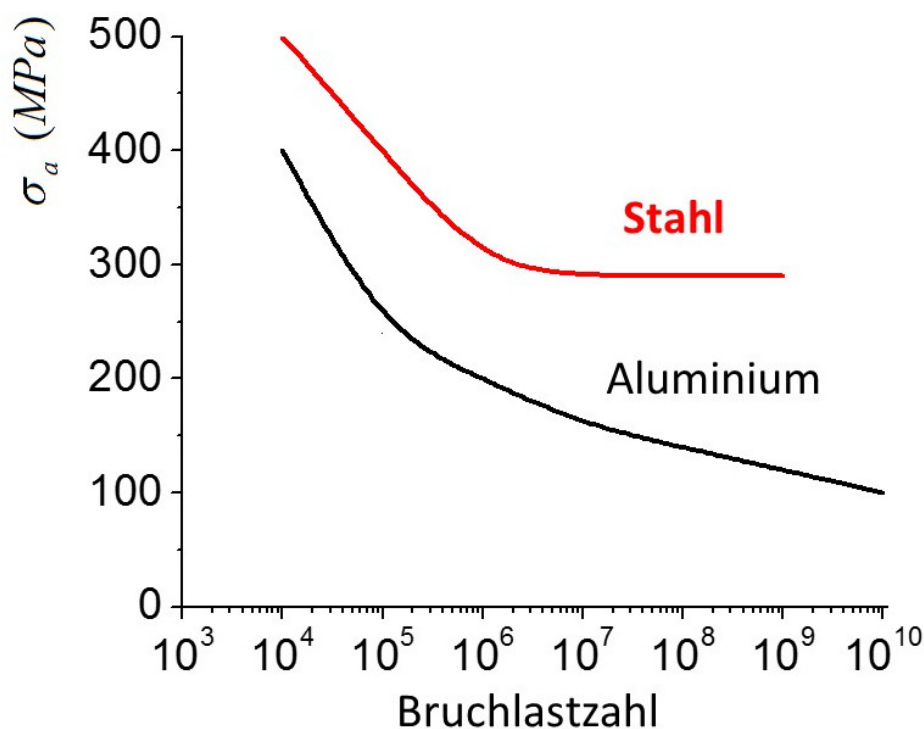


Dauerfestigkeit: Die Spannungsamplitude (bei gegebener Mittelspannung), die keinen Bruch bei unendlicher Zahl der Beanspruchung verursacht. (Kifáradási határ)

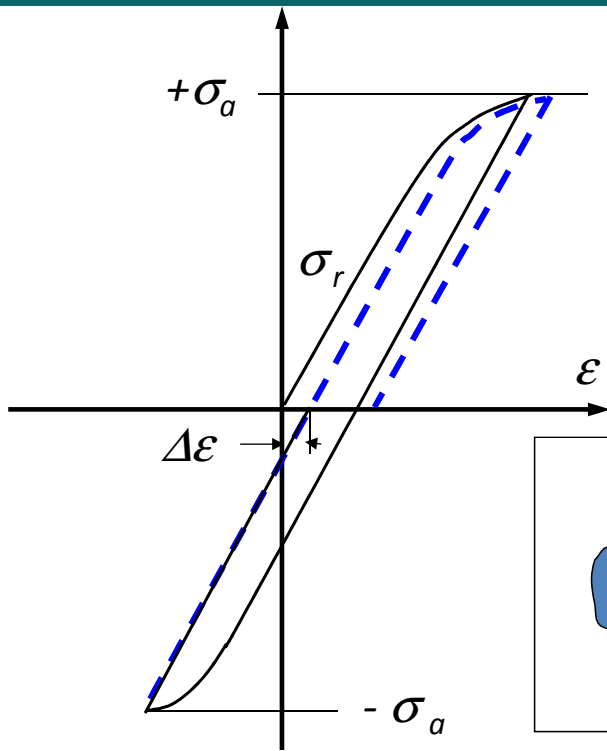
Zeitfestigkeit: Die Spannungsamplitude (bei gegebener Mittelspannung), die keinen Bruch bis gegebener Zahl verursacht. (Tartamszilárdság)

Folie: 7

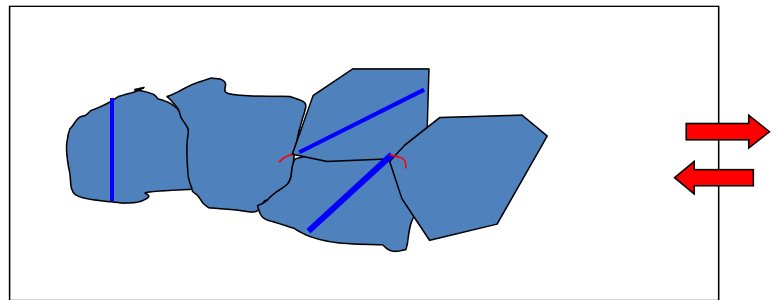
Dauerfestigkeit und Zeitfestigkeit bei verschiedenen Materialien



Folie: 8

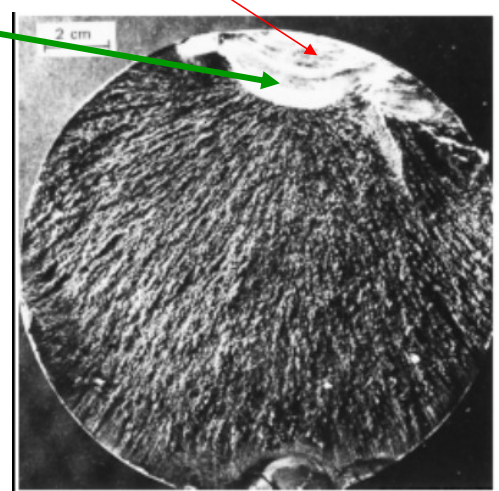
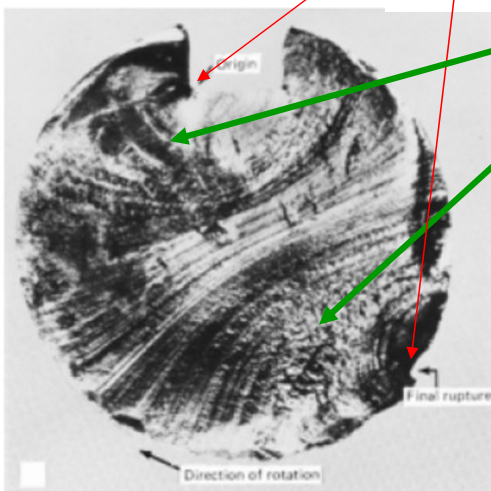


Alle Zyklen nehmen plastische Verformungsenergie an.
In allen Zyklen sind die Proben werden verfestigt oder weicher.



1. Entstehung der Risse; 2. Phase der nicht verbreitenden Risse
3. Phase der verbreitenden Risse;

Entstehen der Risse
langsame Verbreitung
(muschelartige Oberfläche)



Ergebniss: → Spröbruch !

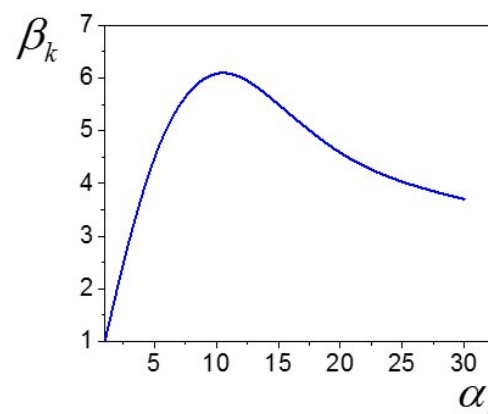
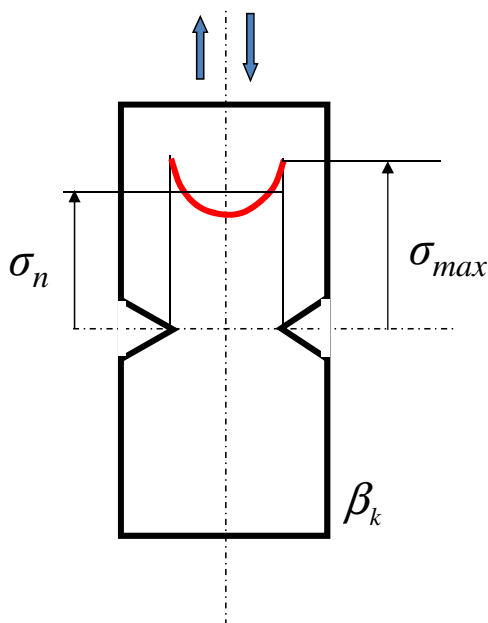
- Charakter des Spannungszustand und Spannungskonzentrationsplätze;
- zeitlicher Ablauf der Spannung;
- Frequenz der Beanspruchung;
- die Maßen der Probe;
- das Medium, in dem die Ermüdung vorgeht;

statische – Beanspruchung

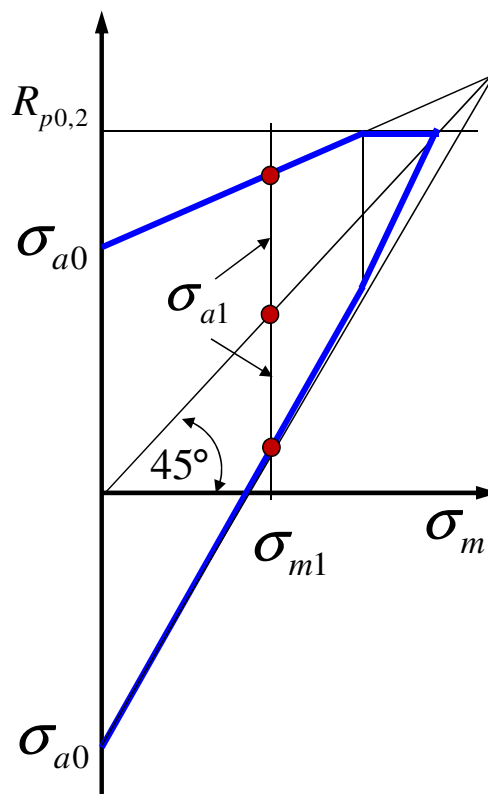
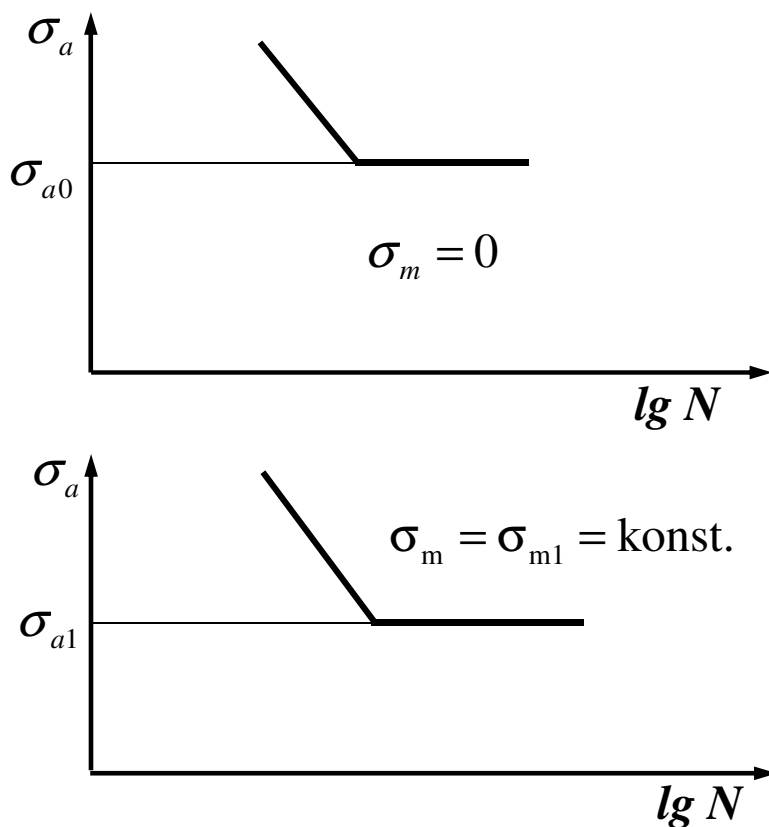
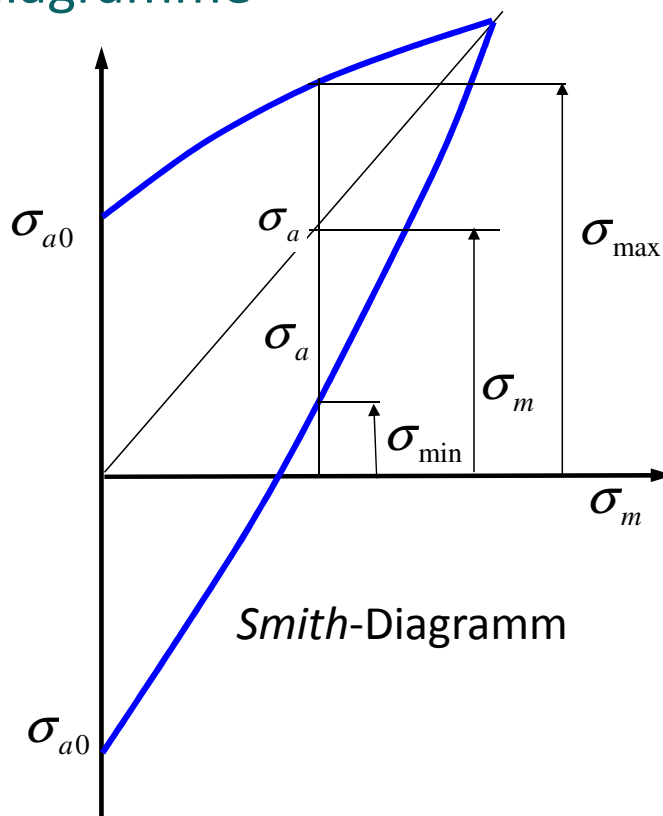
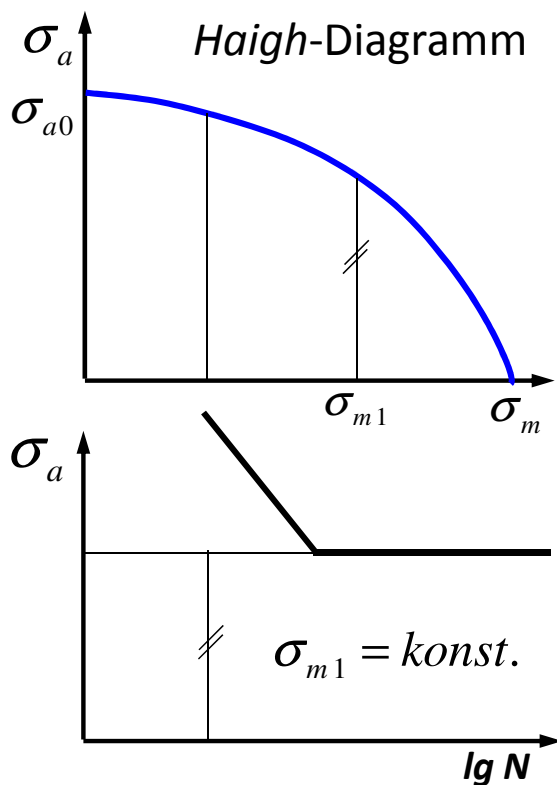
$$\sigma_n = \frac{F}{A}, \quad \sigma_{\max} = \alpha_k \sigma_n$$

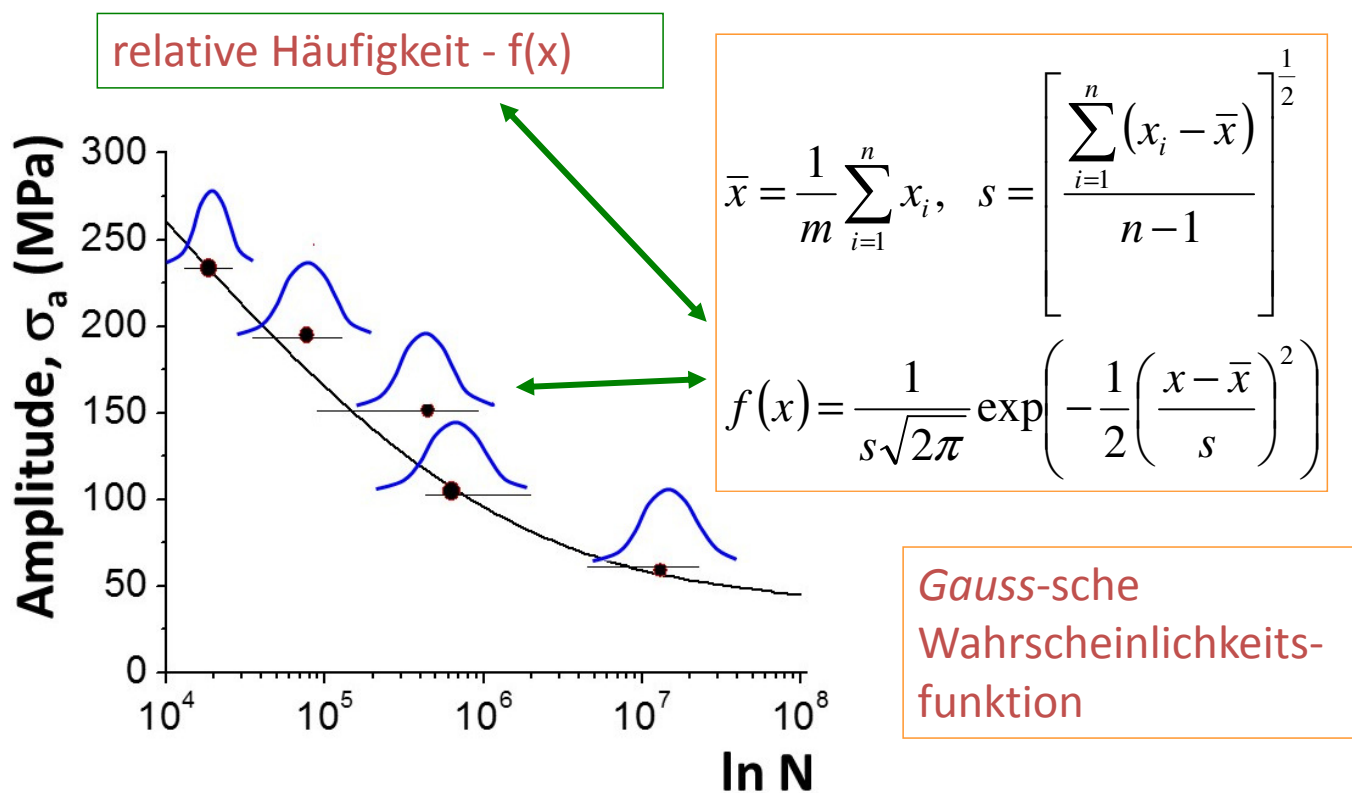
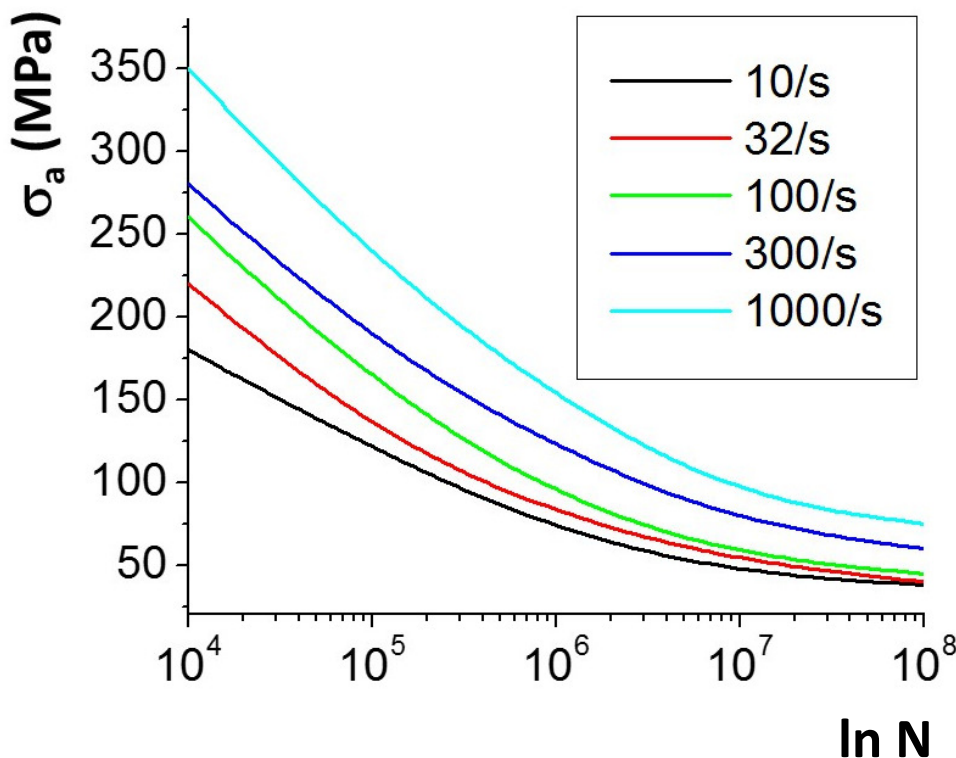
Wechselbeanspruchung

$$\sigma_w = \beta_k \sigma_{wK}$$

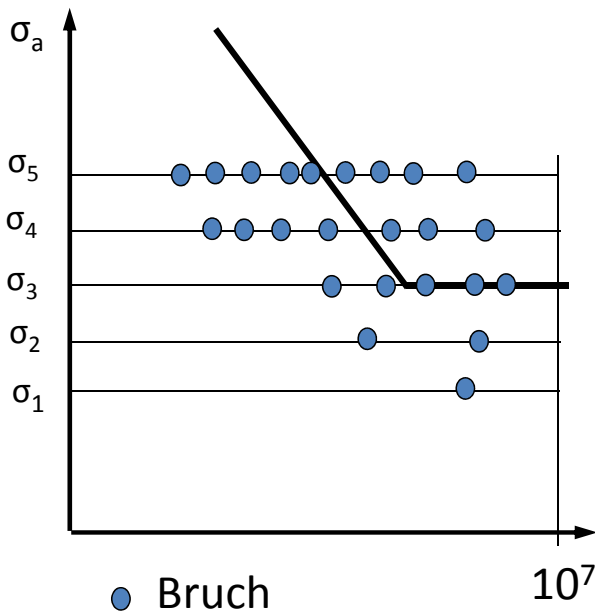


Sicherheitsdiagramme





Untersuchung von 10 Proben je Belastungsniveau:

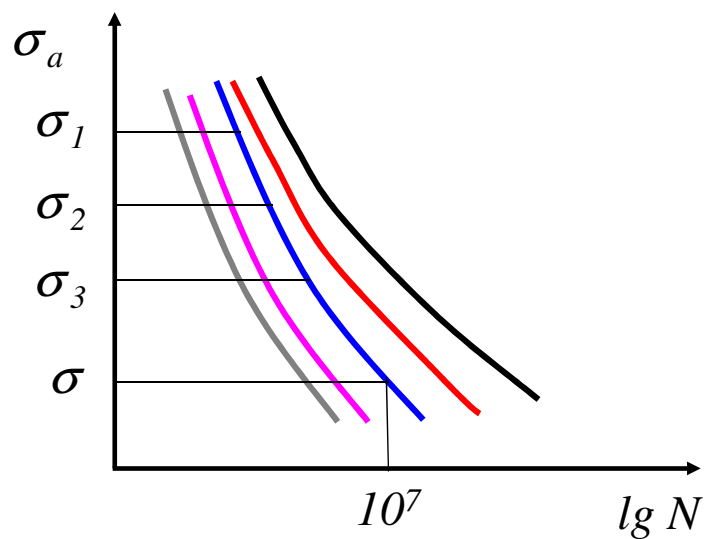
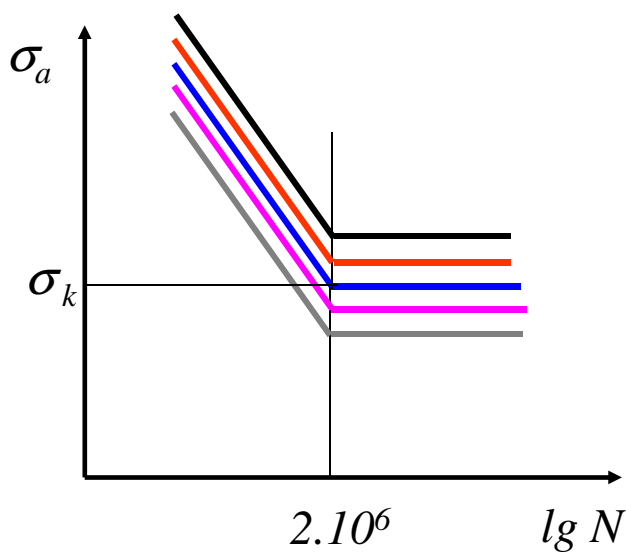


$$p = \frac{\text{Anzahl der Brüche}}{\text{Anzahl der Untersuchungen}}$$

1	9/10
3	7/10
5	5/10
8	2/10
9	1/10

Zahl der nicht gebrochenen Probe nach 10^7 Belastungszyklus

Folie: 17

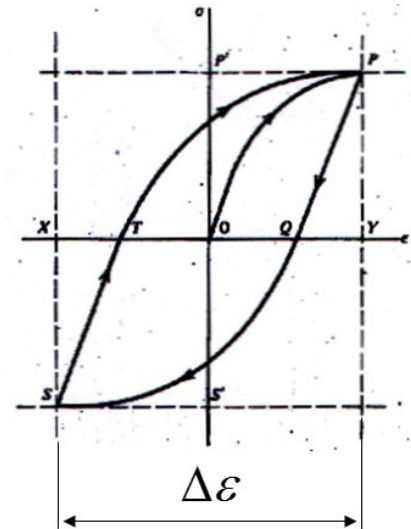
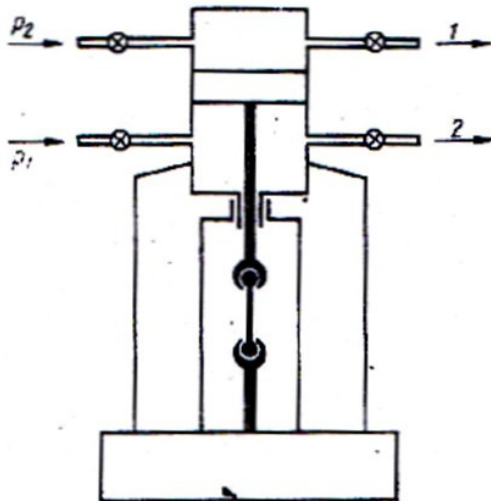


$$p = 0.99, 0.9, 0.5, 0.1, 0.01$$

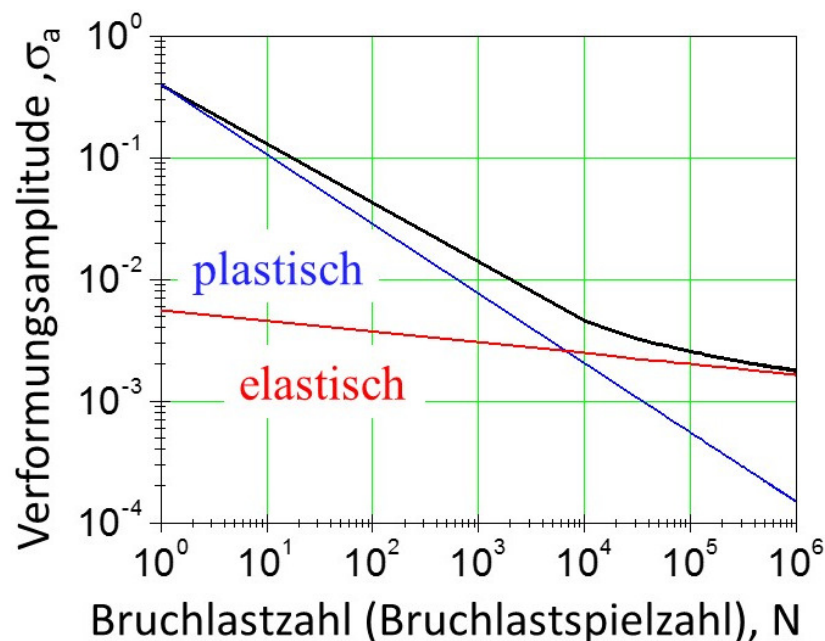
Folie: 18

Zeitstandsfestigkeit (Belastung kleiner als die Streckgrenze): $N \sim 10^6 - 10^8$

Kleinzyklische Ermüdung (Belastung über die Streckgrenze) : $N \sim 10^3 - 10^4$

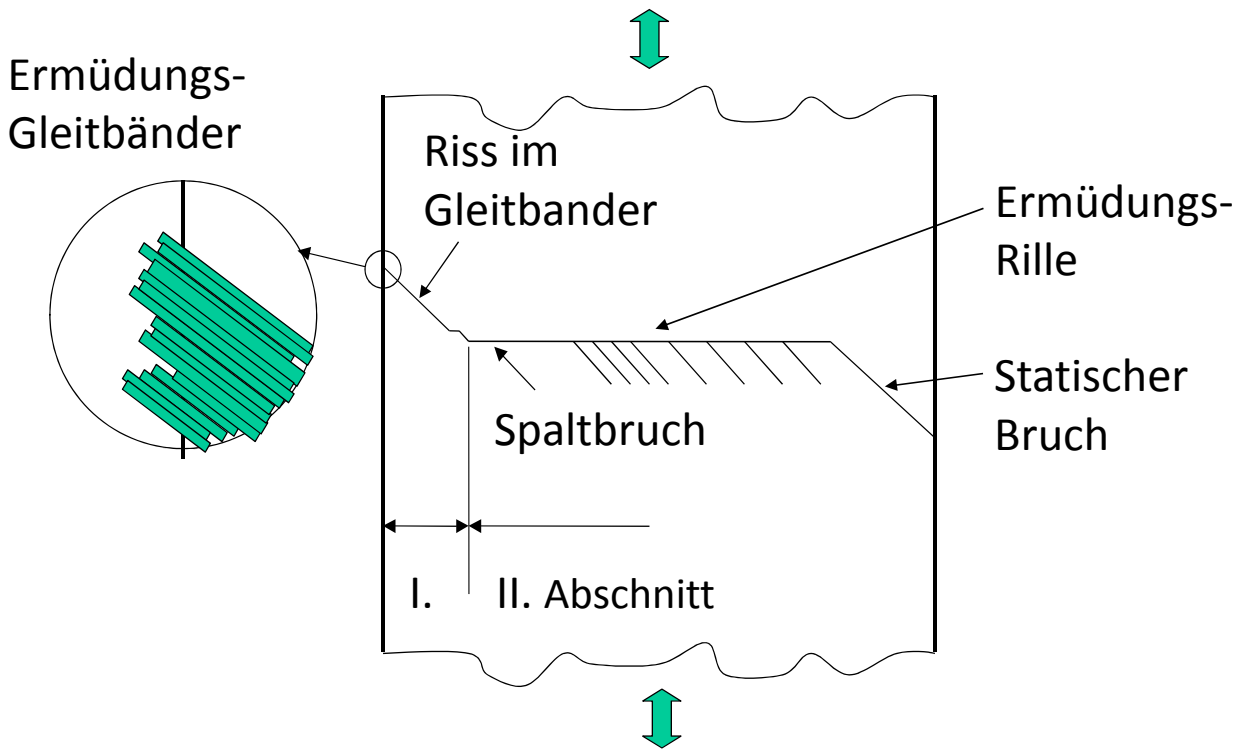


Folie: 19

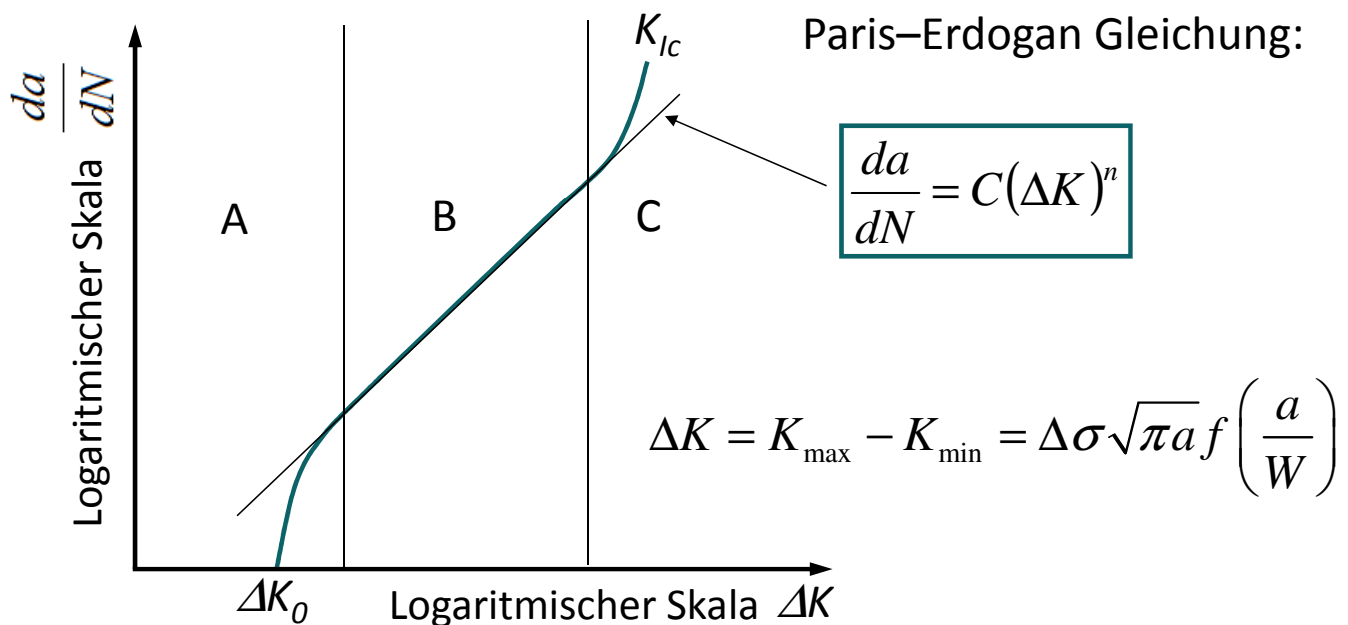


$$\frac{\Delta \epsilon}{2} = \frac{\Delta \epsilon_e}{2} + \frac{\Delta \epsilon_p}{2} = \frac{C_\sigma}{E} (N)^b + C_\epsilon (N)^c$$

Folie: 20



Folie: 21



K_{\max}, K_{\min} – Der größte und kleinste Spannungsintensitätsfaktor

$\Delta\sigma$ – Spannungsänderung, $f\left(\frac{a}{W}\right)$ – Geometrie Parameter

Folie: 22

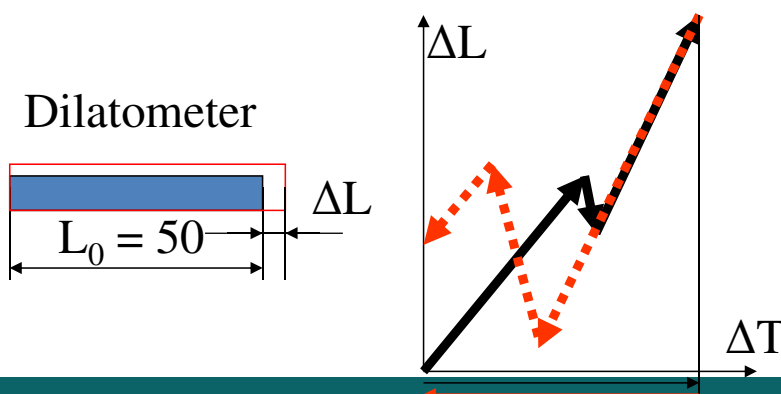
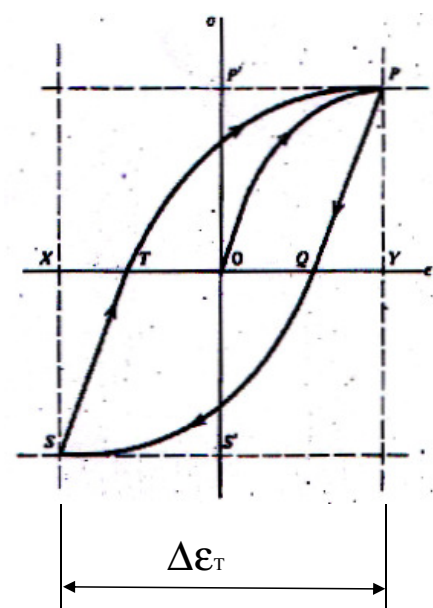
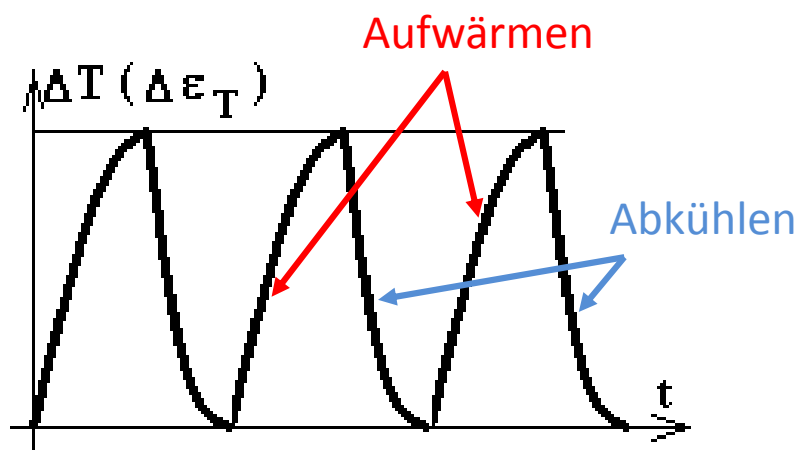
Wenn die Geometrie Parameter 1 ist, dann nach dem integrieren der obigen Gleichung, der Bruchlastzahl beim konstanten Spannungsänderung:

$$N_t = \frac{1}{C(\Delta\sigma\sqrt{\pi})^m} \int_{a_0}^{a_c} a^{-\frac{m}{2}} da = \frac{1}{C(\Delta\sigma\sqrt{\pi})^m} \frac{a_c^{\left(1-\frac{m}{2}\right)} - a_0^{\left(1-\frac{m}{2}\right)}}{\left(1-\frac{m}{2}\right)}$$

wo a_0 a_c – Anfangs- und Bruch- Risslänge ist.

Folie: 23

Thermische (niederzyklische) Ermüdung



Folie: 24

Danke für die Aufmerksamkeit !