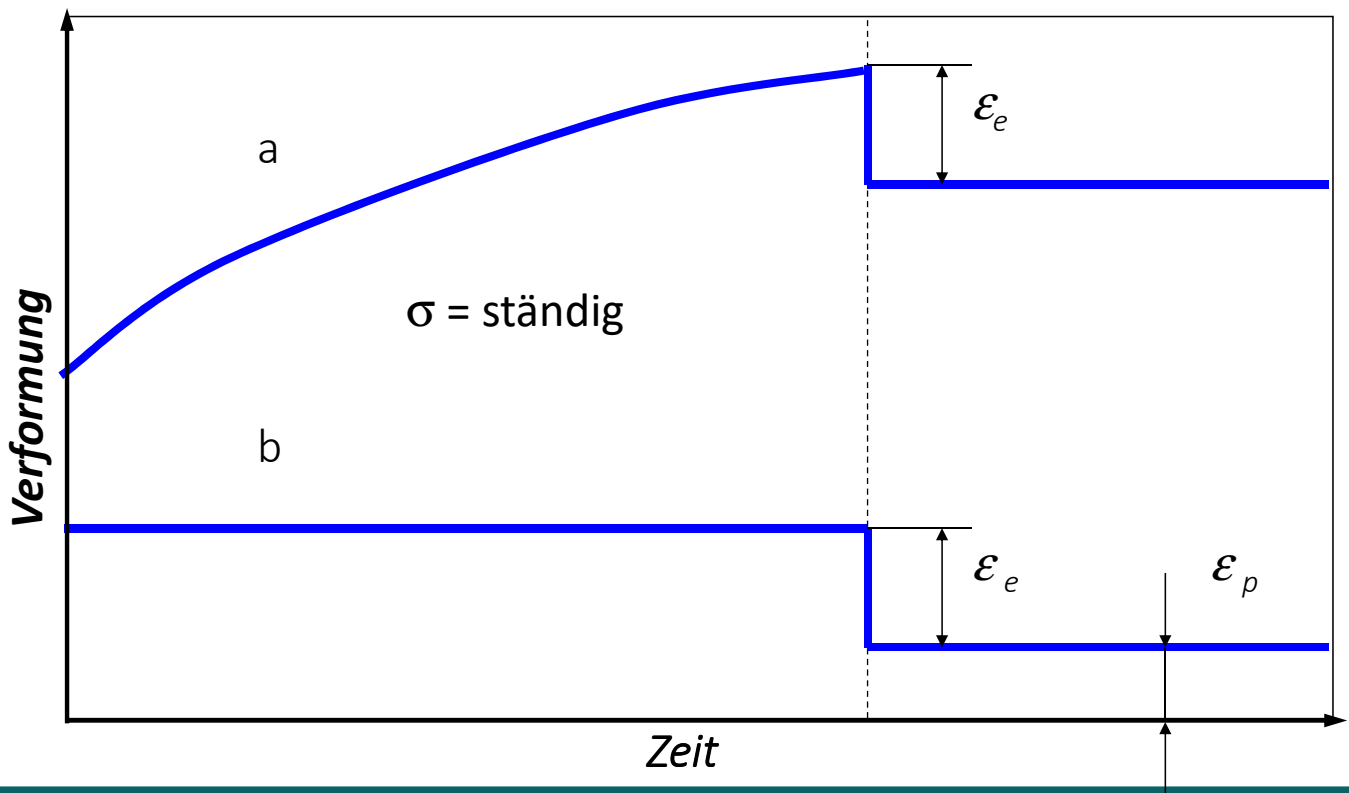


# Kriechen

Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung  
(BMEGEMTAGK1N)  
2018

- die Erscheinung der zeitabhängige und zeitunabhängige Verformung,
- den zeitliche Ablauf der verschiedenen Abschnitte des Kriechens,
- die werkstoffstrukturelle Deutung des Kriechens,
- die Materialuntersuchung fürs Kriechen Die Erscheinung der Rekristallisation und deren technologischen Grundlagen kennenlernen.



3

**Dauerhaftes Fließen oder Kriechen:** bei konstanter Belastung nimmt die Verformung des Materials zu.

**Dauerkriechfestigkeit:** die Spannung, die bei unendlicher Zeit nicht größere Verformung verursacht als vorgeschrieben ist ( $\sigma_{T0.2}$ ).

**Zeitstandfestigkeit:** die Spannung, die während  $t$  Zeitraum  $\epsilon_t$  Verformung verursacht (z.B.  $\sigma_{0.2/10^3}$ ).

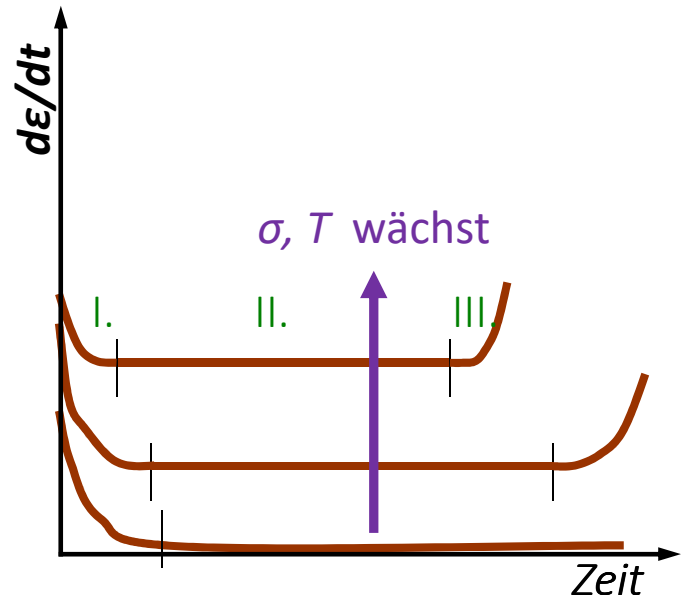
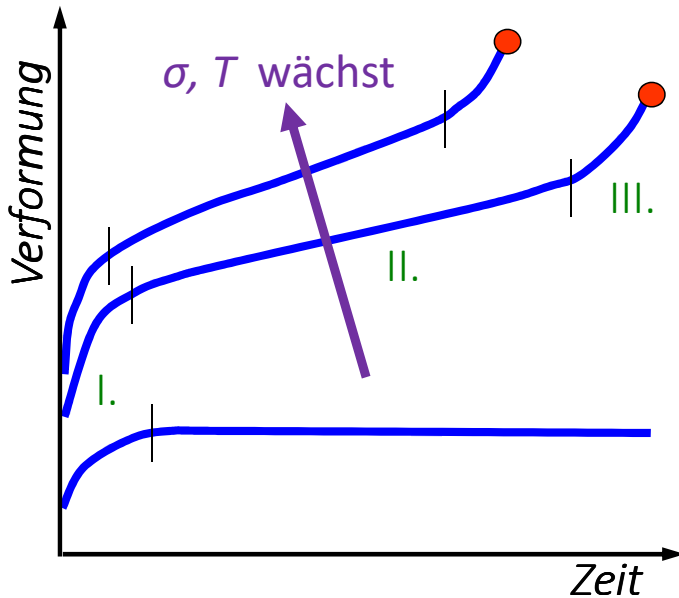
Kriechen ist eine Erscheinung auf höheren Temperaturen.

$$T > 0.4 T_{\text{schmelz}} \text{ (K)}$$

Ingenieur Anwendungen: Gasturbinen der Flugzeugen funktionieren auf einer Betriebstemperatur von  $1300^\circ\text{C}$ , und Flugzeuge fliegen ohne Landung über Ozeanen.

4

## Zeitstandversuch



$$\dot{\epsilon}_2 = A \sigma^{m'} \exp\left(\frac{-Q_c}{kT}\right) \quad 1 < m' < 4$$

$A, m'$  - Materialparameter,  
 $Q_c$  - Aktivierungsenergie,  
 $k$  - Boltzmannsche Konstante,  
 $\sigma$  - Belastungsspannung

### I. Primäres Kriechen

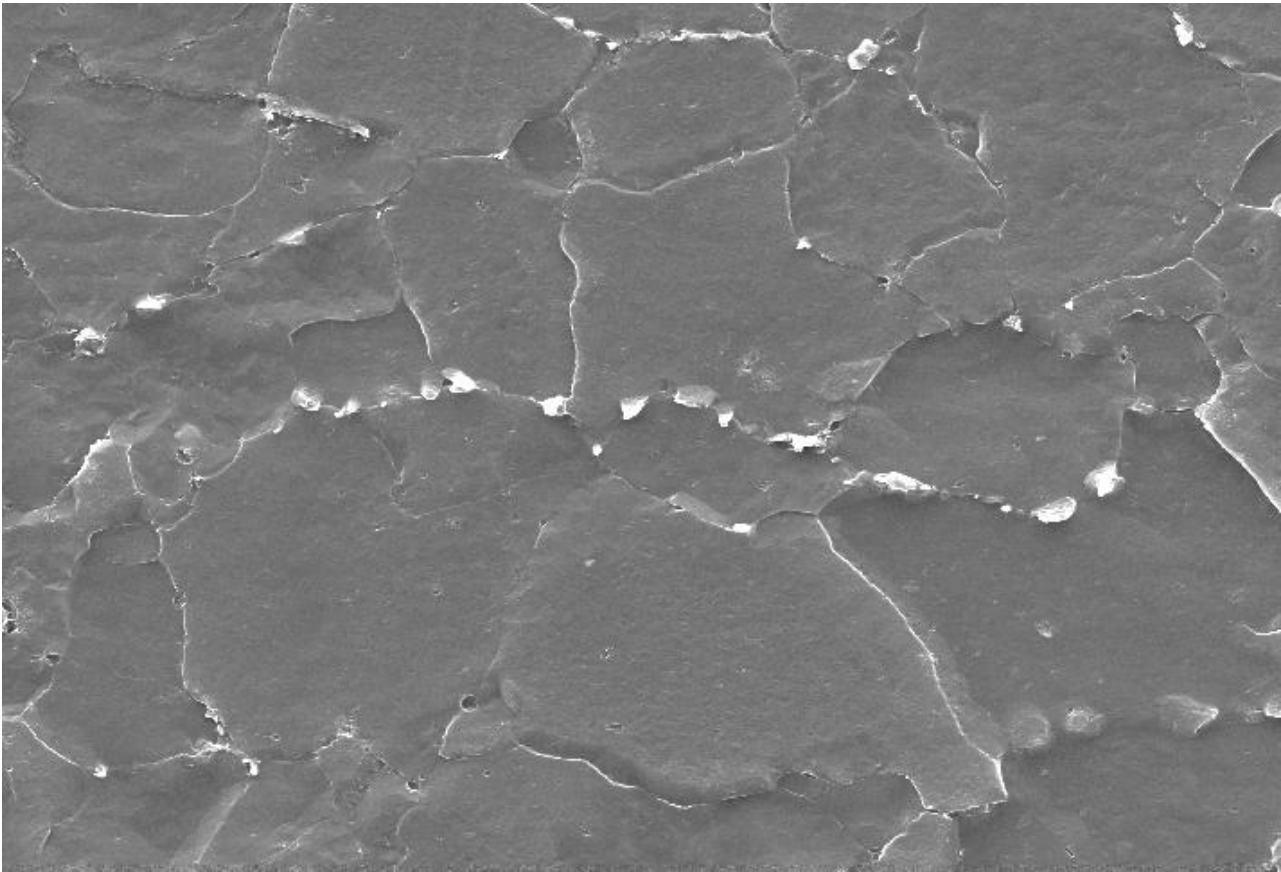
Die Verformungsgeschwindigkeit ist Zeitabhängig und nimmt ab mit der Zeit und Verformung. Die Versetzungsdichte nimmt zu, die Größe der Versetzungszellen nimmt mit der Zeit und Verformung ab.

### II. Sekundäres Kriechen (stationäres Kriechen)

Die Verfestigungsmechanismen, und Erholungsmechanismen (Polygonisations-Mechanismen und Porenbildung usw.) sind im Gleichgewicht.

### III. Tertiäres Kriechen

Rekristallisation, Vergröberung der zweiten Phasen, Entstehen der Poren -Porenketten und Mikrorisse.



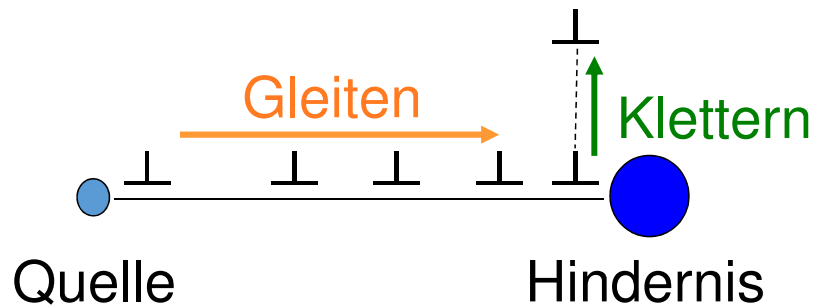
7

Im Laufe des Kriechprozess sind die verschiedene Strukturveränderungen beteiligt die abhängig von der Spannung und Temperatur sind.

- a) Gleiten der Versetzungen
- b) Klettern der Versetzungen (Poligonisation)
- c) Gleiten der Kristallgrenzen
- d) Verformung durch geordnete Diffusion der Leerstellen (Porenbildung).

8

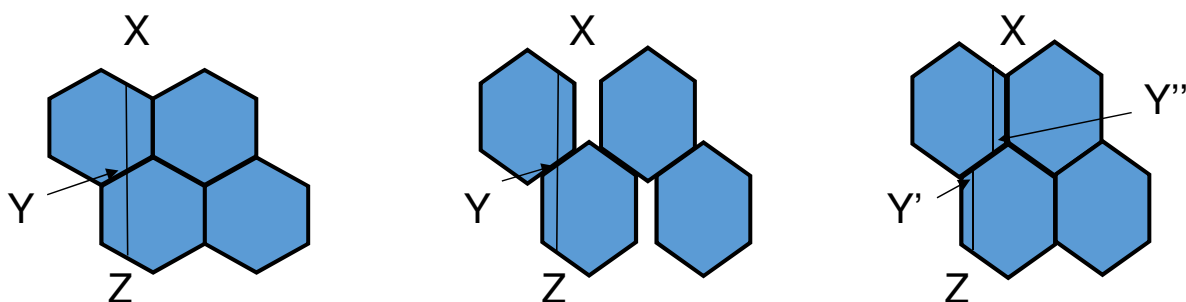
## Klettern der Versetzungen



Plastische Verformung verursacht Verfestigung.  
Versetzungnetzwerke entstehen.  
Die Verfestigung und die Polygonisation  
(Klettern) wirken gleichzeitig zusammen.

9

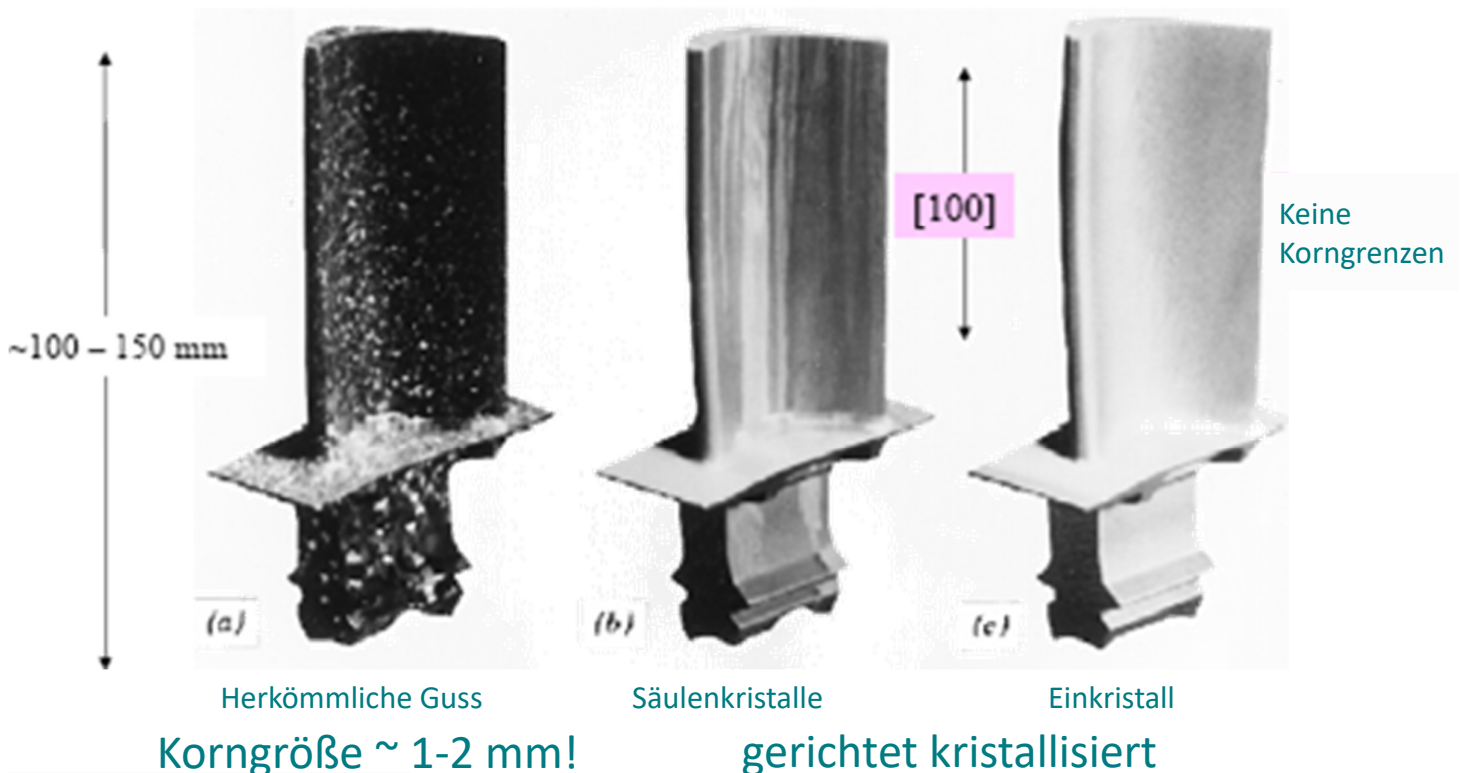
Die geordnete Strömung der Leerstellen  
wirkt entlang der Korngrenzen.  
Die Leerstellen verursachen Verformung  
innerhalb den Körnern und Porenbildung an  
den Korngrenzen.  
Gleiten entlang der Korngrenzen kann die  
Poren reduzieren.



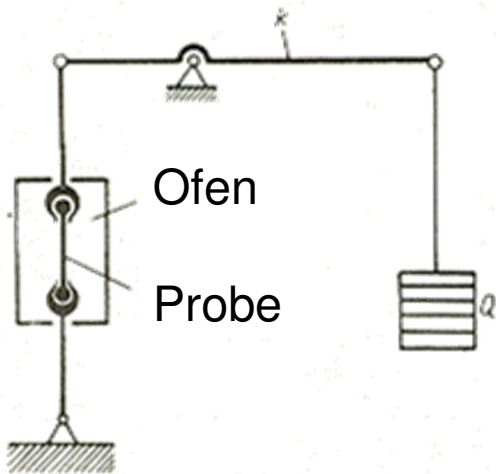
Kriechfestigkeit kann erhöht werden mit:

- Senken der Diffusionsgeschwindigkeit.
  - ➔ Verwendung von Materialien mit großem Schmelzpunkt
- Erhöhung des Schubmoduls
- Erhöhung der Größe der Korngrenzen (Korngröße) ➔ Einkristalle
- Erhöhung der Rekristallisationstemperatur
- Verwendung von zweiten Phasen, die die Versetzungsbewegung bremsen.

11

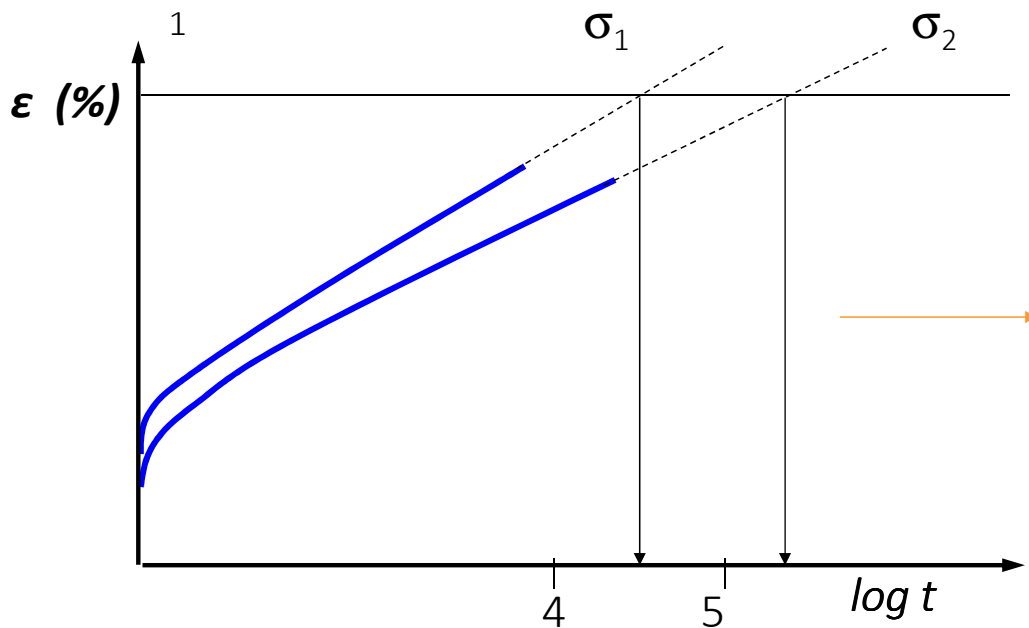
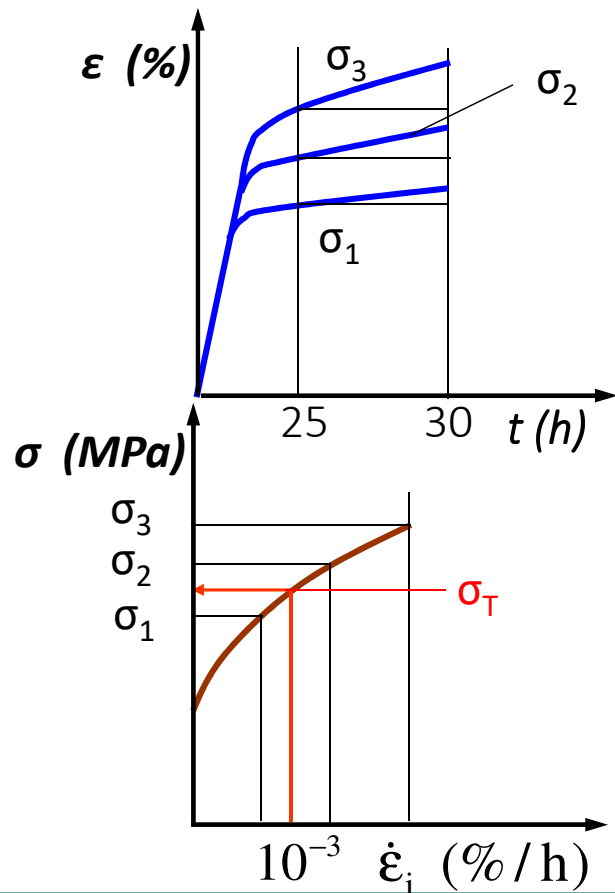


12



gekürzte Zeitstandsversuch

$$\dot{\epsilon}_i = \frac{\epsilon|_{30} - \epsilon|_{25}}{5} \Big|_{\sigma_i}$$



Nach mehreren Messungen kann die Spannung bestimmt werden, die unter vorgeschriebener Zeit ( $10^5$  Stunde) bestimmte Verformung (1 %) verursacht.  $\sigma_{1/10^5}$

## Probe vs. Betrieb

$$\dot{\epsilon} = A \sigma^{m'} \exp\left(\frac{-Q_c}{RT}\right)$$

$$\ln \dot{\epsilon} = \frac{-Q_c}{RT} + \ln A + m' \ln \sigma$$

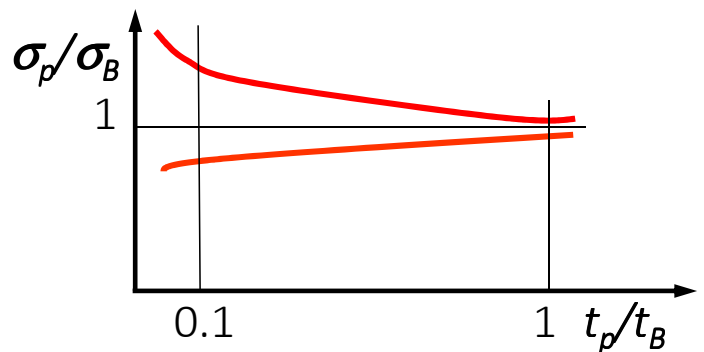
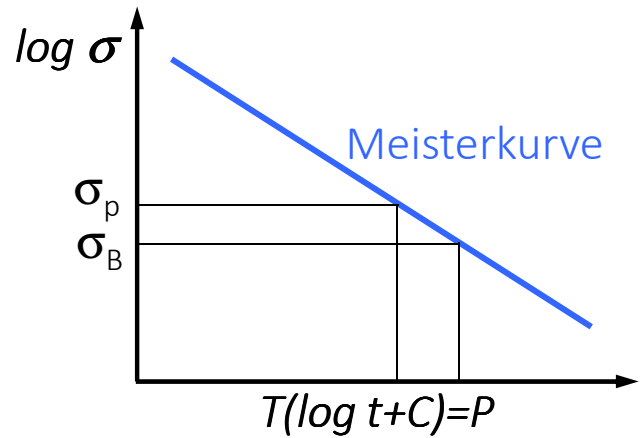
$$t = \epsilon / \dot{\epsilon}$$

$$\frac{Q_c}{R} = T(\log t + C) = P = \text{LMP}$$

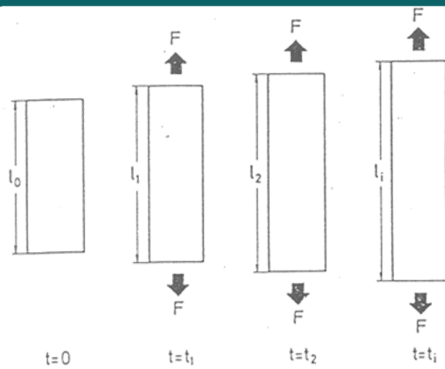
$$T_B, t_B, \sigma_B \rightarrow \epsilon \leftarrow T_p, t_p, \sigma_B \rightarrow P(\sigma_B)$$

$$\leftarrow T_p, t_p, \sigma_p \rightarrow P(\sigma_p)$$

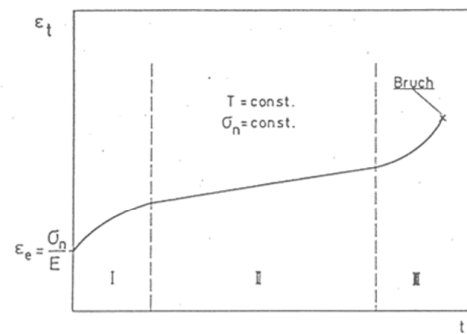
$$T_p = T_B + \max. 50^\circ \text{C}$$



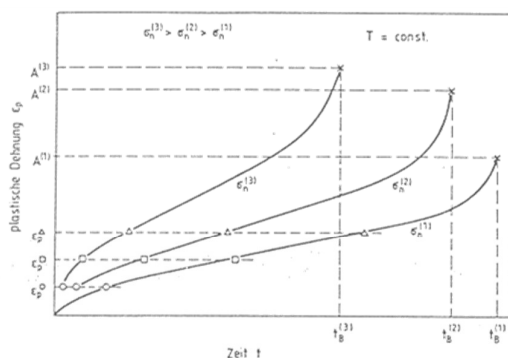
## Zeitstandsdiagramm



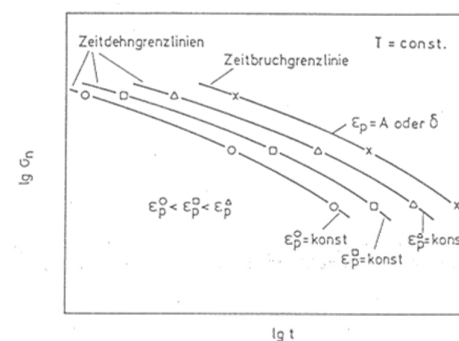
Prinzip von Kriechversuchen



$\epsilon_t, t$ -Diagramm bei Kriechbeanspruchung (Kriechkurve)



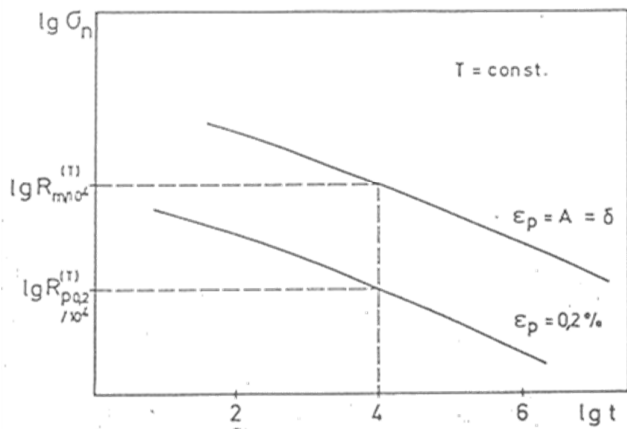
Kriechkurven bei drei Nennspannungsbeanspruchungen



Zeitdehngrenzzlinien und Zeitbruchgrenzzlinie : Zeitstandsdiagramm

Daraus





0,2 %-Zeitdehngrenze und Zeitbruchgrenzlinie mit Heraushebung der Zeitdehngrenze  $R_{p0,2}^{(T)}/10^4$  und der Zeitfestigkeit  $R_m^{(T)}/10^4$

- $R_{p.0.2/t}^{(T)}$  = 0.2 %-Zeitdehngrenze für t-Stunden bei der Temperatur T
- = t-Stunden 0.2 %-Zeitdehngrenze bei der Temperatur T
- = WW gegen Überschreiten einer plast. Verformung von 0.2 % in t-Stunden bei der Temperatur T
- $R_{m/t}^{(T)}$  = Zeitbruchgrenze für t-Stunden bei der Temperatur T
- = t-Stunden Zeitbruchgrenze bei der Temperatur T
- = Zeitstandfestigkeit für t-Stunden bei der Temperatur T
- = t-Stunden Zeitstandfestigkeit bei der Temperatur T
- = WW gegen Kriechbruch in t-Stunden bei der Temperatur T

**Danke für die Aufmerksamkeit!**