

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialwissenschaft

– 8 –

Mechanische Eigenschaften. Plastische Verformung, Bruch, Härte

erarbeitet von: Gergely AGÓCS, Ferenc TÖLGYESI
29. Oktober 2020.

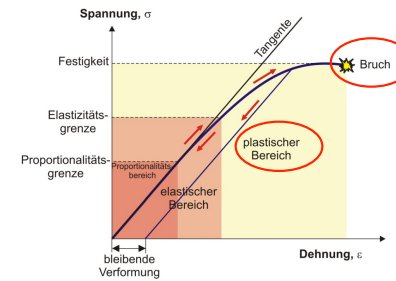
Kapitel des
Lehrbuches:
16, 17

FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

1

Belastungsdiagramm

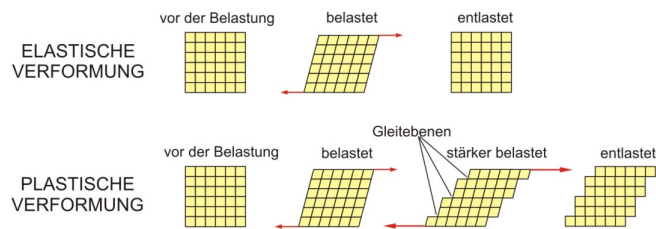


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

2

Elastische und plastische Verformung

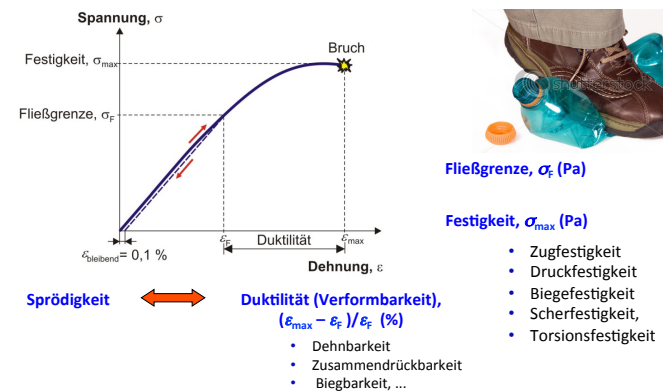


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

3

Plastische Verformung

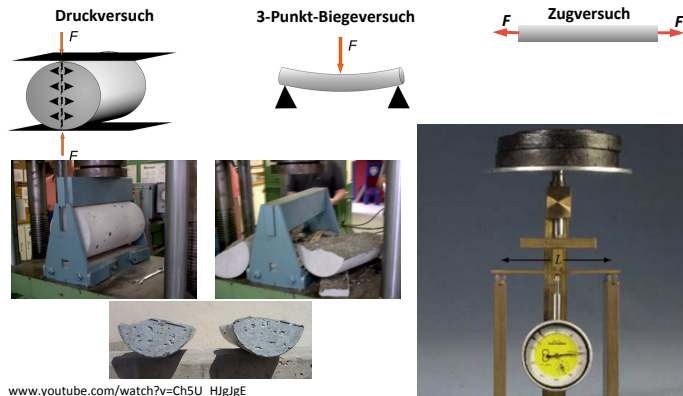


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

4

Festigkeitsprüfung



www.youtube.com/watch?v=Ch5U_HjlgE

FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

5

Einige Festigkeitswerten

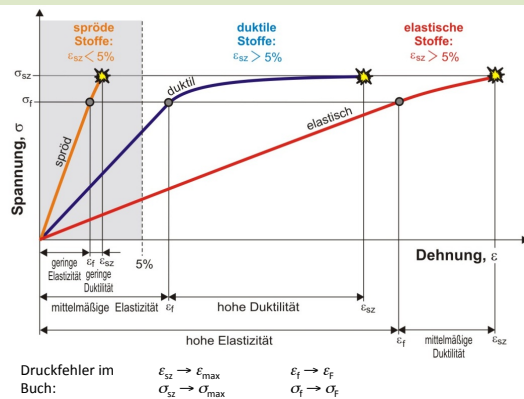
Material	$\sigma_{\text{max, Zug}}$ (MPa)	$\sigma_{\text{max, Druck}}$ (MPa)
Zahnschmelz	≈ 10	≈ 400
Dentin	≈ 110	≈ 300
Keramiken	5-400	20-5000
Porzellan	≈ 25	≈ 300
Polyethylen (große Dichte)	≈ 30	
Amalgam	30-55	200-450
PMMA (Polymethylmethacrylat)	≈ 50	≈ 80
Glas	$\approx 50-70$	≈ 700
Gold	108	
Aluminiumoxid	≈ 170	≈ 2100
Zirkoniumdioxid	≈ 250	≈ 2500
Goldlegierungen	300-900	
Pd-Ag Legierungen	400-700	
Ni-Cr Legierungen	400-900	
Co-Cr Legierungen	600-800	
Ti Legierungen	900-1100	
kohlenstofffaserverstärktes (61%) Epoxid	≈ 1700	

FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

6

Sprödigkeit und Duktilität



Druckfehler im Buch:

$\epsilon_{sz} \rightarrow \epsilon_{\text{max}}$
 $\sigma_{sz} \rightarrow \sigma_{\text{max}}$

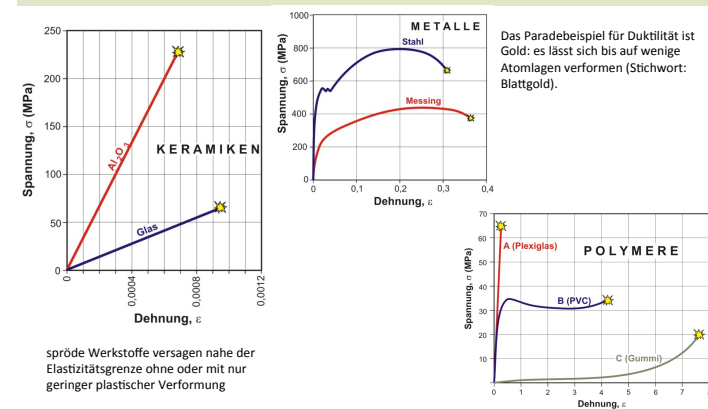
$\epsilon_f \rightarrow \epsilon_f$
 $\sigma_f \rightarrow \sigma_f$

FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

7

Sprödigkeit und Duktilität: Beispiele



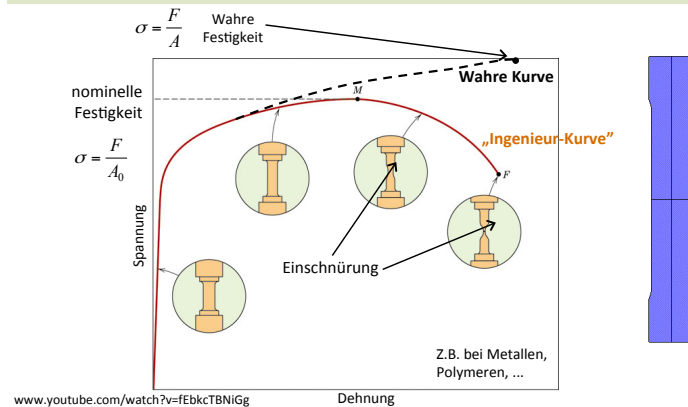
spröde Werkstoffe versagen nahe der Elastizitätsgrenze ohne oder mit nur geringer plastischer Verformung

FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

8

Nennspannung und wahre Spannung



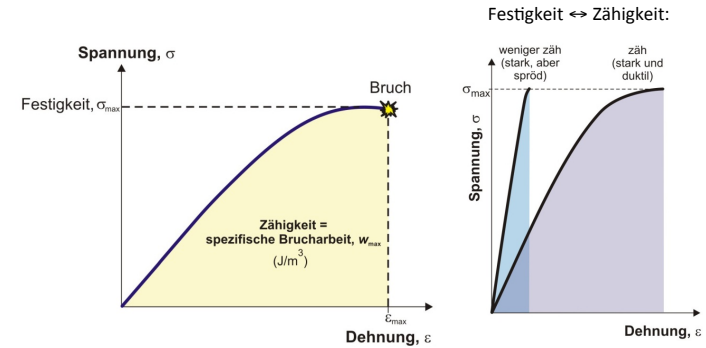
FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

9

Zähigkeit

heißt auch: **spezifische Brucharbeit (w_{max})**

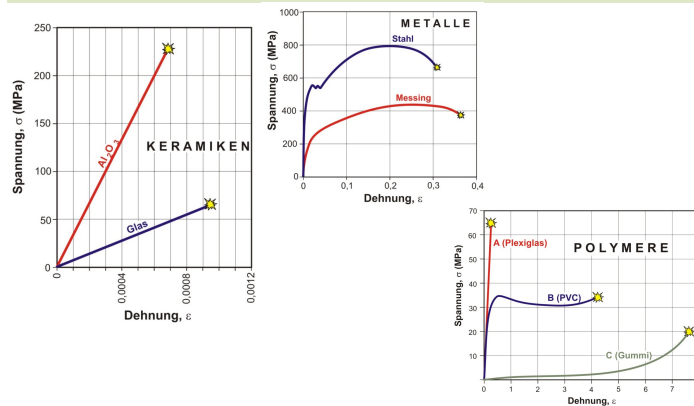


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

10

Zähigkeit: Beispiele

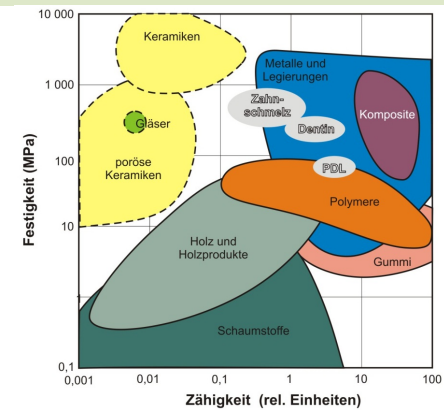


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

11

Festigkeit und Zähigkeit

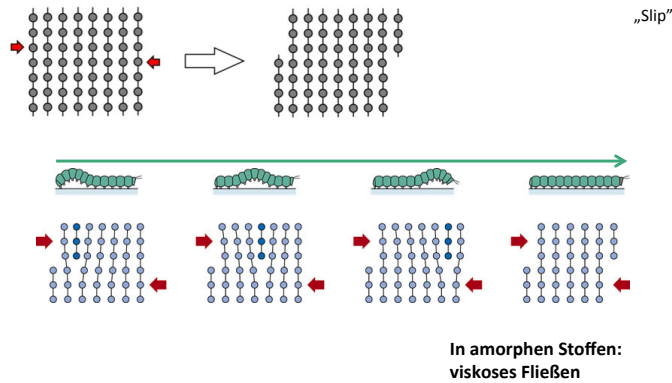


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

12

Mikroskopischer Mechanismus der plastischen Verformung in Kristallen

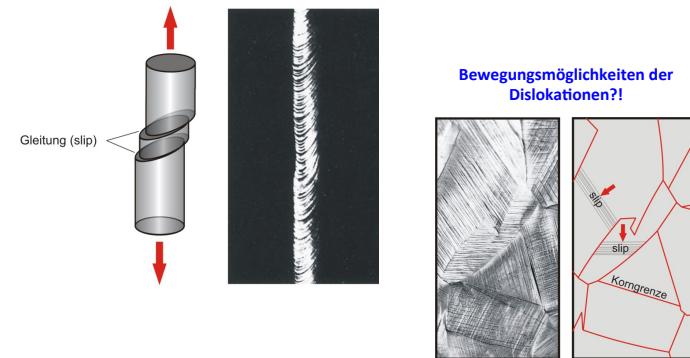


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

13

Mikroskopischer Mechanismus der plastischen Verformung in Kristallen

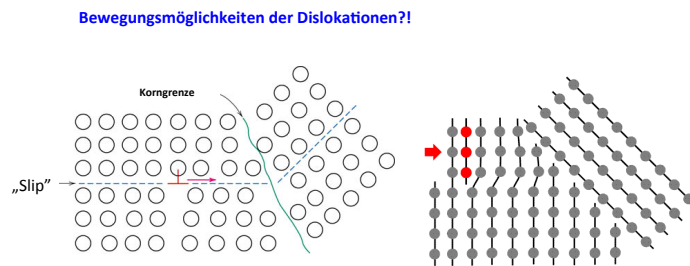


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

14

Mikroskopischer Mechanismus der plastischen Verformung in Kristallen



FAFA_DE

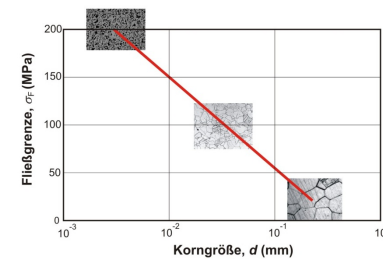
8 | Plastische Verformung

15

Beeinflussung der plastischen Eigenschaften und der Festigkeit von Metallen

1. Korngröße (d): Kornfeinung

z.B. durch Wärmebehandlung



Die Feinkornhärtung ist das einzige Härteverfahren auf Basis von Gitterfehlern (in diesem Fall den Korngrenzen), bei dem sowohl Festigkeit als auch Duktilität erhöht werden.



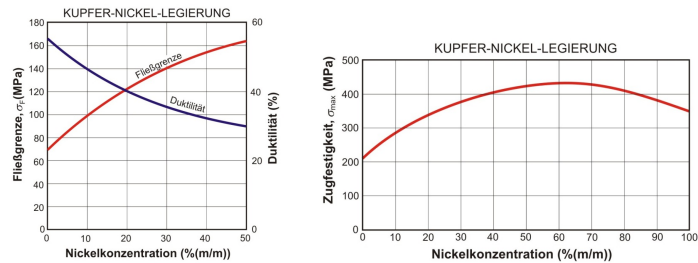
FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

16

Beeinflussung der plastischen Eigenschaften und der Festigkeit von Metallen

2. Legierung z.B.: Cu-Ni



FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

17

Beeinflussung der plastischen Eigenschaften und der Festigkeit von Metallen

3. Verformungsverfestigung (Kaltverfestigung):



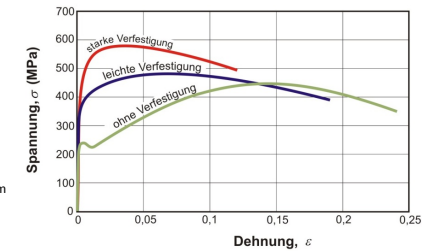
wenn Metalle plastisch verformt (Kaltumformung) werden, ihre Festigkeit (Zugfestigkeit) und Härte in unterschiedlichem Maße zunimmt.

Die Größen der plastischen Verformung

(σ_f , ϵ_m , σ_{max} , w_m),

bzw. die Härte

sind sehr empfindlich gegen Defekte.



Ähnlicherweise: Sprödigkeit der Keramiken

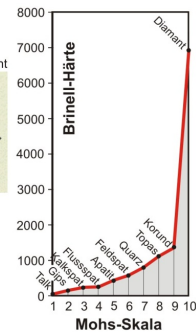
FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

18

Härte

Mohs-Skala:

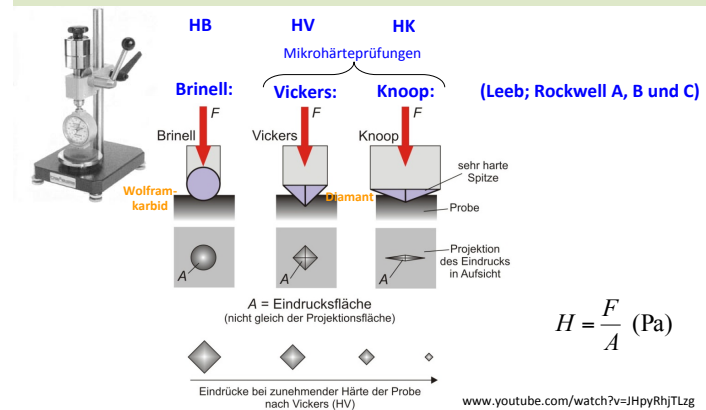


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

19

Härteprüfungen

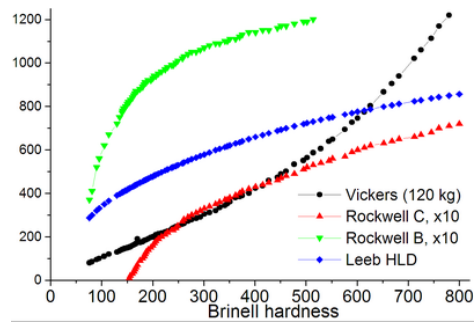


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

20

Härteskalen



FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

21

Einige Härtewerte

Material	HV (MPa)	HK (MPa)
Zahnschmelz	≈ 3400	3400-4000
Dentin	≈ 600	≈ 700
Amalgam	≈ 1000	
Gold		60-70
Gold-legierungen	600-250	≈ 2000
Pd-Ag-Legierungen	1400-1900	
Co-Cr-Legierungen	≈ 4000	3000-4500
Ni-Cr-Legierungen	3000-4000	2000-3500
Glas		≈ 5000
Porzellan	4500-7000	≈ 6000
Akrlat	≈ 200	≈ 200

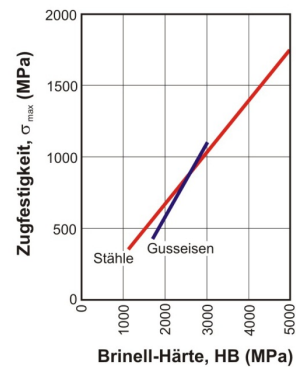
FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

22

Zusammenhang der Härte mit anderen Größen

- Elastizitätsgrenze
- Festigkeit

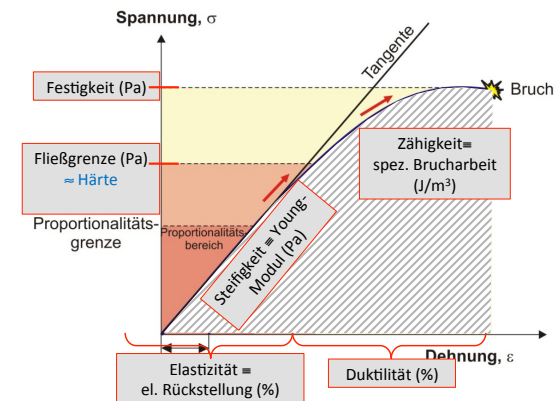


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

23

Überblick über die wichtigsten mechanischen Eigenschaften

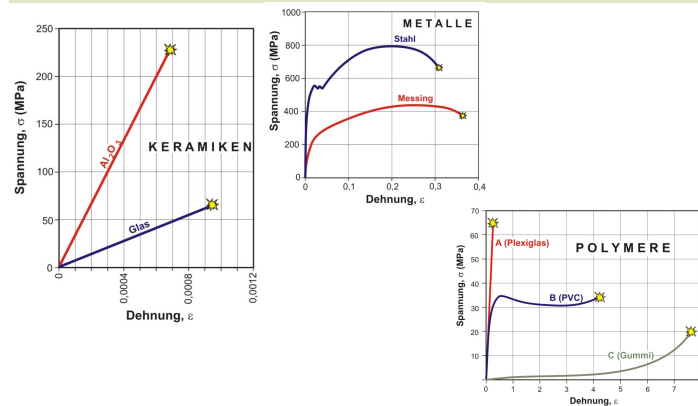


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

24

Beispiele

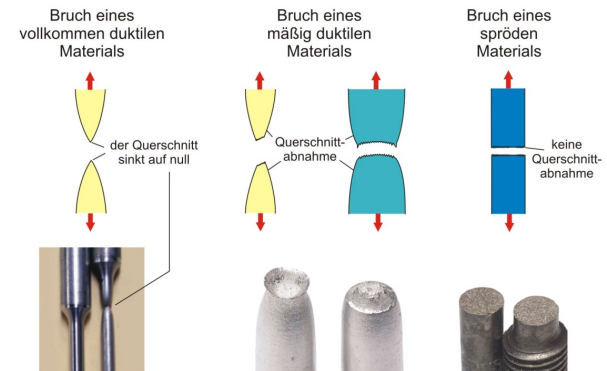


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

25

Bruch: Typen

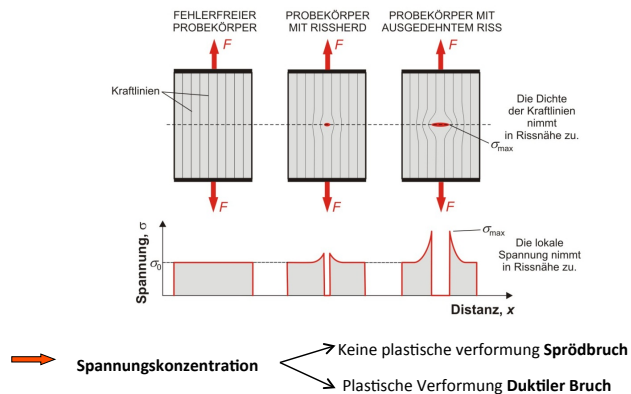


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

26

Bruch: Mechanismus

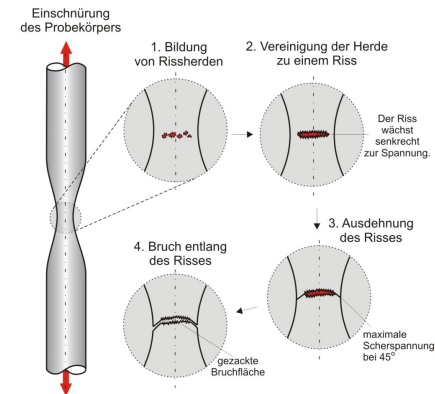


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

27

Bruch: Phasen eines Zähbruchs

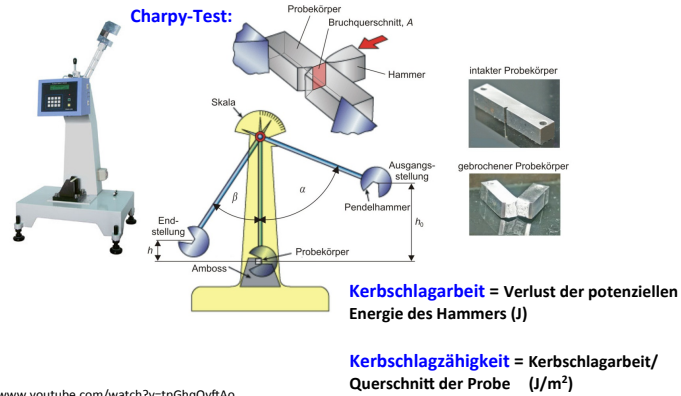


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

28

Kerbschlagversuch

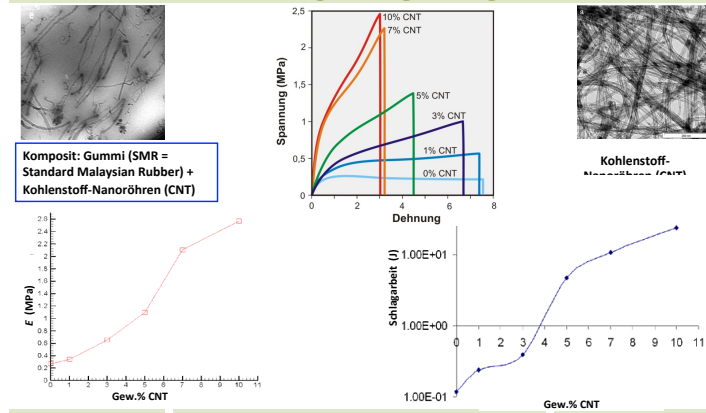


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

29

Verbundwerkstoffen: Ein Beispiel für die „Kombination von günstigen Eigenschaften“



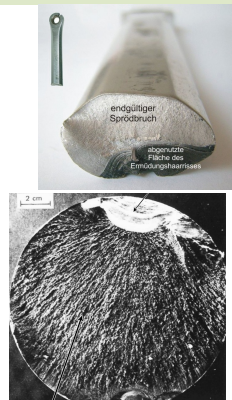
FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

30

Ermüdung

- Sich wiederholende Belastungen
- Strukturänderungen
 - Ermüdungsrisse
 - Ermüdungsbruch



FAFA_DE

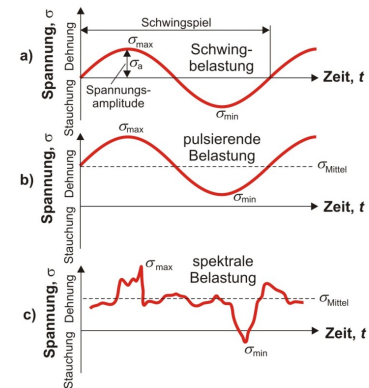
8 | Plastische Verformung

31

Untersuchung der Ermüdung

Wiederholte Beanspruchung bis zum Bruch

Belastungstypen:

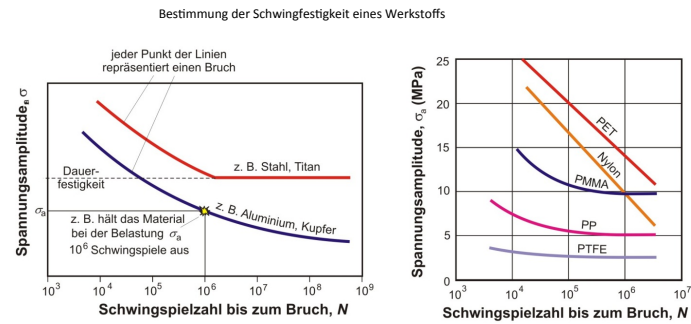


FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

32

Schwingfestigkeit: Wöhlerlinie



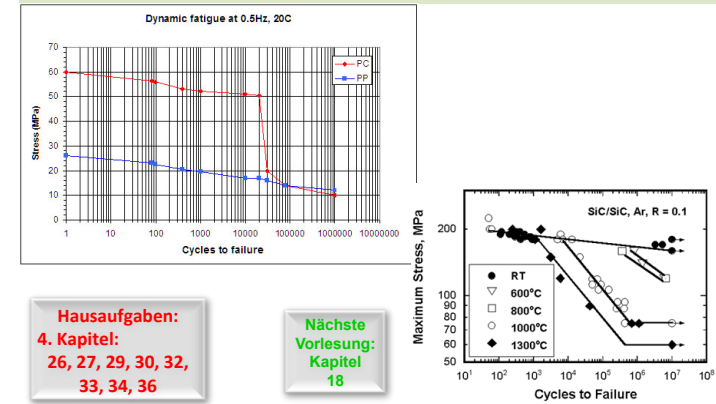
www.youtube.com/watch?v=kLDDASHsRLg

FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

33

Schwingfestigkeit



Hausaufgaben:
4. Kapitel:
26, 27, 29, 30, 32,
33, 34, 36

Nächste
Vorlesung:
Kapitel
18

FAFA_DE

8 | Plastische Verformung

34