

## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde 8.

Mechanische Eigenschaften 3.

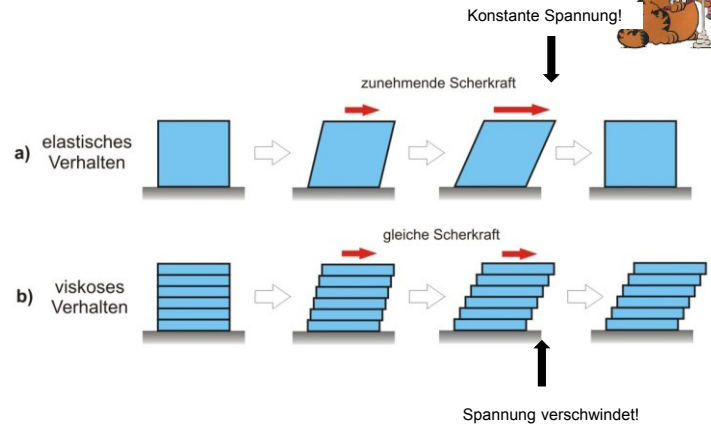
1

## Viskoelastizität



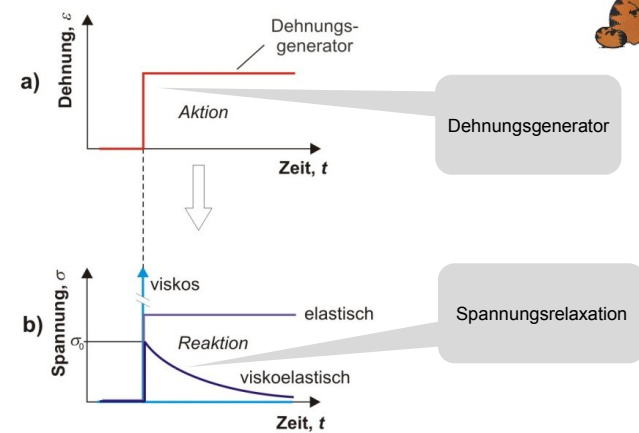
2

## Vergleich des elastischen und viskosen Verhaltens:



3

## Viskoelastizität



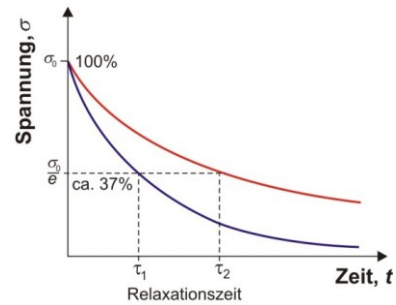
4

### Spannungsrelaxation:

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\tau = \frac{\eta}{G}$$

Relaxationszeit



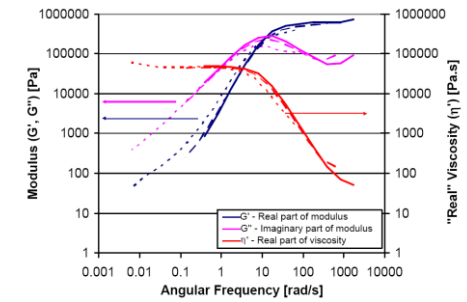
5

### Beispiel: intelligente Knete

Polydimethylsiloxan



PDMS	65%
Silica	17%
Thixotrol	9%
Boric Acid	4%
Glycerine	1%
Titanium Dioxide	1%
Dimethyl Cyclosiloxane	1%

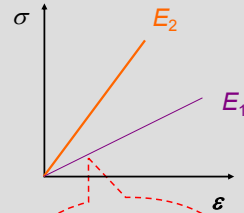


6

### Zur Erinnerung:

#### Ideal elastisches Verhalten

- Tritt prompt auf
- Kraft ist notwendig zum Aufrechterhalten des Deformationszustandes



Hookesches Gesetz:  
 $\sigma = E \epsilon$

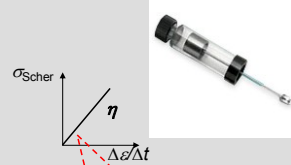
Hookescher Körper



Ideal elastischer Körper

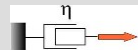
#### Ideal viskoses Verhalten

- Entwickelt sich allmählich
- Kraft ist notwendig nur zur Deformation



Newtonsches Gesetz:  
 $\sigma = \eta \frac{\Delta \epsilon}{\Delta t}$

Newtonscher Körper



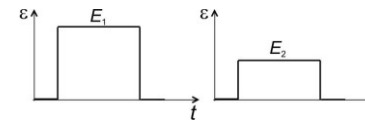
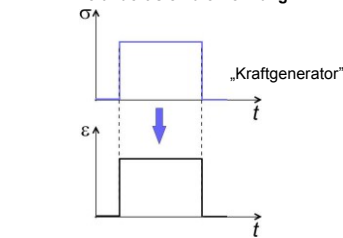
Ideal viskoser Körper

7

### Ideal elastischer Körper

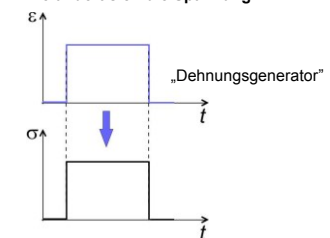
Äußere Spannung (Kraft), wie folgt, gegeben.

Wie ändert sich die Dehnung?



Dehnung (Formänderung), wie folgt, gegeben.

Wie ändert sich die Spannung?



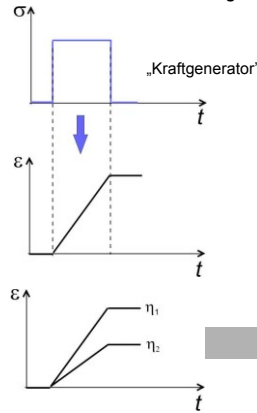
Keine Spannungsrelaxation!

8

## Ideal viskoser Körper

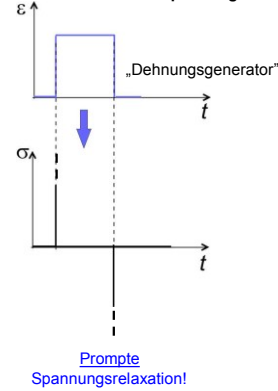
Äußere Spannung (Kraft), wie folgt, gegeben.

Wie ändert sich die Dehnung?



Newton'scher Körper  
Dehnung (Formänderung), wie folgt, gegeben.

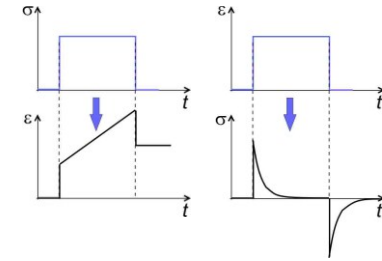
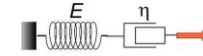
Wie ändert sich die Spannung?



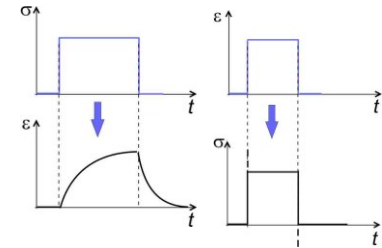
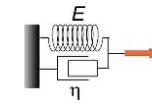
9

## Viskoelastische Modelle

Maxwell-Modell

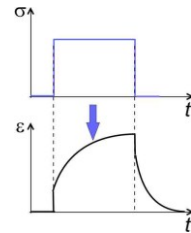
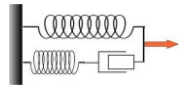


Voigt-Modell (Kelvin-Voigt-Modell)

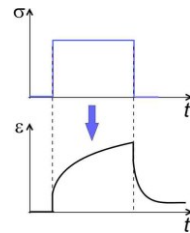


10

Standard Lineares Modell



Burgers-Modell

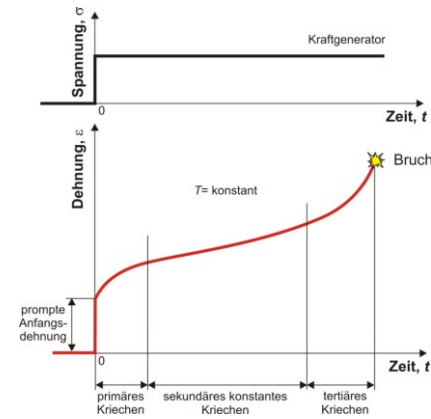


11

## Viskoelastische Erscheinungen

### Kriechen

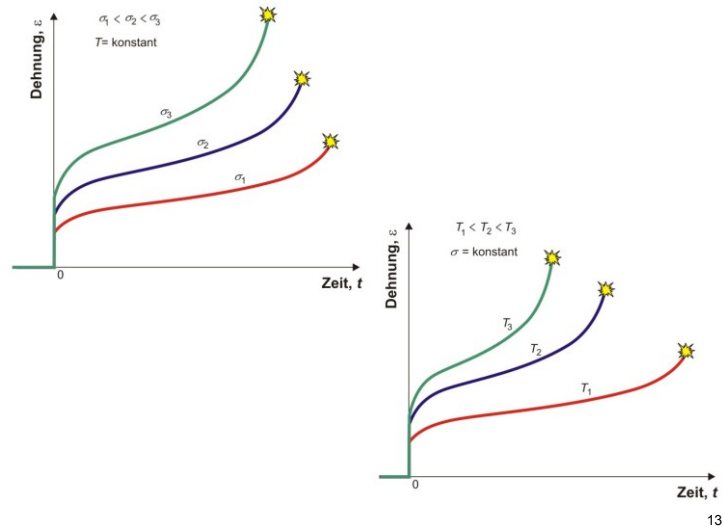
Stetige Deformation bei langandauernden konstanten Belastungen.



1-10<sup>7</sup> s !!

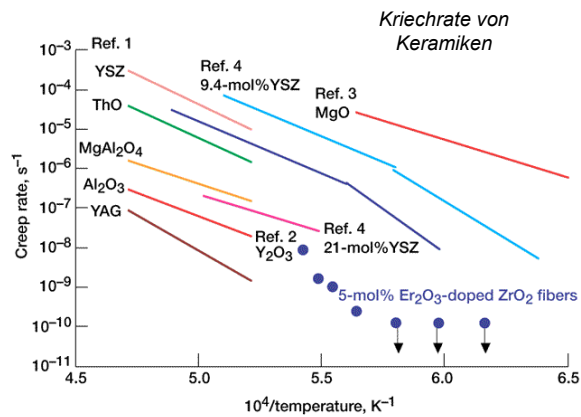
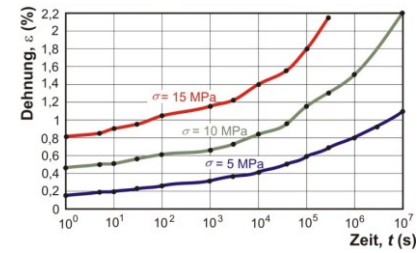
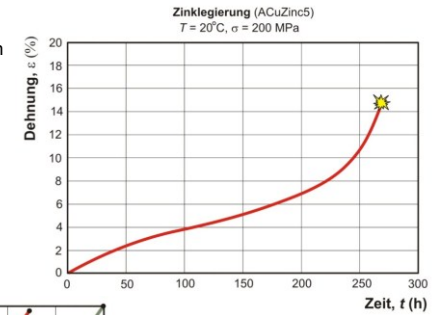
Modell: ?

12



## Temperatur!

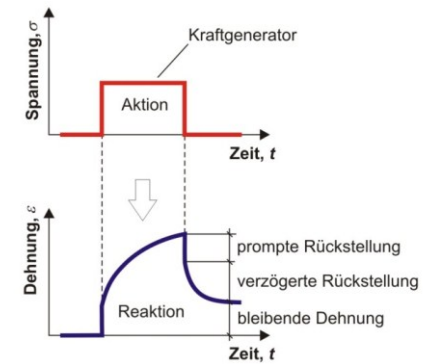
Z.B. bei Metallen ist das Kriechen bei  $0,4T_0 < T$  signifikant

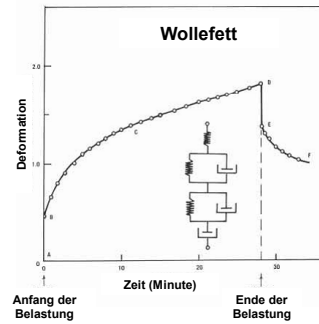
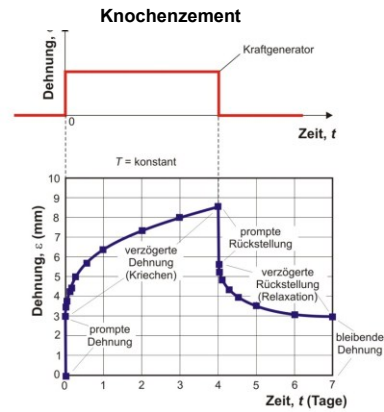


## Relaxation

Verformungsrelaxation (recovery)

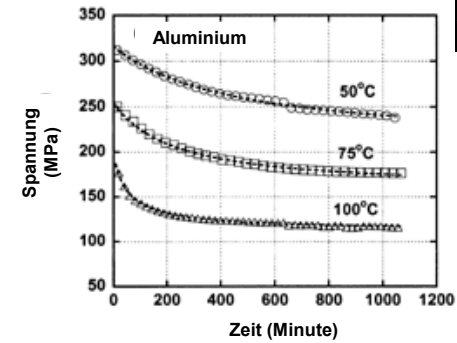
Langsame Formänderung (Rückstellung) nach Ende der Belastung.





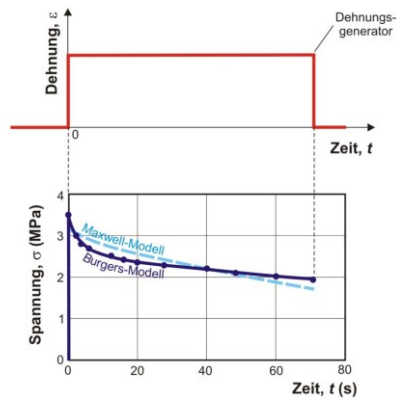
17

**Spannungsrelaxation** Spannungsabnahme bei konstanter Deformation

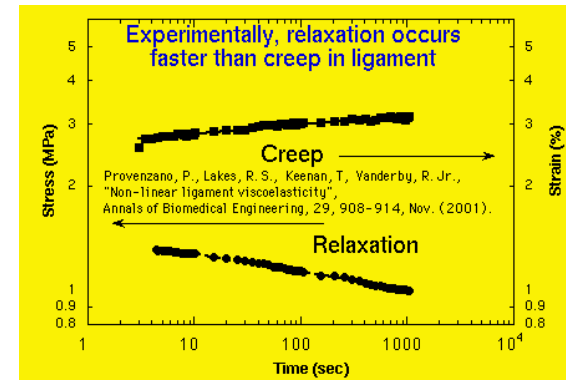


18

Film aus myofibrillaren Proteinen:

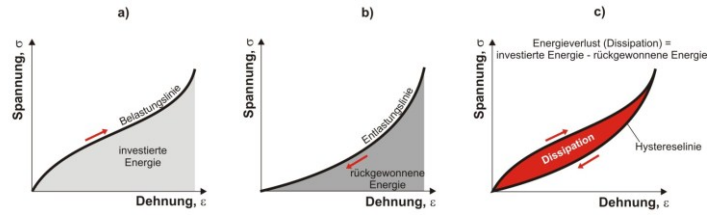


19



20

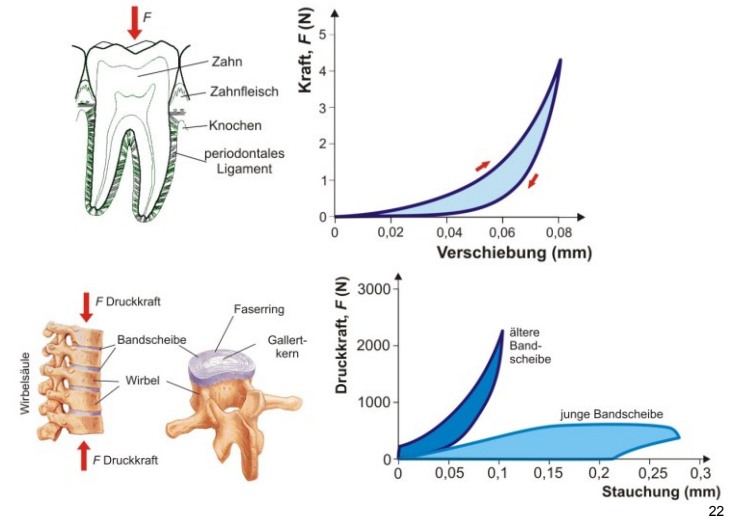
## Hysterese



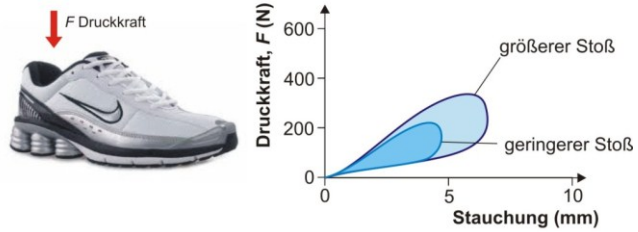
→ Schockdämpfung



21



22



Kapitel des  
Lehrbuches:  
18