

## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde 9.

### Mechanische Eigenschaften 3.

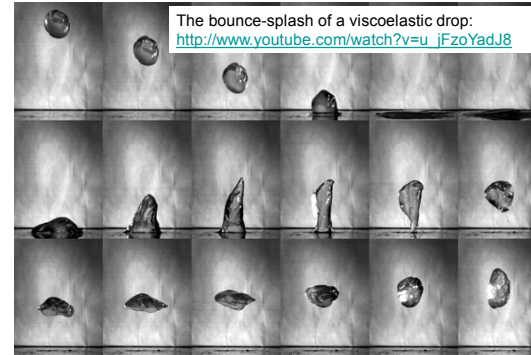
Schwerpunkte:

- ❖ Definition der Viskoelastizität
- ❖ Beschreibung des viskoelastischen Verhaltens, Modelle
- ❖ Viskoelastische Erscheinungen - Beispiele

Kapitel des  
Lehrbuches:  
18

1

## Viskoelastizität

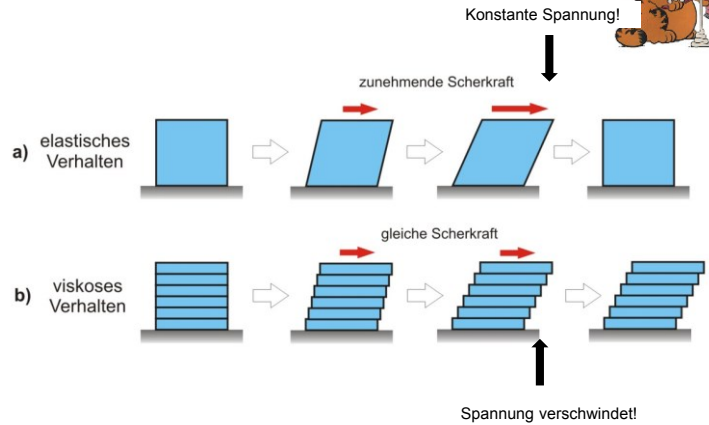


The bounce-splash of a viscoelastic drop:  
[http://www.youtube.com/watch?v=u\\_jFzoYadJ8](http://www.youtube.com/watch?v=u_jFzoYadJ8)



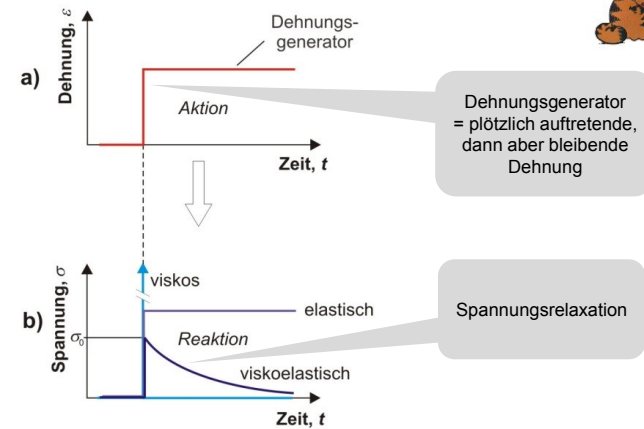
2

### Vergleich des elastischen und viskosen Verhaltens:



3

## Viskoelastizität



4

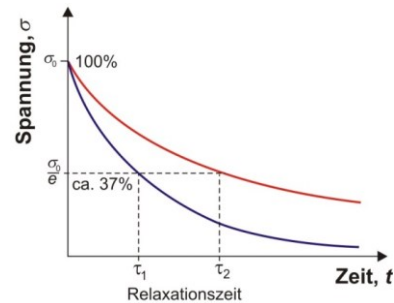
### Spannungsrelaxation:

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

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

Relaxationszeit

$$\left( \begin{array}{l} G = \frac{E}{2(1+\mu)} \\ G \approx E \end{array} \right)$$



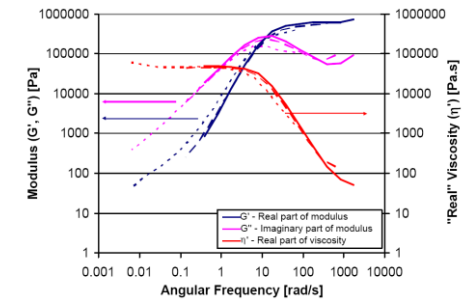
5

### Beispiel: intelligente Knete

Polydimethylsiloxan



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

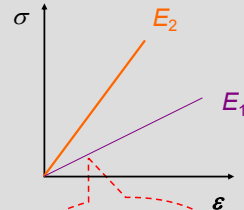


6

### Zur Erinnerung:

#### Ideal elastisches Verhalten

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



Hookesches Gesetz:  
 $\sigma = E \epsilon$

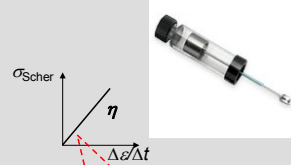
Hookescher Körper



Ideal elastischer Körper

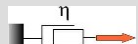
#### Ideal viskoses Verhalten

- Entwickelt sich allmählich
- Kraft ist notwendig nur zur Deformation



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

Newtonscher Körper



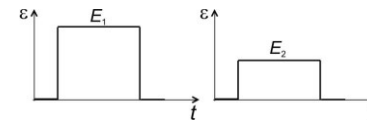
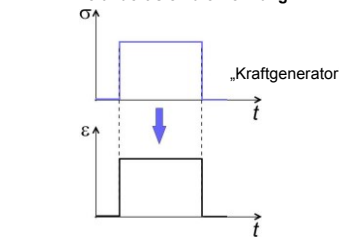
Ideal viskoser Körper

7

### Ideal elastischer Körper

Äußere Spannung (Kraft), wie folgt, gegeben.

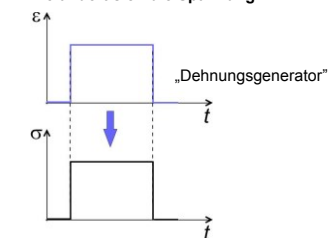
Wie ändert sich die Dehnung?



Hookescher Körper

Dehnung (Formänderung), wie folgt, gegeben.

Wie ändert sich die Spannung?



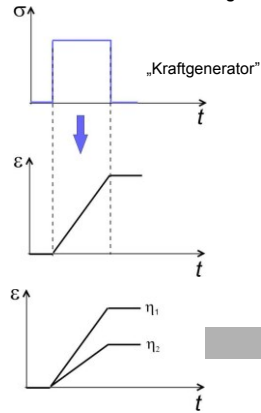
Keine  
Spannungsrelaxation!

8

## Ideal viskoser Körper

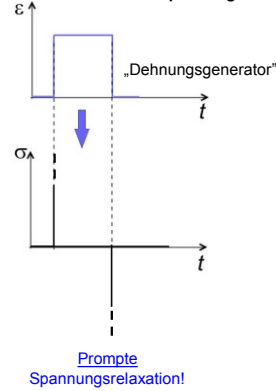
Äußere Spannung (Kraft), wie folgt, gegeben.

Wie ändert sich die Dehnung?



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

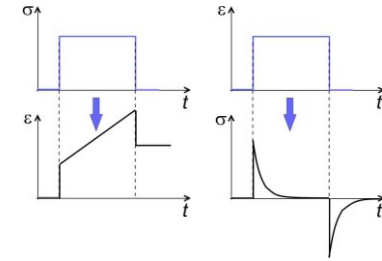
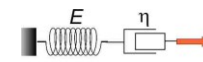
Wie ändert sich die Spannung?



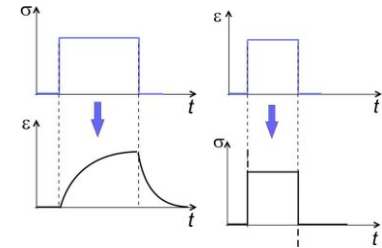
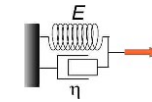
9

## Viskoelastische Modelle

Maxwell-Modell

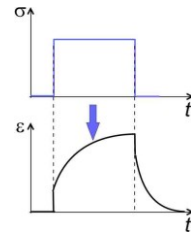
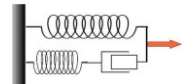


Voigt-Modell (Kelvin-Voigt-Modell)

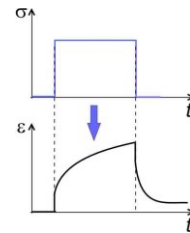
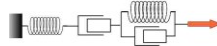


10

Standard Lineares Modell



Burgers-Modell

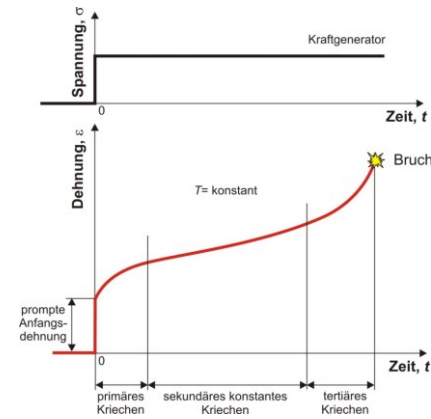


11

## Viskoelastische Erscheinungen

Kriechen

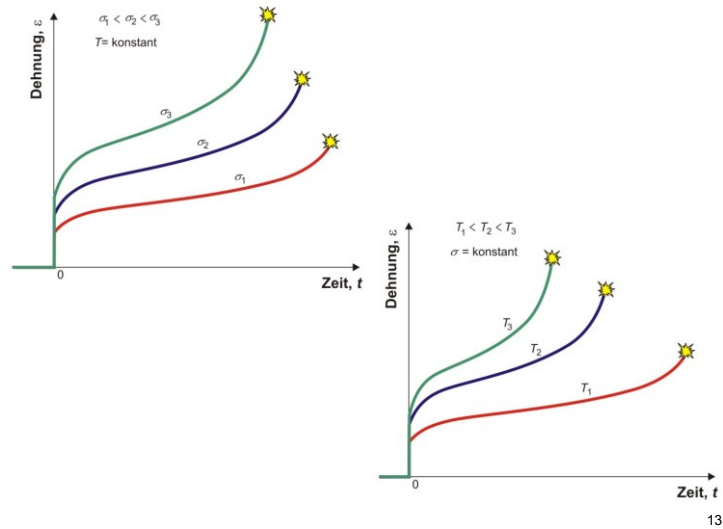
Stetige Deformation bei langandauernden konstanten Belastungen.



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

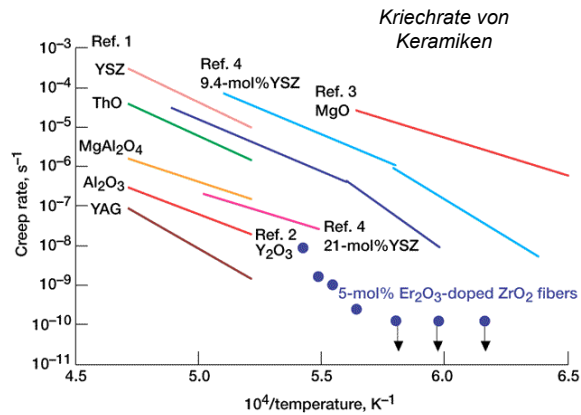
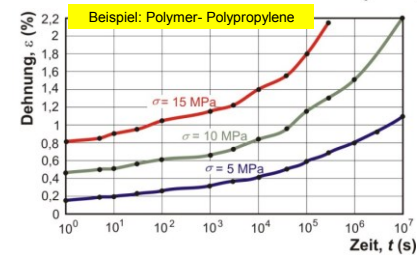
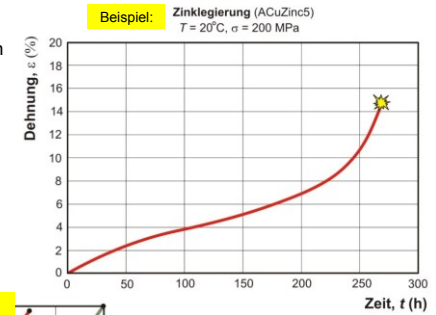
Modell: ? — Maxwell  
— Burgers

12



## Temperatur!

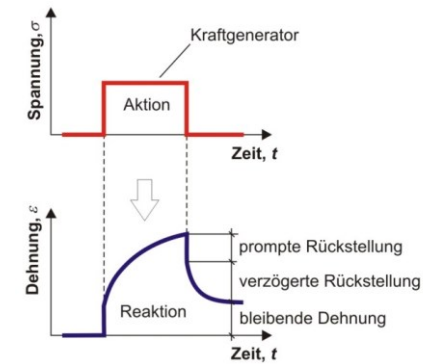
Z.B. bei Metallen ist das Kriechen bei  $0,4T_0 < T$  signifikant

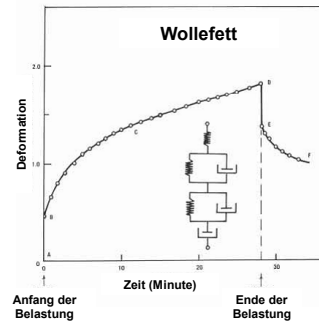
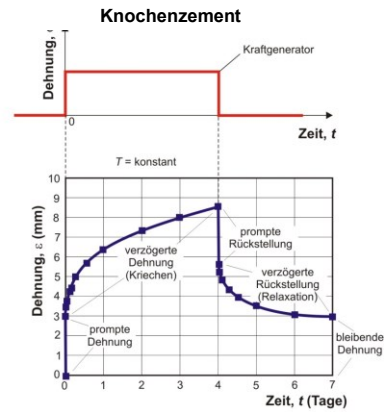


## Relaxation

Verformungsrelaxation  
(recovery)

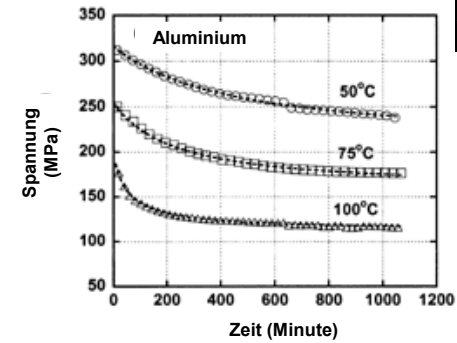
Langsame Formänderung (Rückstellung)  
nach Ende der Belastung.





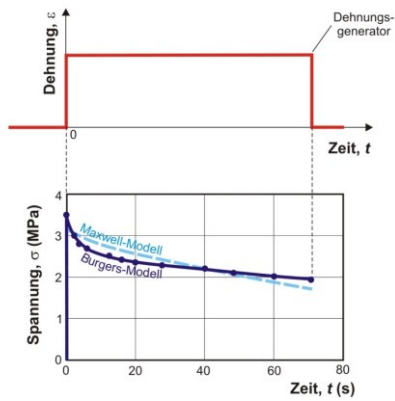
17

**Spannungsrelaxation** Spannungsabnahme bei konstanter Deformation

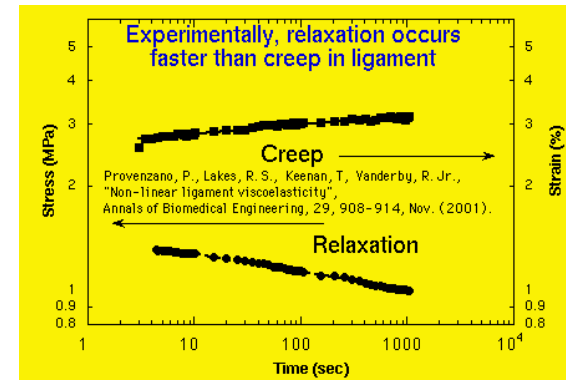


18

Film aus myofibrillären Proteinen:

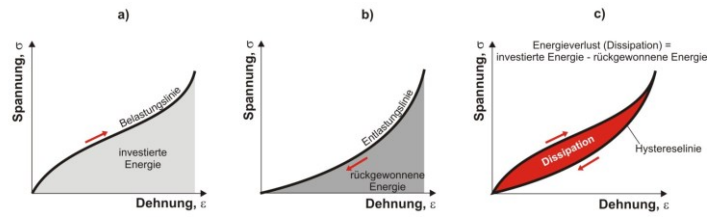


19



20

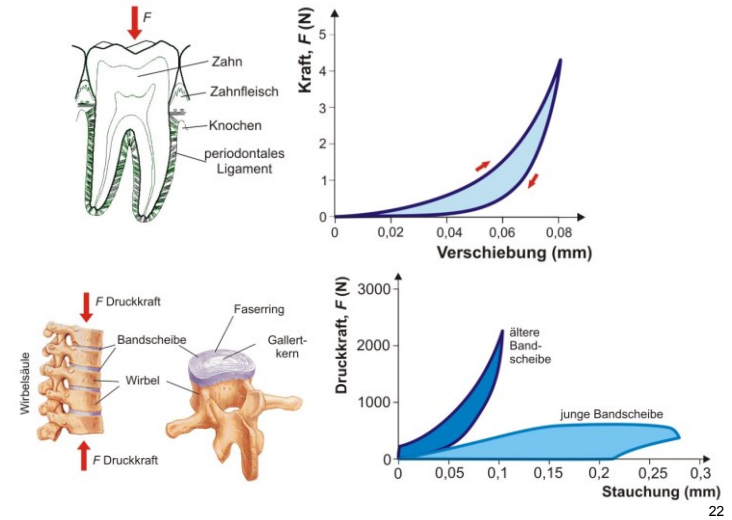
## Hysterese



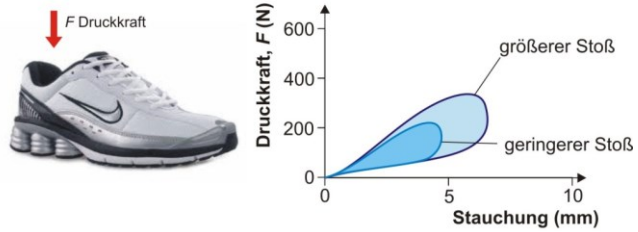
→ Schockdämpfung



21



22



Nächste  
Vorlesung:  
Kapitel  
19

23