



Physikalische Grundlagen der Kieferorthopädie

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde 14.

1

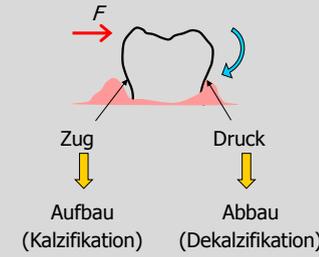
Mechanismus der Zahnbewegung

Ruhekräfte:  
 $F = 1-10 \text{ cN}$   
dauerhaft

keine Wirkung

Kieferorthopädische Kräfte:

$F = 50 \text{ cN} - 400 \text{ cN}$   
dauerhaft



**Umbau**  $\Rightarrow$  Verschiebung und Drehung

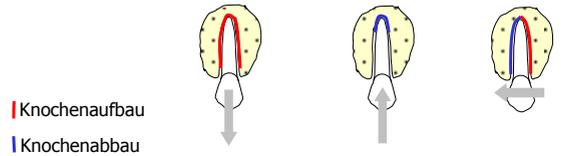
Kaukräfte:  
 $F = 100-800 \text{ N}$   
 $t \leq 1 \text{ s}$

Wenn dauerhaft,  
 $t = 3-5 \text{ s}$ : Schmerz  
 $\approx$  Stunde: Schädigung  
7-14 Tage: Lockerung des Zahnes

2

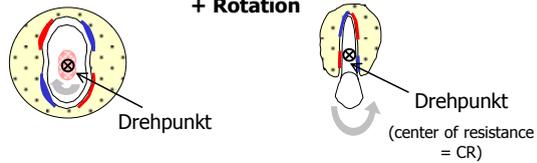
Bewegungsformen

Translation    Verlängerung    Verkürzung    Verschiebung



! Knochenaufbau  
! Knochenabbau

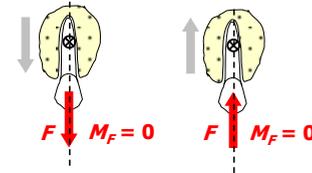
Rotation    Translation + Rotation    Kippung



3

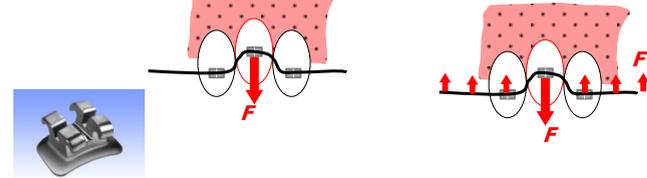
Kräfte, Drehmomente zur Bewegung

Verlängerung    Verkürzung



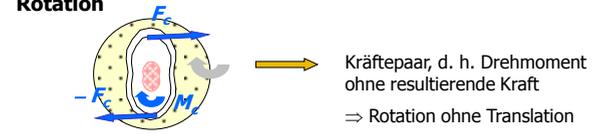
Einzelkraft ohne Drehmoment  
 $\Rightarrow$  Translation ohne Rotation

Zum Beispiel:



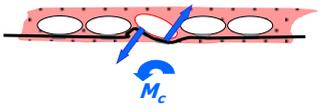
4

**Rotation**



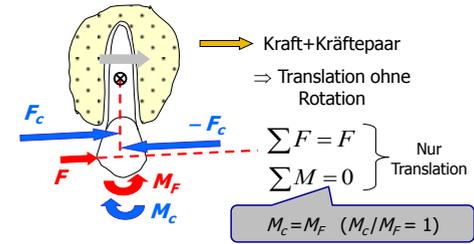
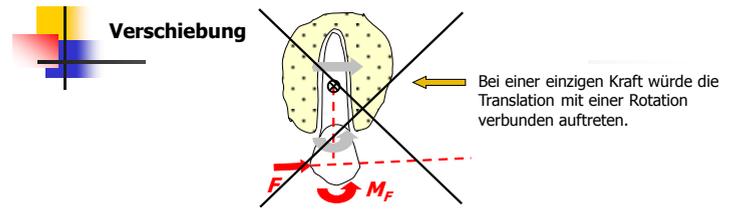
$\Sigma F = 0$  Kräftepaar (couple = c)

Zum Beispiel:

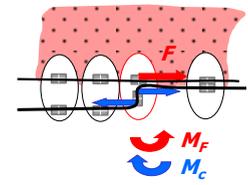


5

**Verschiebung**

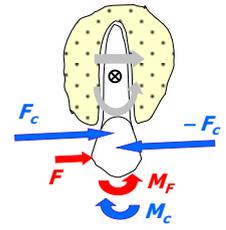


Zum Beispiel:



6

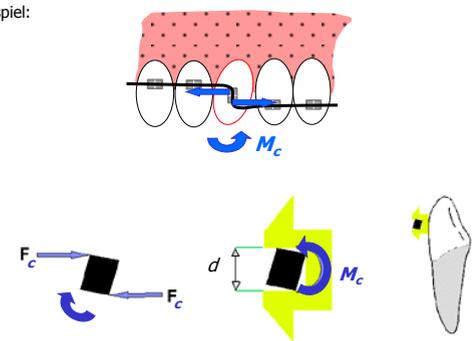
**Kippung**



Kraft	Kräftepaar	$\Sigma F$	$\Sigma M$
-	✓	<b>0</b>	$M_c$
✓	-	<b>F</b>	$M_F$
✓	✓	<b>F</b>	$M_F - M_c$

- Rotation
- Kippung:** Translation+ Rotation
- kontrollierte Kippung:** Translation+ Rotation
  - $0 < M_F - M_c \quad (M_c / M_F < 1)$
  - $M_F - M_c < 0 \quad (1 < M_c / M_F)$

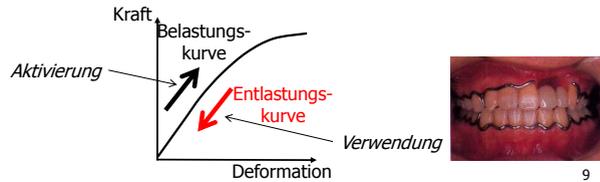
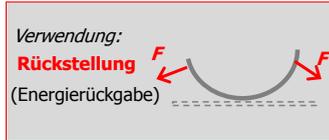
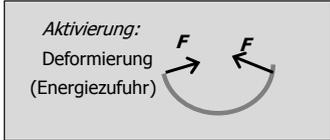
Zum Beispiel:



8

## Kieferorthopädisches Gerät

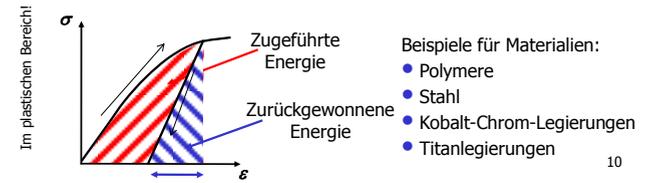
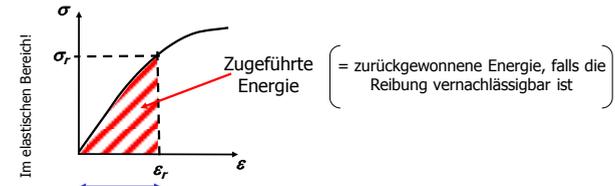
Das kieferorthopädische Gerät ist ein elastischer Körper, der Kräfte und Drehmomente an die Zähne abgibt, nachdem er aktiviert (deformiert) wurde. Die während der Deformation eingespeiste Energie wird zurückgeliefert („**mechanische Batterie**“).



## Relevante mechanische Eigenschaften

- Materialeigenschaften:

Steifigkeit, elastische Rückstellung, elastische Verformungsarbeit



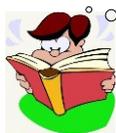
- Geometrie: Form, Größe (z.B. Dicke, Länge, ...)

- Dehnung/Stauchung  $F = E \cdot \frac{A}{l} \cdot \Delta l$   $W = \frac{1}{2} E \cdot \frac{A}{l} \Delta l^2$
- Abbiegung  $F = 3E \cdot \frac{\Theta}{l^3} \cdot s$   $W = \frac{1}{2} 3E \cdot \frac{\Theta}{l^3} \cdot s^2$
- Torsion  $M = G \cdot \frac{r^4 \pi}{2l} \cdot \phi$

Steifigkeit des Körpers  
(Dehnsteifigkeit, Biegesteifigkeit, Torsionssteifigkeit)

### Probleme:

- Reibung

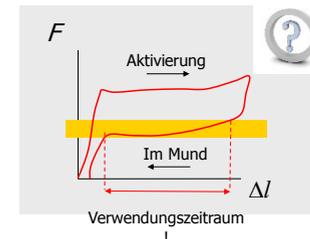
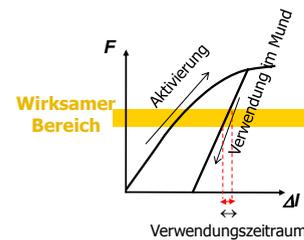


Reibungskraft ( $F_R$ ):

$$F_R = f \cdot F_N$$

## Die abgegebene Kraft (Rückstellkraft)

- Größe?
- Zeitdauer?

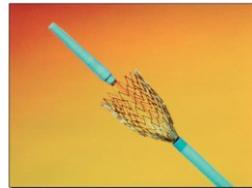
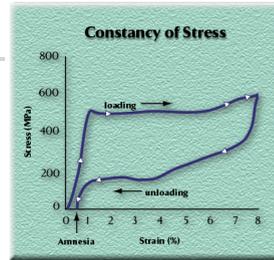


## Superelastische Stoffe

Ni+Ti   Cu+Al+Zn   Cu+Al+Ni

**Nitinol** (**N**ickel-**T**itanium **N**aval **O**rdnance **L**aboratory)

- superelastisch (pseuodoelastisch)
- Formgedächtnis
- biomechanische Kompatibilität
- Biokompatibilität



13