



Physikalische Grundlagen der Kieferorthopädie

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde 14.

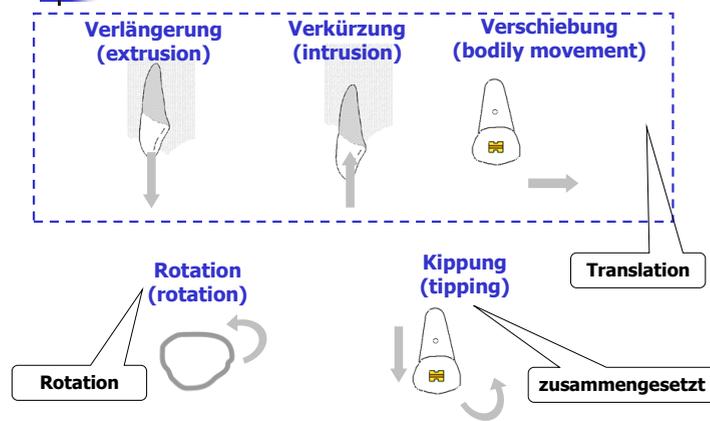
1

Orthodontie



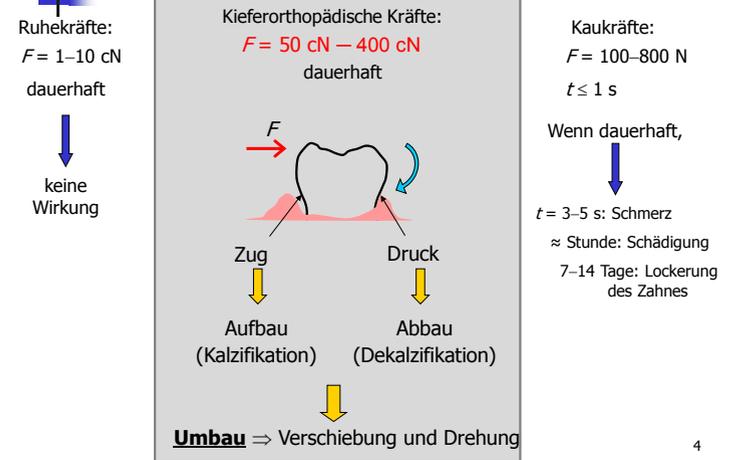
2

Bewegungsformen



3

Mechanismus der Zahnbewegung



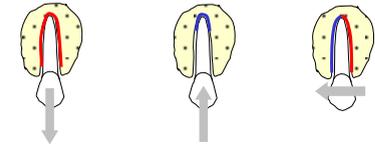
4

## Mechanismus der Bewegungen

### Translation

Verlängerung    Verkürzung    Verschiebung

↑ Knochenaufbau  
↓ Knochenabbau

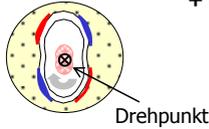


### Rotation

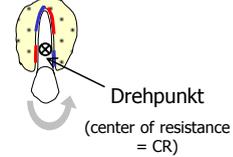
Rotation

Translation + Rotation

Kippung



Drehpunkt



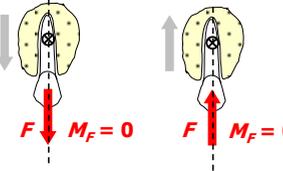
Drehpunkt  
(center of resistance = CR)

5

## Kräfte, Drehmomente zur Bewegung

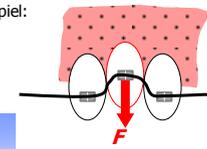
Verlängerung

Verkürzung

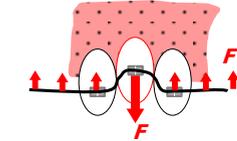


Einzelkraft ohne Drehmoment  
⇒ Translation ohne Rotation

Zum Beispiel:

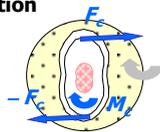


Stütze? Verteilt (!):



6

### Rotation

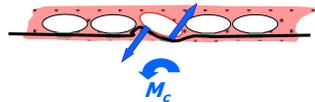


$$\Sigma F = 0$$

Kräftepaar (couple = c)

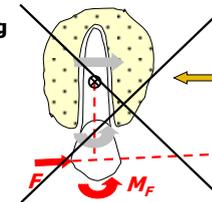
Kräftepaar, d. h. Drehmoment ohne resultierende Kraft  
⇒ Rotation ohne Translation

Zum Beispiel:

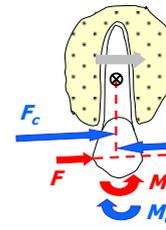


7

### Verschiebung



Bei einer einzigen Kraft würde die Translation mit einer Rotation verbunden auftreten.

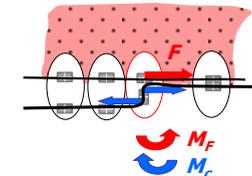


Kraft+Kräftepaar  
⇒ Translation ohne Rotation

$$\left. \begin{aligned} \Sigma F &= F \\ \Sigma M &= 0 \end{aligned} \right\} \text{Nur Translation}$$

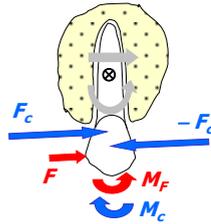
$$M_c = M_F \quad (M_c / M_F = 1)$$

Zum Beispiel:



8

## Kippung



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

→ Rotation

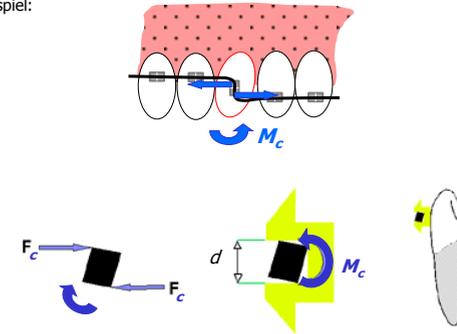
→ **Kippung:** Translation+ Rotation

→ **kontrollierte Kippung:**

Translation+ Rotation

- $0 < M_F - M_c$  ( $M_c / M_F < 1$ )
- $M_F - M_c < 0$  ( $1 < M_c / M_F$ )

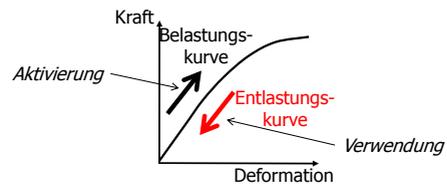
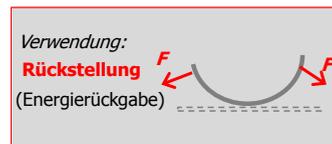
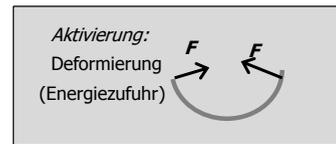
## Zum Beispiel:



10

## Kieferorthopädisches Gerät

Das kieferorthopädisches 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“).

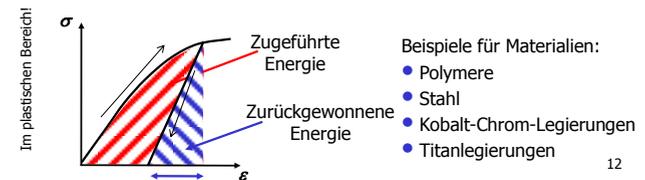
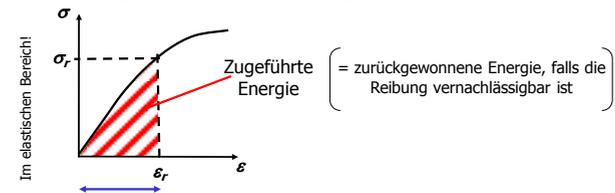


11

## Relevante mechanische Eigenschaften

- Materialeigenschaften:

Steifigkeit, elastische Rückstellung, elastische Verformungsarbeit



Beispiele für Materialien:

- Polymere
- Stahl
- Kobalt-Chrom-Legierungen
- Titanlegierungen

12

- 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	$M = G \cdot \frac{r^4 \pi}{2l} \phi$	

Stefigkeit des Körpers  
(Dehnstefigkeit, Biegestefigkeit, Torsionsstefigkeit)

**Probleme:**

- Reibung

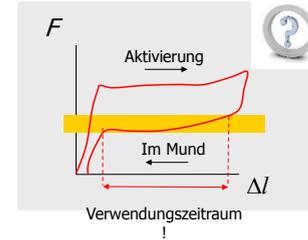
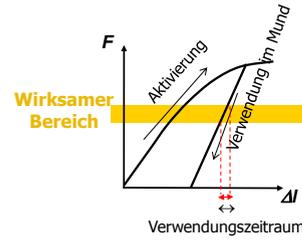


Reibungskraft ( $F_R$ ):  
 $F_R = f \cdot F_N$

13

## Die abgegebene Kraft (Rückstellkraft)

- Größe?
- Zeitdauer?



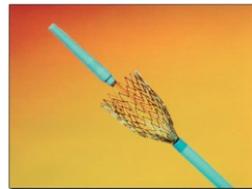
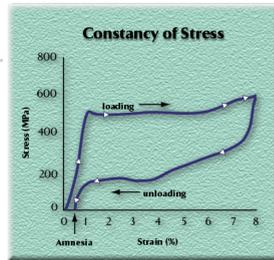
14

## Superelastische Stoffe

Ni+Ti    Cu+Al+Zn    Cu+Al+Ni

**Nitinol** (Nickel-Titanium Naval Ordnance Laboratory)

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



15