

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen
Materialkunde 14.

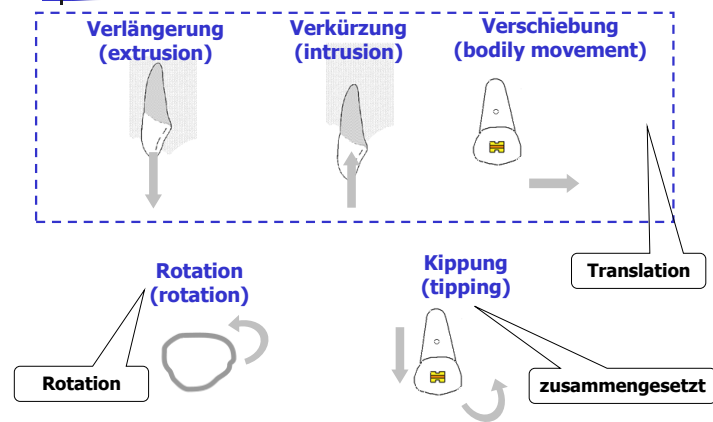
1

Orthodontie



2

Bewegungsformen



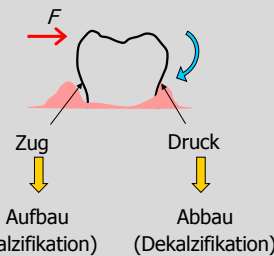
3

Mechanismus der Zahnbewegung

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

↓
keine
Wirkung

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



Umbau ⇒ 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

4

Mechanismus der Bewegungen

Translation

Verlängerung

Verkürzung

Verschiebung

Knochenaufbau

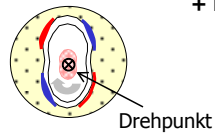
Knochenabbau

Rotation

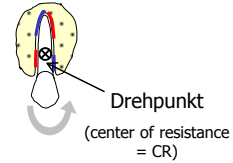
Rotation

Translation + Rotation

Kippung



Drehpunkt

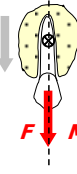
Drehpunkt
(center of resistance
= CR)

5

Kräfte, Drehmomente zur Bewegung

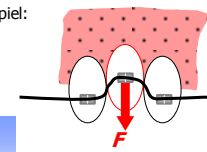
Verlängerung

Verkürzung

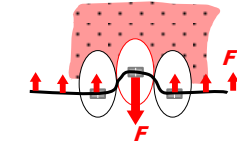
 F $M_F = 0$  F $M_F = 0$

Einzelkraft ohne
Drehmoment
⇒ Translation ohne
Rotation

Zum Beispiel:

 F M_F

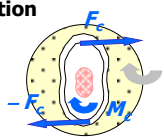
Stütze? Verteilt (!):

 F M_F

6

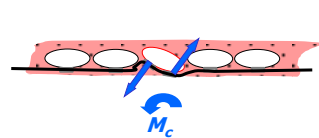
Rotation

Rotation

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

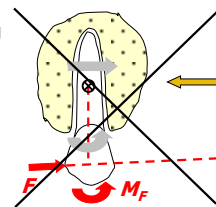
Kräftepaar, d. h. Drehmoment
ohne resultierende Kraft
⇒ Rotation ohne Translation

Zum Beispiel:

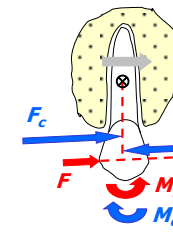
 M_c

7

Verschiebung



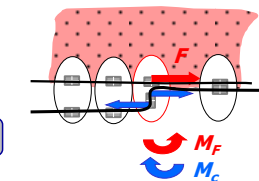
Bei einer einzigen Kraft würde die
Translation mit einer Rotation
verbunden auftreten.

 F_c $-F_c$ M_F M_c

Kraft+Kräftepaar
⇒ Translation ohne
Rotation

$\Sigma F = F$
 $\Sigma M = 0$
Nur
Translation
 $M_c = M_F \quad (M_c / M_F = 1)$

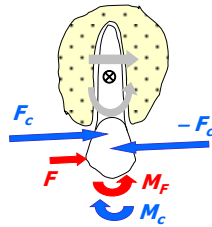
Zum Beispiel:

 M_c M_F

8



Kippung

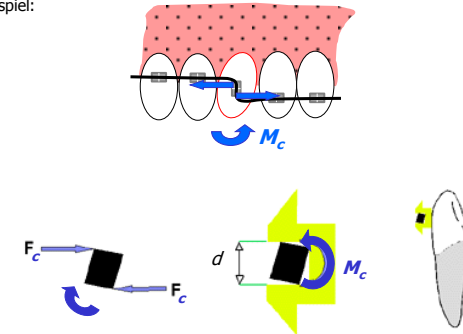


Kraft	Kräftepaar	$\sum F$	$\sum M$	
-	✓	0	M_c	→ Rotation
✓	-	F	M_F	→ Kippung : Translation+ Rotation
✓	✓	F	$M_F - M_c$	→ kontrollierte Kippung : Translation+ Rotation

• $0 < M_F - M_c$ ($M_c/M_F < 1$) →
 • $M_F - M_c < 0$ ($1 < M_c/M_F$) →⁹



Zum Beispiel:

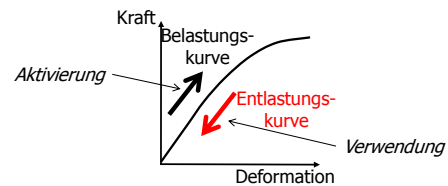
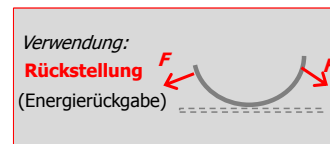
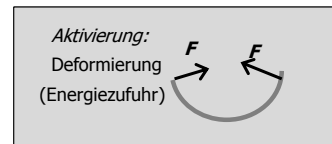
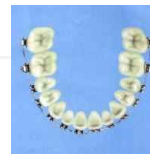


10



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**“).



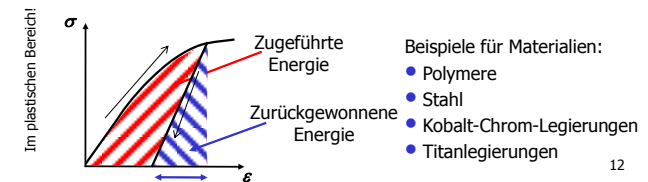
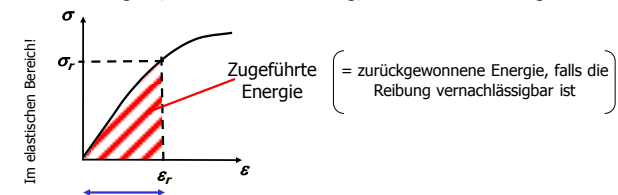
11



Relevante mechanische Eigenschaften

- Materialeigenschaften:

Steifigkeit, elastische Rückstellung, elastische Verformungsarbeit



12

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

$$\left. \begin{array}{ll} \bullet \text{ Dehnung/Stauchung} & F = E \frac{A}{l} \Delta l \quad W = \frac{1}{2} E \cdot \frac{A}{l} \Delta l^2 \\ \bullet \text{ Abbiegung} & F = 3E \cdot \frac{\Theta}{l^3} \cdot s \quad W = \frac{1}{2} 3E \cdot \frac{\Theta}{l^3} \cdot s^2 \\ \bullet \text{ Torsion} & M = G \frac{r^4 \pi}{2l} \phi \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{Steifigkeit des Körpers} \\ (\text{Dehnsteifigkeit, Biegesteifigkeit,} \\ \text{Torsionssteifigkeit}) \end{array}$$

Probleme:

- Reibung



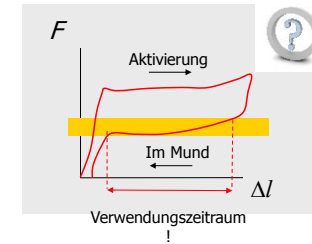
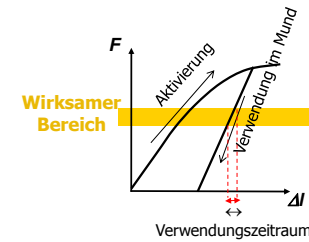
Reibungskraft (F_R):

$$F_R = f \cdot F_N$$

13

Die abgegebene Kraft (Rückstellkraft)

- Größe?
- Zeitdauer?



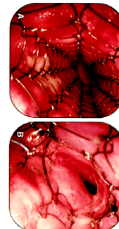
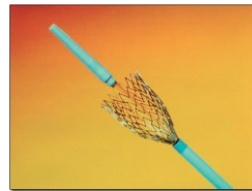
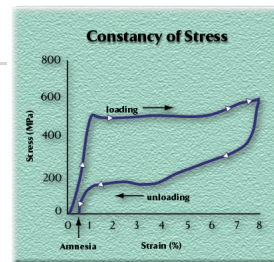
14

Superelastische Stoffe

Ni+Ti Cu+Al+Zn Cu+Al+Ni

Nitinol (Nickel-Titanium Naval Ordnance Laboratory)

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



15