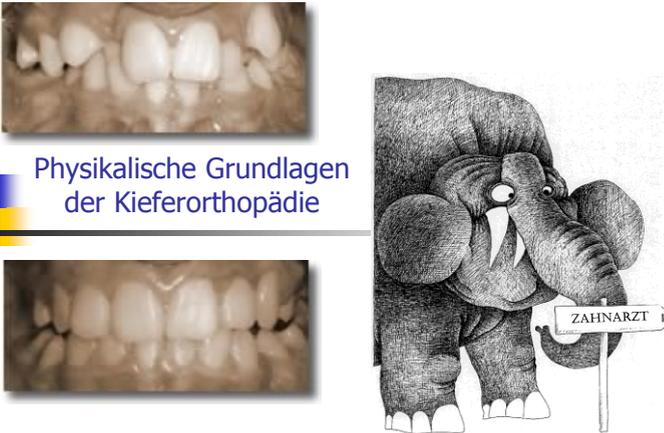


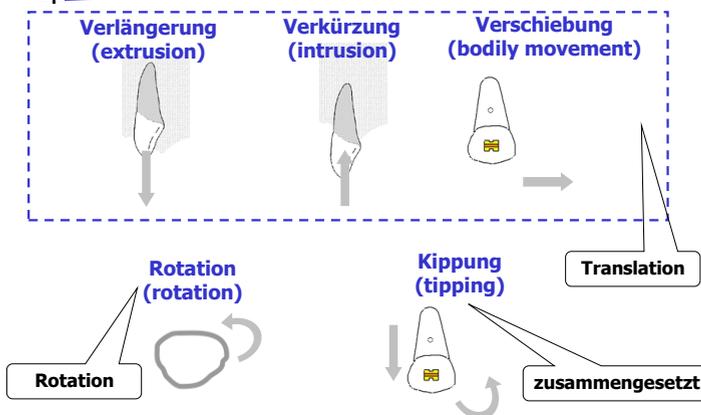
Physikalische Grundlagen der Kieferorthopädie



Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde 14.

1

Bewegungsformen



2

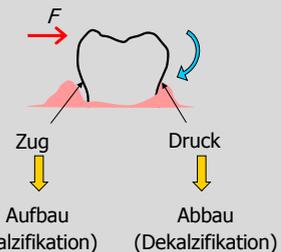
Mechanismus der Zahnbewegung

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

↓

keine Wirkung

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



Zug → Aufbau (Kalzifikation)
Druck → Abbau (Dekalzifikation)

↓

Umbau ⇒ Verschiebung und Drehung

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

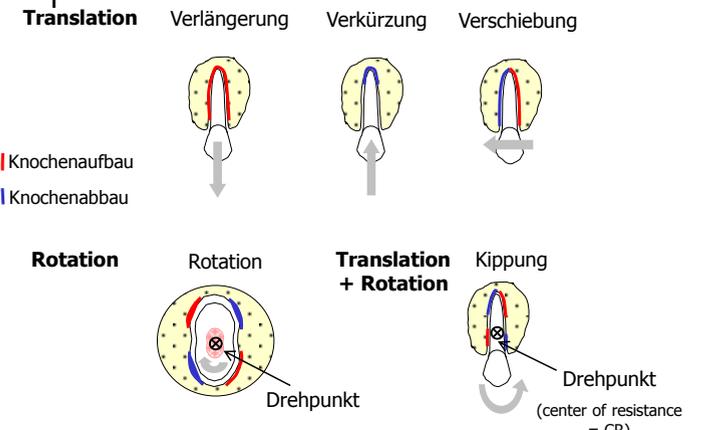
Wenn dauerhaft,

↓

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

3

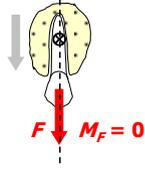
Mechanismus der Bewegungen



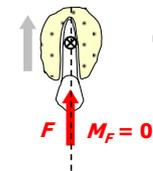
4

Kräfte, Drehmomente zur Bewegung

Verlängerung

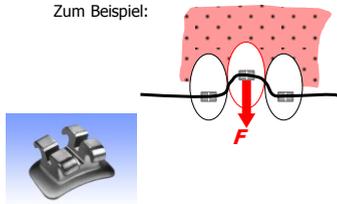


Verkürzung

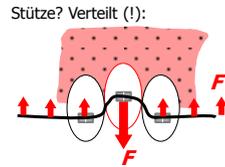


Einzelkraft ohne Drehmoment
 ⇒ Translation ohne Rotation

Zum Beispiel:

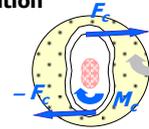


Stütze? Verteilt (!):



5

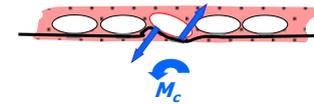
Rotation



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

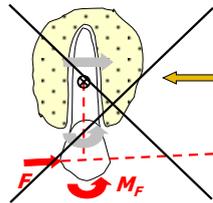
$\Sigma F = 0$ Kräftepaar (couple = c)

Zum Beispiel:

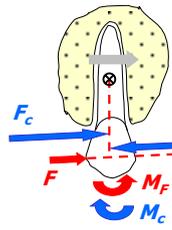


6

Verschiebung



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

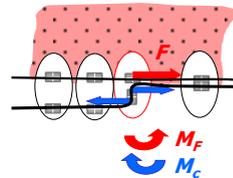


Kraft+Kräftepaar
 ⇒ Translation ohne Rotation

$\Sigma F = F$
 $\Sigma M = 0$ } Nur Translation

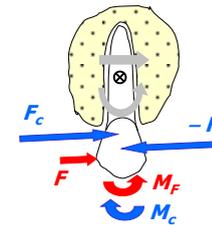
$M_c = M_F$ ($M_c / M_F = 1$)

Zum Beispiel:



7

Kippung



Kraft	Kräftepaar	ΣF	ΣM
-	✓	0	M_c
✓	-	F	M_F
✓	✓	F	$M_F - M_c$

Rotation

Kippung: Translation+ Rotation

kontrollierte Kippung:

Translation+ Rotation

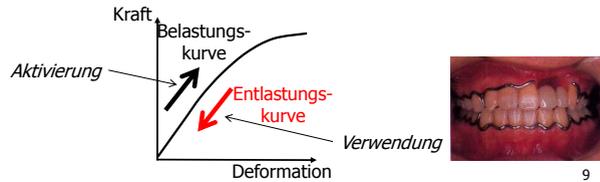
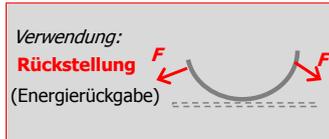
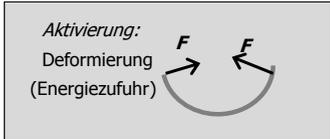
• $0 < M_F - M_c$ ($M_c / M_F < 1$)

• $M_F - M_c < 0$ ($1 < M_c / M_F$)

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“).



9

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

- Dehnung/Stauchung $F = E \cdot \frac{A}{l} \cdot \Delta l$ $W = \frac{1}{2} E \cdot \frac{A}{l} \cdot \Delta l^2$
- 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):

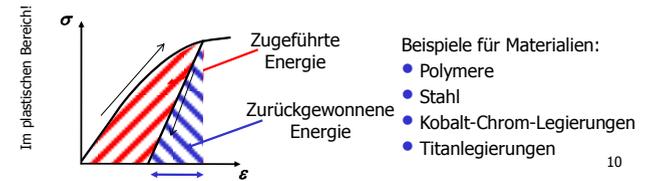
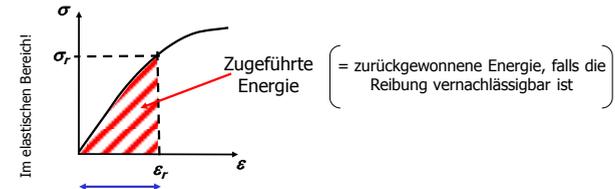
$$F_R = f \cdot F_N$$

11

Relevante mechanische Eigenschaften

- Materialeigenschaften:

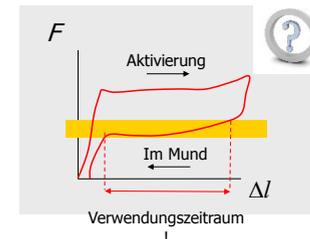
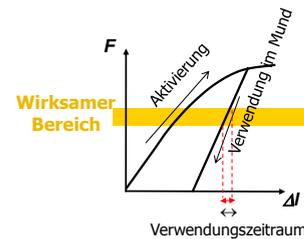
Steifigkeit, elastische Rückstellung, elastische Verformungsarbeit



10

Die abgegebene Kraft (Rückstellkraft)

- Größe?
- Zeitdauer?



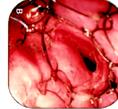
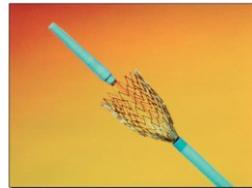
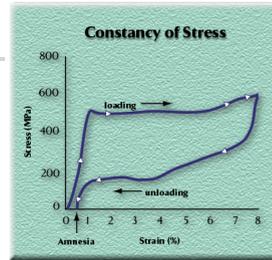
12

Superelastische Stoffe

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

Nitinol (Nickel-Titanium Naval Ordnance Laboratory)

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



13