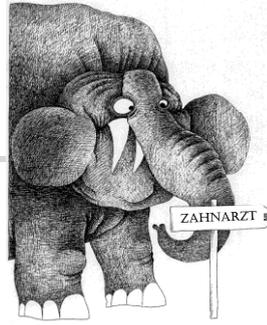




Biomechanik 4:
Physikalische Grundlagen der
Kieferorthopädie



Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen
Materialkunde 14.

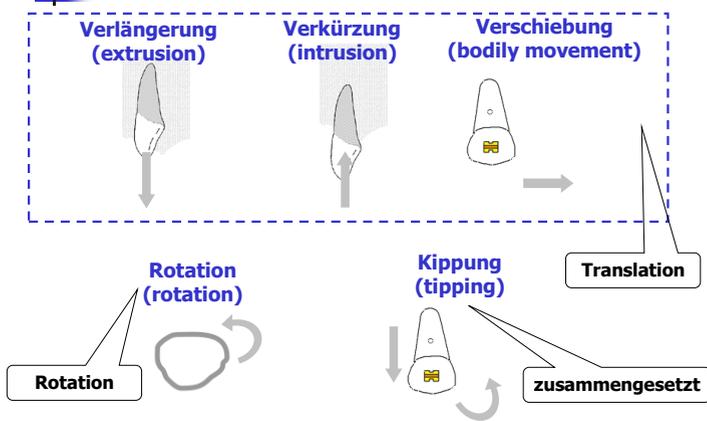
1

Orthodontie



2

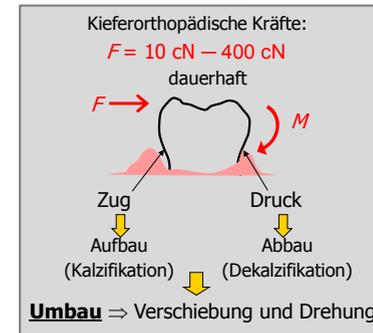
Bewegungsformen



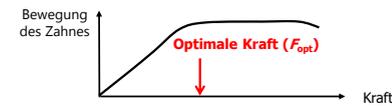
3

Mechanismus der Zahnbewegung

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



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



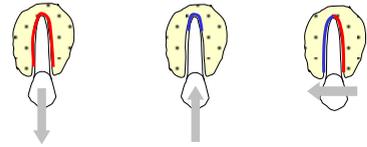
4

Mechanismus der Bewegungen

Translation

Verlängerung Verkürzung Verschiebung

↑ Knochenaufbau
↓ Knochenabbau

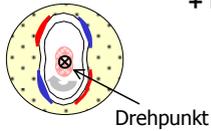


Rotation

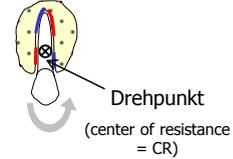
Rotation

Translation + Rotation

Kippung



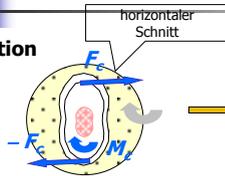
Drehpunkt



Drehpunkt
(center of resistance = CR)

5

Rotation



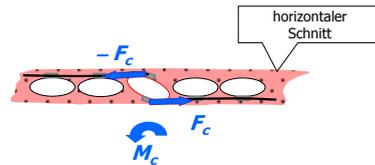
Kräftepaar, d. h. Drehmoment ohne resultierende Kraft
⇒ Rotation ohne Translation

$\Sigma F = 0$

Kräftepaar (couple = c)

$F_{opt} = 35-60 \text{ cN}$

Eine mögliche Realisierung:

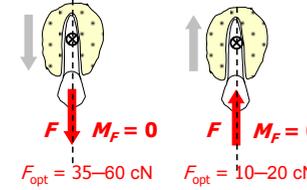


7

Kräfte, Drehmomente zur Bewegung

Verlängerung

Verkürzung

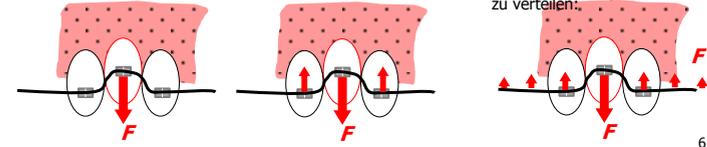


Einzelkraft ohne Drehmoment
⇒ Translation ohne Rotation

Eine mögliche Realisierung:

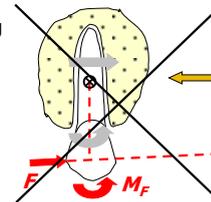
Vorsicht: Kraft-Gegenkraft!

Es ist wichtig die Gegenkraft zu verteilen:

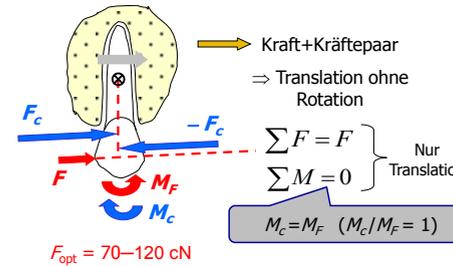


6

Verschiebung



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



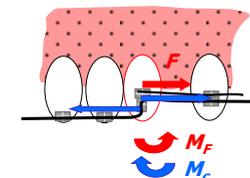
Kraft+Kräftepaar
⇒ Translation ohne Rotation

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

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

$F_{opt} = 70-120 \text{ cN}$

Zum Beispiel:



8

Kippung: (nichtkontrollierte) Kippung kontrollierte Kippung kontrollierte Kippung

Kraft	Kräftepaar	$\sum F$	$\sum M$
✓	-	F	M_F
✓	✓	F	$M_F - M_C$

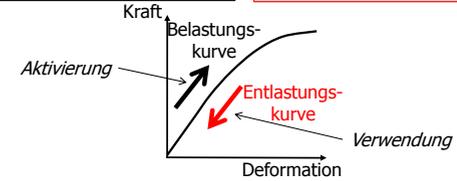
→ (nichtkontrollierte) Kippung: Translation + Rotation
 → kontrollierte Kippung: Translation + Rotation

$F_{opt} = 35-120 \text{ cN}$

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

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“).

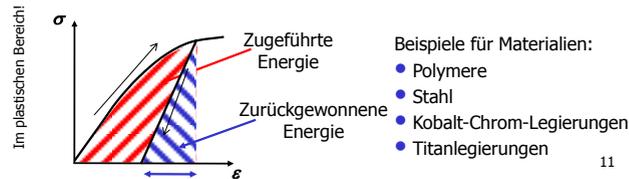
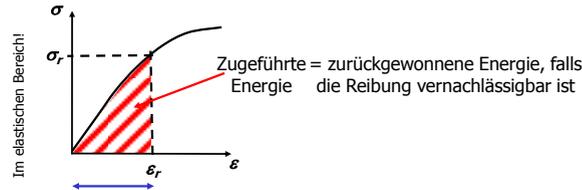


- Wichtige Fragen:
- Wie groß ist die abgegebene Kraft – wovon hängt sie ab?
 - Wie lang wirkt die Kraft?

Relevante mechanische Eigenschaften

- Materialeigenschaften:

Steifigkeit, elastische Rückstellung, elastische Verformungsarbeit



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

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

• Abbiegung $F = 3E \cdot \frac{\Theta}{l^3} \cdot s$ $W = \frac{1}{2} 3E \cdot \frac{\Theta}{l^3} \cdot s^2$

• Torsion $M = G \frac{r^4 \pi}{2l} \phi$

Steifigkeit des Körpers

(Dehnsteifigkeit, Biegesteifigkeit, Torsionssteifigkeit)

Probleme:

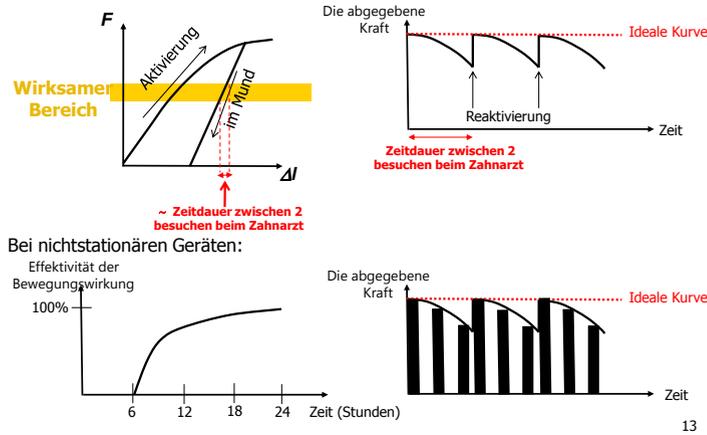
- Reibung



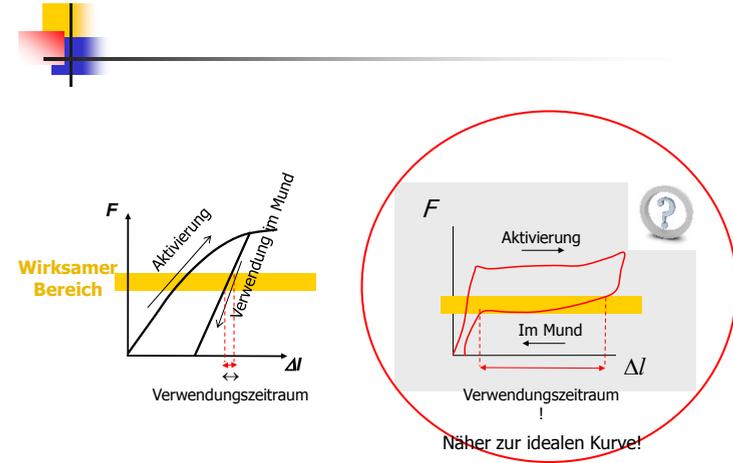
Reibungskraft (F_R):

$$F_R = f \cdot F_N$$

Die zeitliche Änderung der abgegebenen Kraft



13



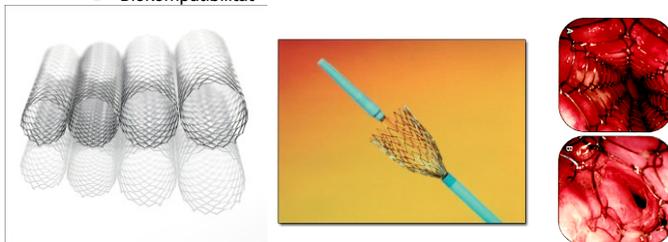
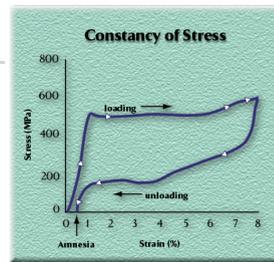
14

Superelastische Stoffe

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

Nitinol (Nickel-Titanium Naval Ordnance Laboratory)

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



15