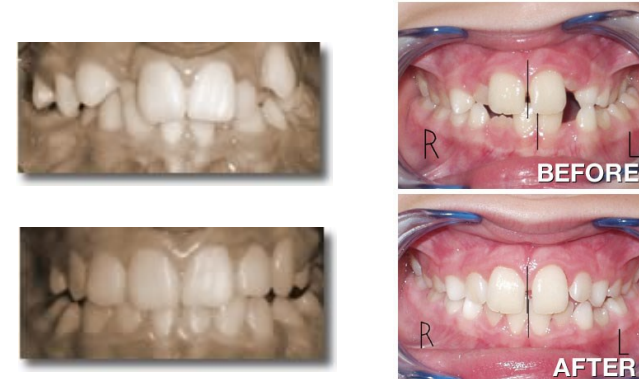


Physikalische Grundlagen der Kieferorthopädie

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen
Materialkunde 13.

1

Orthodontie



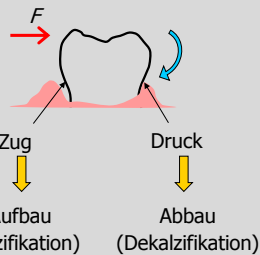
2

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

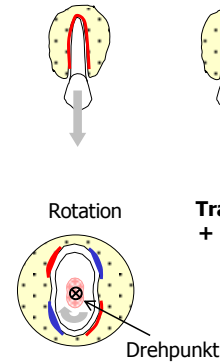
3

Bewegungsformen

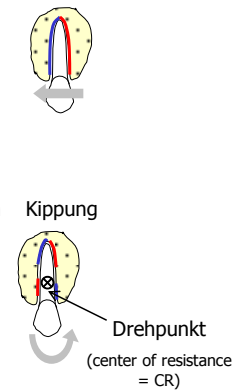
Translation Verlängerung Verkürzung Verschiebung

↑ Knochenaufbau
↓ Knochenabbau

Rotation



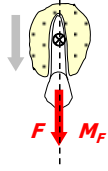
**Translation
+ Rotation**



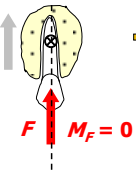
4

Kräfte, Drehmomente zur Bewegung

Verlängerung

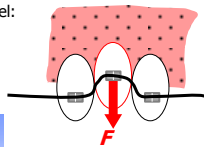


Verkürzung

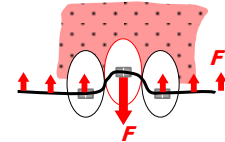


Einzelkraft ohne Drehmoment
 \Rightarrow Translation ohne Rotation

Zum Beispiel:

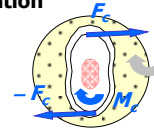


Stütze? Verteilt (!):



5

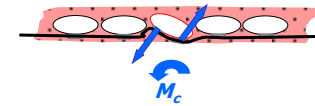
Rotation



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

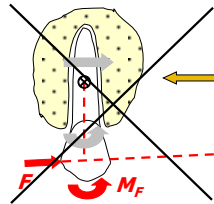
Kräftepaar, d. h. Drehmoment ohne resultierende Kraft
 \Rightarrow Rotation ohne Translation

Zum Beispiel:

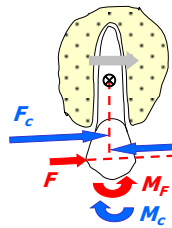


6

Verschiebung



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



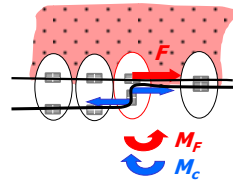
Kraft+Kräftepaar
 \Rightarrow Translation ohne Rotation

$\Sigma F = F$
 $\Sigma M = 0$

Nur Translation

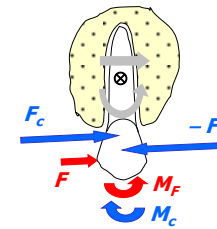
$M_c = M_F \quad (M_c / M_F = 1)$

Zum Beispiel:



7

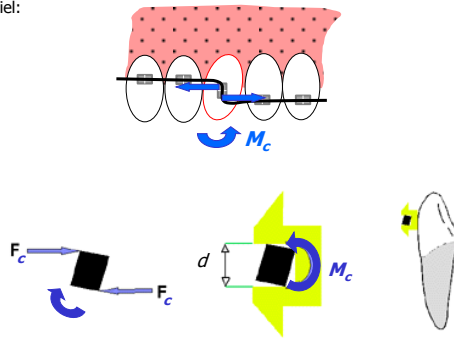
Kippung



Kraft	Kräftepaar	ΣF	ΣM	
-	✓	0	M_c	Rotation
✓	-	F	M_F	Kippung: Translation+ Rotation
✓	✓	F	$M_F - M_c$	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:



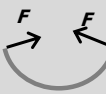
9

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**“).

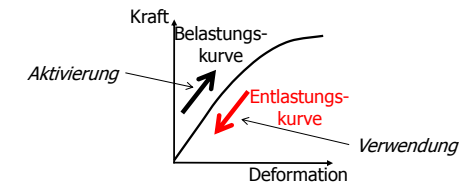
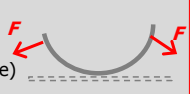


Aktivierung:
Deformierung
(Energiezufuhr)



Verwendung:

Rückstellung
(Energierückgabe)

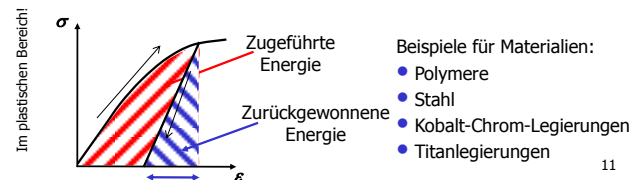
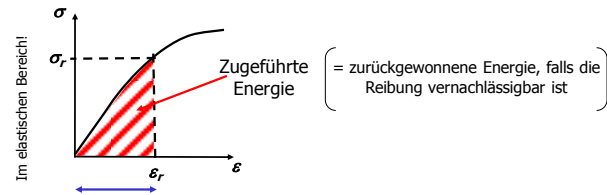


10

Relevante mechanische Eigenschaften

• Materialeigenschaften:

Steifigkeit, elastische Rückstellung, elastische Verformungsarbeit



Beispiele für Materialien:

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

11

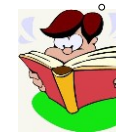
• Geometrie: Form, Größe (z.B. Dicke, Länge, ...)

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

(Dehnsteifigkeit, Biegesteifigkeit, Torsionssteifigkeit)

Probleme:

• Reibung



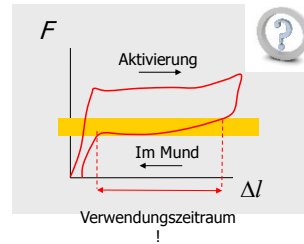
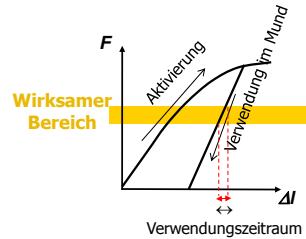
Reibungskraft (F_R):

$$F_R = f \cdot F_N$$

12

Die abgegebene Kraft (Rückstellkraft)

- Größe?
- Zeitdauer?



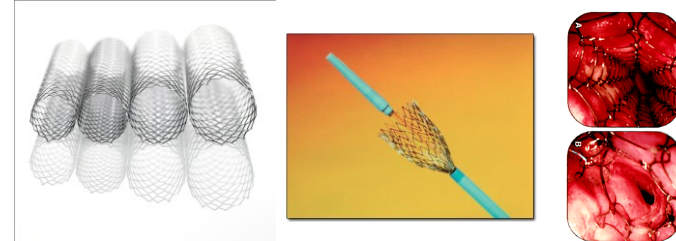
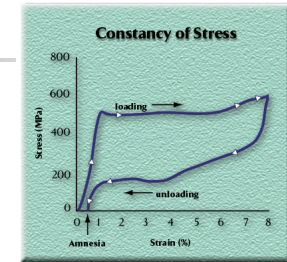
13

Superelastische Stoffe

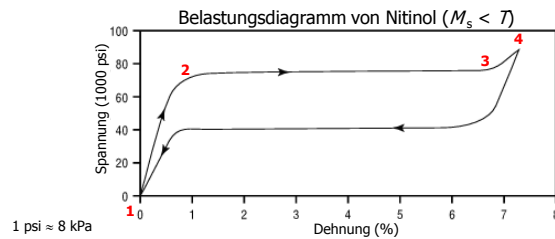
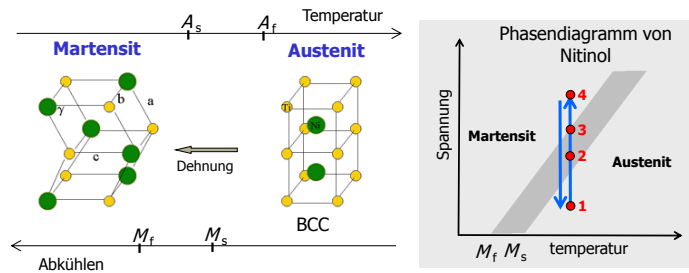
Ni+Ti Cu+Al+Zn Cu+Al+Ni

Nitinol (Nickel-Titanium Naval Ordnance Laboratory)

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



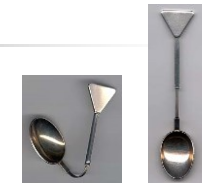
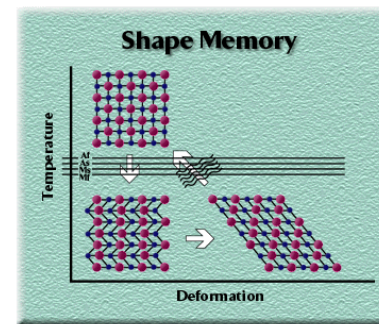
14



1 psi \approx 8 kPa

15

Formgedächtnis



- Einweg-
- Zweiweg-

FLEXINOL®
Actuator Wire



16