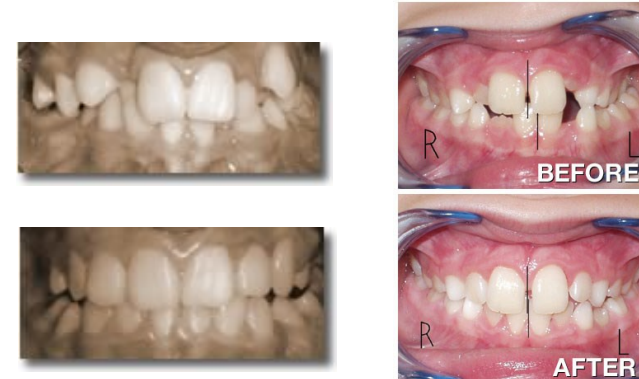


Physikalische Grundlagen der Kieferorthopädie

Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen
Materialkunde 13.

1

Orthodontie



2

Mechanismus der Zahnbewegung

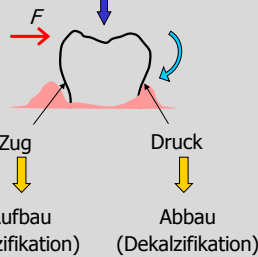
Ruhekräfte:
 $F = 1-10 \text{ cN}$
dauerhaft

keine
Wirkung

Kieferorthopädische Kräfte:

$F = 50 \text{ cN} - 400 \text{ cN}$

dauerhaft



Umbau \Rightarrow 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

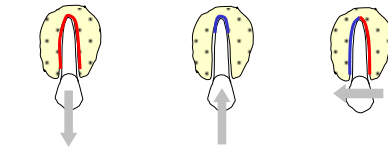
Translation

Verlängerung

Verkürzung

Verschiebung

Knochenaufbau
Knochenabbau

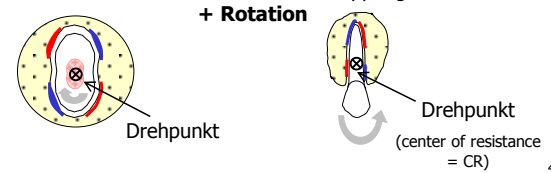


Rotation

Rotation

**Translation
+ Rotation**

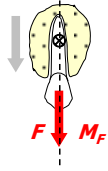
Kippung



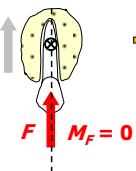
4

Kräfte, Drehmomente zur Bewegung

Verlängerung

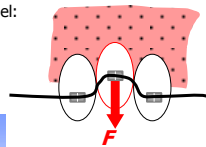


Verkürzung

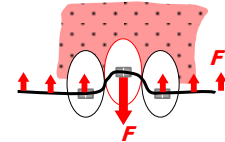


Einzelkraft ohne Drehmoment
 \Rightarrow Translation ohne Rotation

Zum Beispiel:

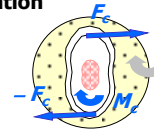


Stütze? Verteilt (!):



5

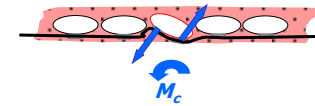
Rotation



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

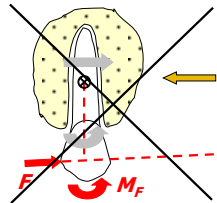
Kräftepaar, d. h. Drehmoment ohne resultierende Kraft
 \Rightarrow Rotation ohne Translation

Zum Beispiel:

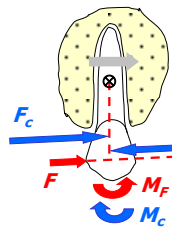


6

Verschiebung



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



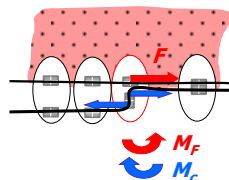
Kraft+Kräftepaar
 \Rightarrow Translation ohne Rotation

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

Nur Translation

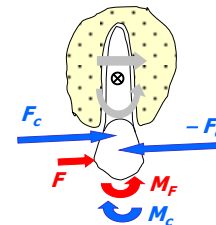
$M_c = M_F \quad (M_c / M_F = 1)$

Zum Beispiel:



7

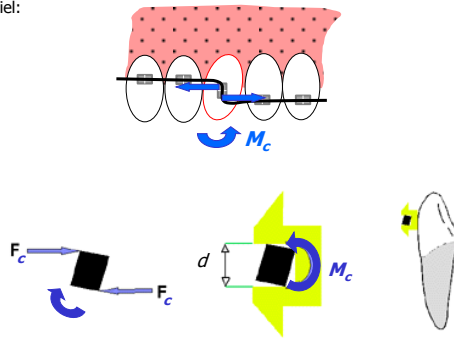
Kippung



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

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

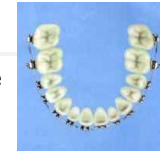
Zum Beispiel:



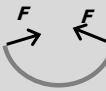
9

Kieferorthopädisches Gerät

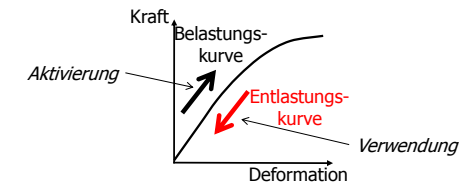
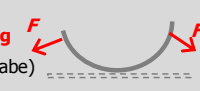
Das kieferorthopädische Gerät ist ein elastischer Körper, der Kräfte und Drehmomente an die Zähne abgibt, nachdem er aktiviert (deformiert) wurde. Die während der Deformation eingespeiste Energie wird zurückgeliefert („**mechanische Batterie**“).



Aktivierung:
Deformierung
(Energiezufuhr)



Verwendung:
Rückstellung
(Energierückgabe)

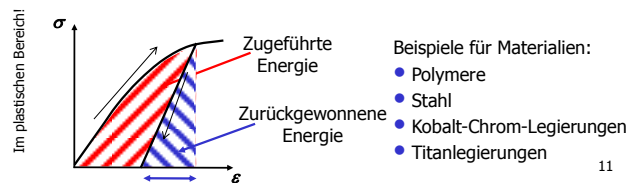
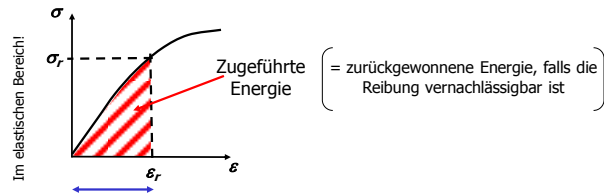


10

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, ...)

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

Steifigkeit des Körpers
(Dehnsteifigkeit, Biegesteifigkeit, Torsionssteifigkeit)

Probleme:

- Reibung



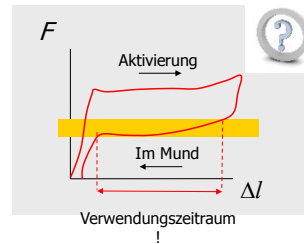
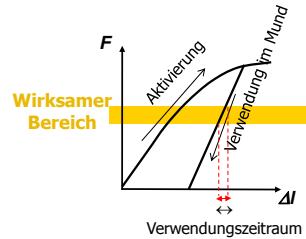
Reibungskraft (F_R):

$$F_R = f \cdot F_N$$

12

Die abgegebene Kraft (Rückstellkraft)

- Größe?
- Zeitdauer?



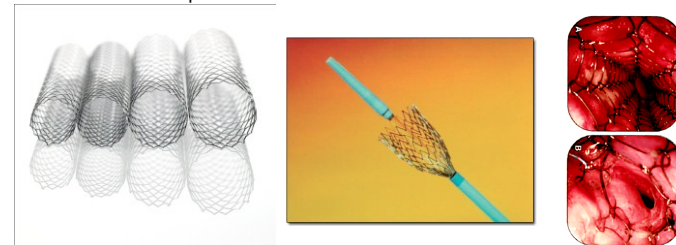
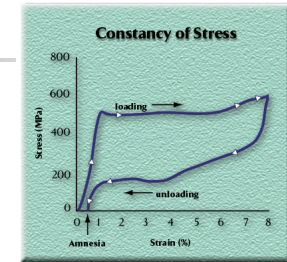
13

Superelastische Stoffe

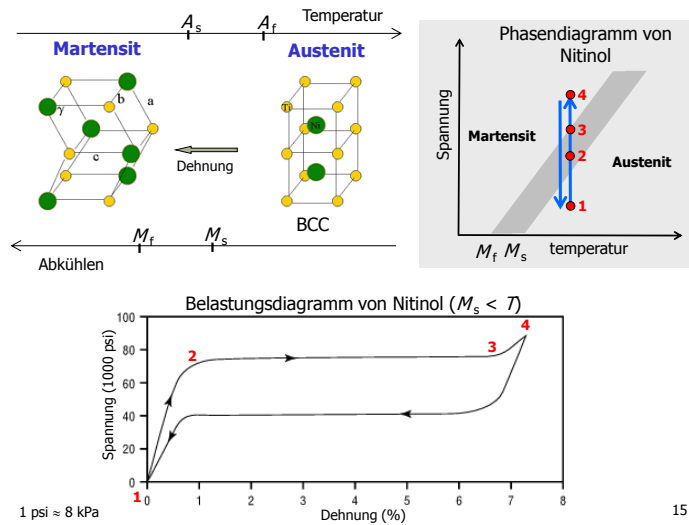
Ni+Ti Cu+Al+Zn Cu+Al+Ni

Nitinol (Nickel-Titanium Naval Ordnance Laboratory)

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

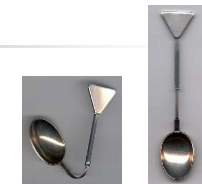
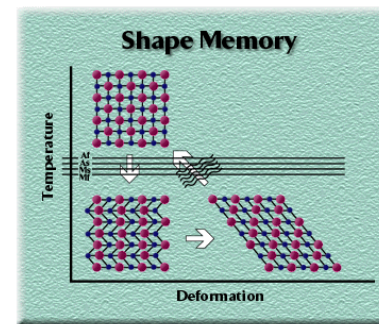


14



15

Formgedächtnis



- Einweg-
- Zweifweg-

FLEXINOL®
Actuator Wire



16