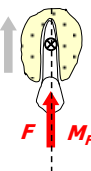


Kräfte, Drehmomente zur Bewegung

Verlängerung

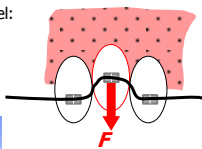


Verkürzung

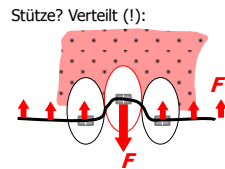


Einzelkraft ohne Drehmoment
 \Rightarrow Translation ohne Rotation

Zum Beispiel:

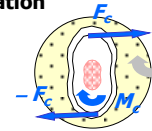


Stütze? Verteilt (!):



5

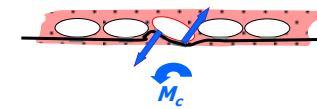
Rotation



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

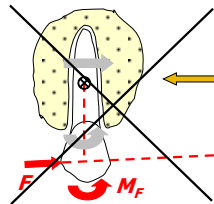
Kräftepaar, d. h. Drehmoment ohne resultierende Kraft
 \Rightarrow Rotation ohne Translation

Zum Beispiel:

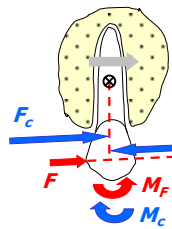


6

Verschiebung



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



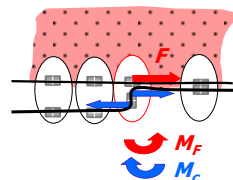
Kraft+Kräftepaar
 \Rightarrow Translation ohne Rotation

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

Nur Translation

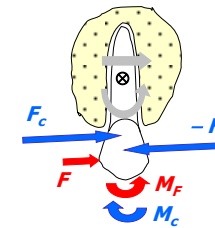
$M_c = M_F \quad (M_c / M_F = 1)$

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

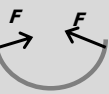
$0 < M_F - M_c \quad (M_c / M_F < 1)$
 $M_F - M_c < 0 \quad (1 < M_c / M_F)$

Kieferorthopädisches Gerät

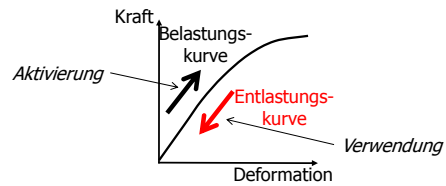
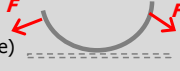
Das kieferorthopädische Gerät ist ein elastischer Körper, der Kräfte und Drehmomente an die Zähne abgibt, nachdem er aktiviert (deformiert) wurde. Die während der Deformation eingespeiste Energie wird zurückgeliefert („**mechanische Batterie**“).



Aktivierung:
Deformierung
(Energiezufuhr)



Verwendung:
Rückstellung
(Energierückgabe)



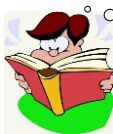
9

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

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

Probleme:

- Reibung



Reibungskraft (F_R):

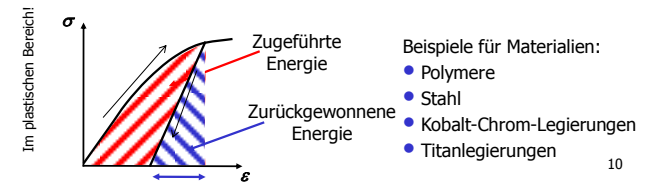
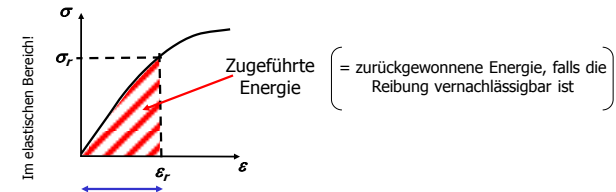
$$F_R = f \cdot F_N$$

11

Relevante mechanische Eigenschaften

- Materialeigenschaften:

Steifigkeit, elastische Rückstellung, elastische Verformungsarbeit



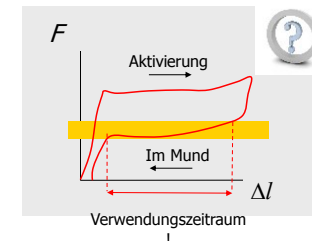
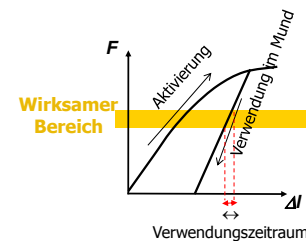
Beispiele für Materialien:

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

10

Die abgegebene Kraft (Rückstellkraft)

- Größe?
- Zeitdauer?



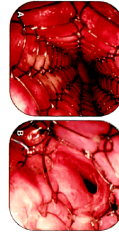
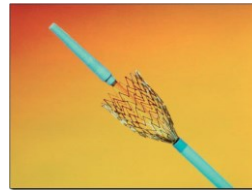
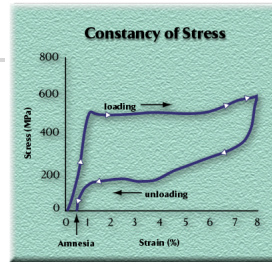
12

Superelastische Stoffe

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

Nitinol (Nickel-Titanium Naval Ordnance Laboratory)

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



13