Passwort: BM_BMT

00 – Einführung

Aufgabe 1 – Biomechanik und Mechanobiologie

Biomechanik

①

Betrachten Sie die wesentliche Verlängerung des Halses durch das Tragen von Ringen.
Handelt es sich dabei um den Effekt eines biomechanischen oder mechanobiologischen Vorgangs?

a) Biomechanischer Vorgang
b) Mechanobiologischer Vorgang



http://edelstahlfalke.de

Aufgabe 2 – Biomechanik und Mechanobiologie

Biomechanik

②

Betrachten Sie die Form des Baums.
Handelt es sich dabei um den Effekt eines biomechanischen oder mechanobiologischen Vorgangs?

a) Biomechanischer Vorgang
b) Mechanobiologischer Vorgang



http://victorpaul-vicsmuse.blogspot.com

Aufgabe 3 – Biomechanik und Mechanobiologie

Biomechanik

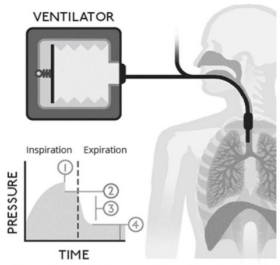
③

Bei der künstlichen Beatmung wird ein Überdruck in den Lungen erzeugt. Dadurch kommt es zu einer Aufweitung der Lunge.

Handelt es sich dabei um den Effekt eines biomechanischen oder mechanobiologischen Vorgangs?

a) Biomechanischer Vorgang

b) Mechanobiologischer Vorgang



www.commons.wikimedia.org/Biology_of_ventilation

Aufgabe 4 – Biomechanik und Mechanobiologie

Biomechanik

④

Bei der Untersuchung des Kniesehnenreflexes wird die Sehne mechanisch beansprucht.

Es kommt zu einer Streckung des Beines.

Handelt es sich dabei um den Effekt eines biomechanischen oder mechanobiologischen Vorgangs?

a) Biomechanischer Vorgang

b) Mechanobiologischer Vorgang



https://www.gesundheitsinformation.de/was-passiert-bei-einer-neurologischen-untersuchung.html

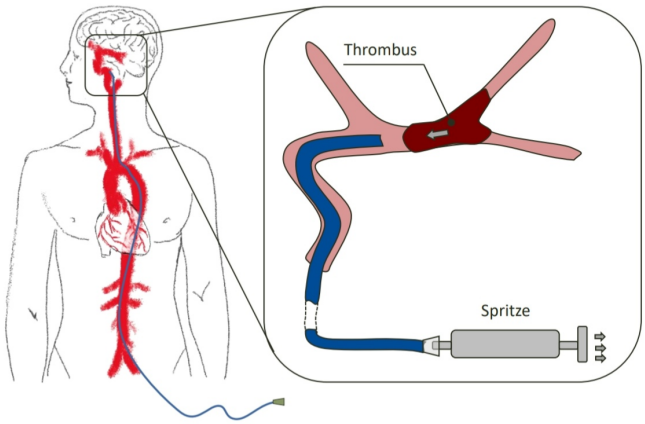
/ /

5

Aufgabe 5 - Variabilität in der Biomechanik

Biomechanik

Umsetzung der Biomechanik in die (klinische) Praxis:



Wie viele Variablen?

Im Rahmen einer Thrombusaspiration wird ein Thrombus aus einem verschlossenem Gefäß über einen Aspirationskatheter entfernt.

a) Nennen Sie mögliche relevante Unterschiede zwischen Patienten/innen.

b) Nennen Sie mögliche externe Einflussfaktoren.

c) Nennen Sie mögliche Reaktionen.

a)
-
-
-
-
-

b)
-
-
-
-

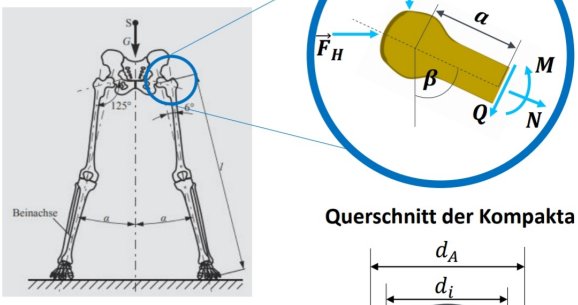
c)
-
-
-
-
-

01 - Mechanisches Verhalten von festem Gewebe

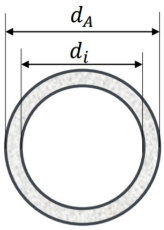
Aufgabe 1 – Kräfte und Belastungen im Hüftkopf

Biomechanik

⑥



Querschnitt der Kompakta





Wir nehmen Bezug auf die Aufgabe „Kräfte und Belastungen im Hüftkopf“ aus Grundlagen der Mechanik (Teil II) .

Die Kräfte wurden wie folgt berechnet:

$$N = -(\vec{F}_V \cdot \cos\beta + \vec{F}_H \cdot \sin\beta) = -287{,}6\ N$$

$$Q = -\vec{F}_V \cdot \sin\beta + \vec{F}_H \cdot \cos\beta = -360{,}4\ N$$

$$M = a \cdot (-\vec{F}_V \cdot \sin\beta + \vec{F}_H \cdot \cos\beta) = -10{,}81\ Nm$$

Betrachten wir den hohlen Querschnitt des Hüftkopfes mit folgenden geometrischen Parametern.

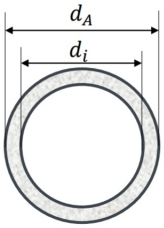
$d_A = 20\ mm$
$d_i = 15\ mm.$

Dabei wird nur die Kompakta mit einem E-Modul von E=17.000 MPa betrachtet.

Richard, Biomechanik – Grundlagen und Anwendungen auf den menschlichen Bewegungsapparat, 2013

Aufgabe 1 – Kräfte und Belastungen im Hüftkopf

Biomechanik



a) Berechnen Sie die maximale Normalspannung σ_H im Knochenquerschnitt.

b) Berechnen Sie die Normalspannung σ_V im hypothetischen Fall eines vollen Knochens und setzen Sie sie im Verhältnis mit σ_H .

c) Berechnen Sie die Dehnung ε in beiden Fällen a) und b)

d) Berechnen Sie die Schubspannung τ in beiden Fällen a) und b)

Richard, Biomechanik – Grundlagen und Anwendungen auf den menschlichen Bewegungsapparat, 2013

geg.: $d_A = 20\,mm$ $N = -287{,}6\,N$

$d_i = 15\,mm$ $Q = -360{,}4\,N$

$E = 17\,000\,MPa$ $M = -10{,}81\,Nm$

a)

b)

c)

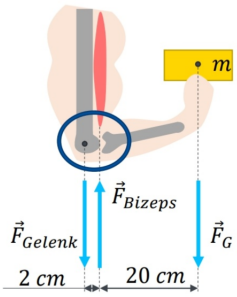
d)

/ /

7

Aufgabe 1 – Belastungen an Gelenken I

Biomechanik



Es wird ein Gegenstand mit einer Masse $m = 10\,kg$ gehalten, wobei der Unterarm rechtwinklig angewinkelt ist. Die Masse m übt eine Gewichtskraft $\vec{F}_G$ auf den Unterarm aus, wobei die Erdbeschleunigung $g = 9{,}81\,\frac{m}{s^2}$ beträgt.

a) Berechnen Sie die Gelenkkraft F_{Gelenk}.

b) Berechnen Sie die Bizepskraft F_{Bizeps}.

Brinckmann, Orthopädische Biomechanik, 2000
https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/pdf/10.1055/s-0041-108914.pdf

b)

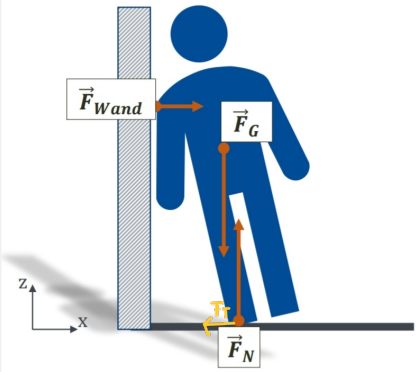
a)

02 – Grundlagen der Mechanik I

Trägheitsprinzip am Beispiel Stehen, leicht angelehnt

Biomechanik

8



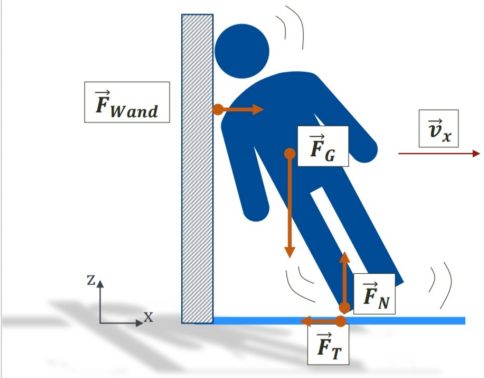
Bei unverändertem Bewegungszustand beträgt die Summe der auf den Körper wirkenden Kräfte **in allen Richtungen** Null.

Welche Kraft gewährleistet den unveränderten Bewegungszustand (Ruhezustand) in x-Richtung?

Trägheitsprinzip am Beispiel Stehen, leicht angelehnt

Biomechanik

9

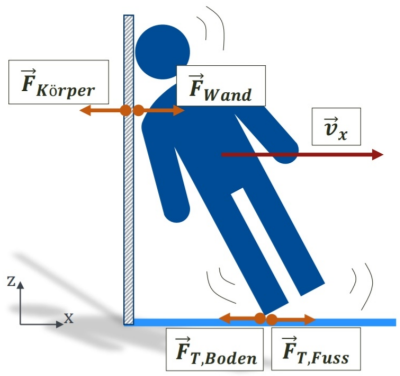


Warum ändert sich auf Eis der Bewegungszustand des Körpers?

Warum nimmt dabei die Normalkraft $\vec{F}_N$ ab ?

Wechselwirkungsprinzip am Beispiel Stehen, leicht angelehnt

10



Wechselwirkungsprinzip in x-Richtung

$\vec{F}_{Wand} = -\vec{F}_{Körper}$ $\quad$ $\vec{F}_{T,Boden} = -\vec{F}_{T,Fuss}$

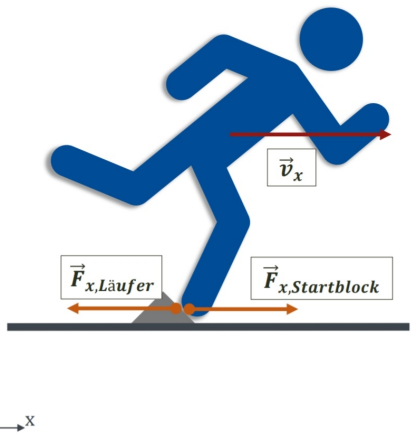
Die Wand ist einer Kraft ausgesetzt, die je nach Wandmaterial zur Verformung oder Bruch führen kann.

Was passiert mit dem Eis unter Einwirkung von $\vec{F}_{T,Fuss}$?

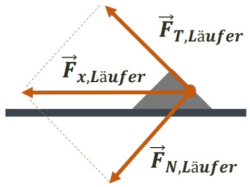
Kraftzerlegung am Beispiel Läufer

11

Betrachtung des Menschen im Sprint.



Zerlegung der Kraft, die auf den Startblock wirkt:



Wie kann der Läufer die gleiche Beschleunigung in x-Richtung behalten, wenn die Reibung wegfällt?

Wie bewegt sich der Schwerpunkt des Körpers?

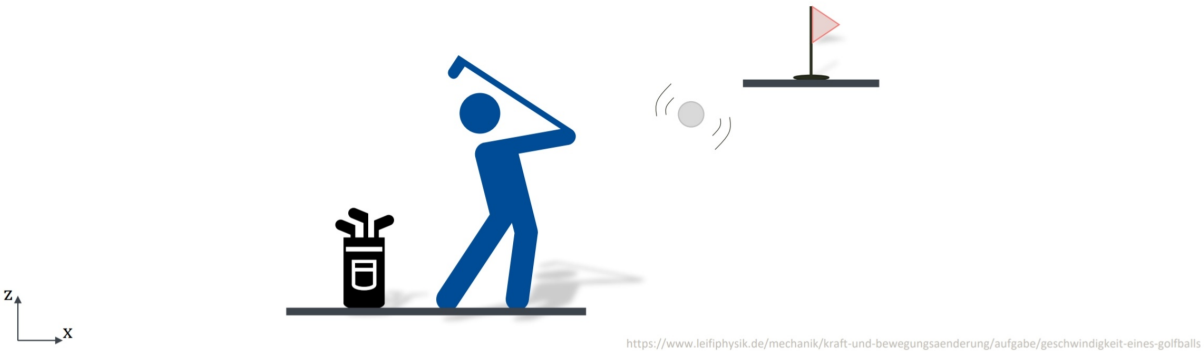
/ /

12

Aufgabe 1 – Aktionsprinzip

Ein Golfball mit einer Masse $m_{Golfball} = 47\ g$ wird mit einer Kraft von $F_{Schlag} = 6\ kN$ in x-Richtung geschlagen. Die Kontaktzeit zwischen Golfschläger und Ball beträgt $t = 0{,}5\ ms$.

Berechnen Sie die Geschwindigkeit in $\frac{m}{s}$, die der Ball in x-Richtung erreicht.

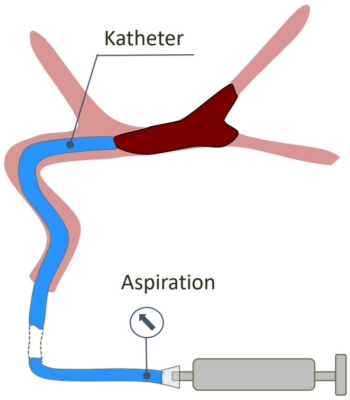


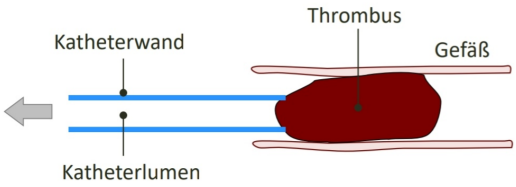
https://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsaenderung/aufgabe/geschwindigkeit-eines-golfballs

13

Aufgabe 2 – Wechselwirkungsprinzip

Biomechanik





In den Abbildungen wird die **Entfernung eines Thrombus** aus einem verschlossenen Hirngefäß mittels eines **Aspirationskatheters** dargestellt.

Der Katheter wird unter Aspiration zurückgezogen.

Zeichnen Sie die Kräfte in vereinfachter Form ein, welche in x- und z-Richtungen:

a) zwischen dem Katheter und dem Thrombus und

b) zwischen dem Thrombus und dem Gefäß

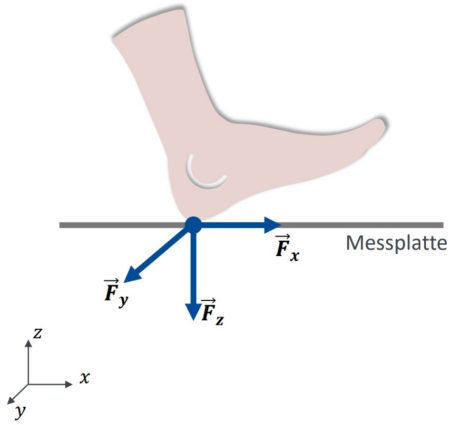
unmittelbar vor der Ablösung des Thrombus aus dem Gefäß wirken.



14

Aufgabe 3 – Dreidimensionale Kraftzerlegung

Biomechanik



Um eine Analyse des Gangs durchführen zu können, werden die Kräfte, welcher der Fuß auf eine Messplatte ausübt, im Raum gemessen. $\vec{F}_x$ entspricht hierbei 200 N, $\vec{F}_z$ entspricht 50 N und $\vec{F}_y$ entspricht 600 N.

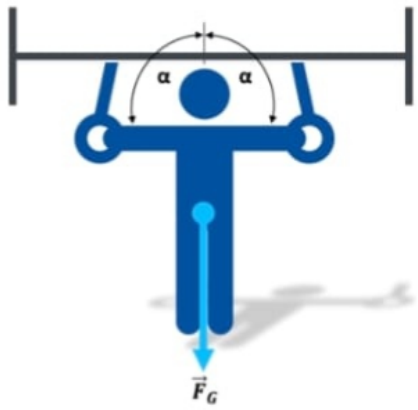
Berechnen Sie den Betrag der resultierenden Kraft $\vec{F}$, sowie die Winkel α, β und γ der Kraft $\vec{F}$ in Bezug auf die Koordinaten x, y und z des räumlichen Koordinatensystems.

Richard, Biomechanik – Grundlagen und Anwendungen auf den menschlichen Bewegungsapparat, 2013

/ /

15

Aufgabe 6 - Zweidimensionale Kraftzerlegung



Ein Turner ($\vec{F}_G$ = 700 N) hängt wie dargestellt an Turnringen. Dabei nehmen die Arme die Winkelstellung α ein. Die Turnringe können als starr betrachtet werden.

Ermitteln Sie rechnerisch die Kräfte, welche die Hände auf die Turnringe bei Winkeln von 5°, 15° und 30° ausüben.

α: Winkel zwischen Arm und Mittelachse des Turners

Richard, Biomechanik – Grundlagen und Anwendungen auf den menschlichen Bewegungsapparat, 2013

16

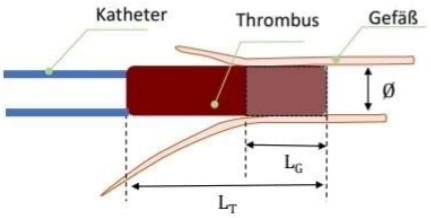
Aufgabe 3 - Thrombus mit E-Modul

Ein Thrombus mit der Länge $L_T = 15{,}4\ mm$ wird durch einen Aspirationskatheter in x-Richtung zurückgezogen.
Der Thrombus besitzt ein E-Modul $E_T = 8{,}3\ kPa$. Während der Thrombusbereich an der Wand auf der Länge $L_G = 6\ mm$ haften bleibt, verlängert sich der restliche Thrombusbereich um $\Delta L_T = 2{,}2\ mm$ unmittelbar vor der Ablösung von der Wand. Der Thrombusdurchmesser $Ø_{Thrombus}$ entspricht dem Gefäßdurchmesser $Ø_{Gefäß} = 4{,}2\ mm$.

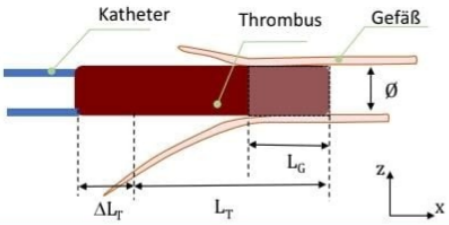
Berechnen Sie zum Zeitpunkt unmittelbar vor der Ablösung des Thrombus und unter Vernachlässigung der Gefäßwandbewegung (der Thrombus verformt sich im Kontaktbereich mit der Gefäßwandung nicht):

- die Kraft F_T die von dem Katheter auf den Thrombus wirkt
- die Schubspannung τ_X an der Gefäßwand

Thrombus vor Aspiration



Thrombus unmittelbar vor der Ablösung

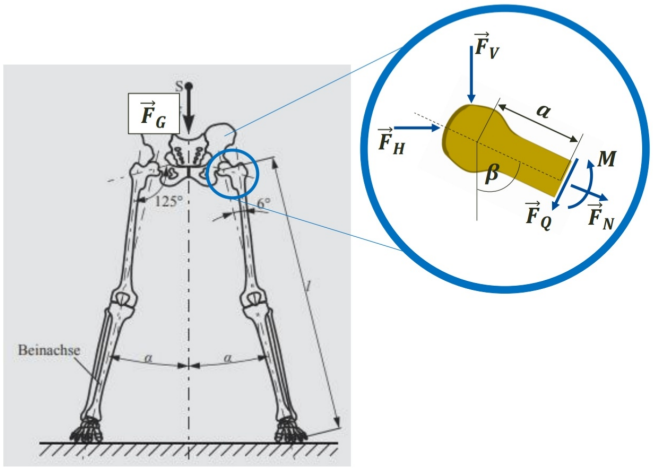


03 – Grundlagen der Mechanik II

17

Aufgabe 1 – Kräfte und Belastungen im Hüftkopf

Biomechanik



Abgebildet ist ein Zweibeinstand mit gespreizten Beinen. Der Hüftkopf nimmt einen Winkel von $\beta = 64°$ mit der Vertikalen ein. Beachten Sie hierbei die Zerlegung der Kräfte!
Geg.: $\vec{F}_H = 100{,}5\ N; a = 30\ mm$

a) Berechnen Sie die vertikale Kraft $\vec{F}_V$ unter Verwendung der Schwerkraft $\vec{F}_G = 900\ N$, die auf einen Hüftkopf mit Fläche $A = 616\ mm^2$ wirkt.

b) Berechnen Sie außerdem die Querkraft $\vec{F}_Q$, die Normalkraft $\vec{F}_N$ und das Moment M.

c) Berechnen Sie die Druck-, Schub- und die maximale Biegespannung am Oberschenkelhals. Verwenden Sie für Ihre Berechnungen entsprechend das Widerstandsmoment: $W = 2155\ mm^3$.

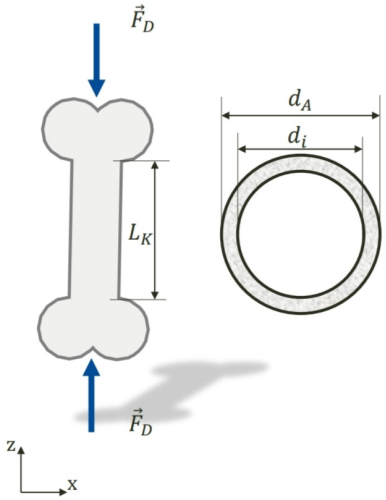
d) Wie hoch ist die maximale resultierende Druckspannung?

z
x

Richard, Biomechanik – Grundlagen und Anwendungen auf den menschlichen Bewegungsapparat, 2013

18

Aufgabe 2 – Beanspruchung des Oberarms



Beim Liegestütz wird der Oberarmknochen mit einer Länge $L_K = 30\ cm$ durch eine axial wirkende Kraft $\vec{F}_D = 210\ N$ auf Druck belastet. Mit den Armen werden dabei ca. 60 % des Körpergewichts abgestützt. Der Querschnitt des Oberarmknochens wird als ein hohler Zylinder mit folgenden Dimensionen vereinfacht: $d_A = 20\ mm,\ d_i = 15\ mm.$

Berechnen Sie:

a) Die Normalspannung σ im Knochenquerschnitt.

b) Die Dehnung ε des Oberarmknochens.

c) Die Änderung der Knochenschaftlänge L_K.

Geg.: $E_{Knochen} = 18.000\ MPa,$

Richard, Biomechanik – Grundlagen und Anwendungen auf den menschlichen Bewegungsapparat, 20

19

Aufgabe 3 – Thrombus mit E-Modul

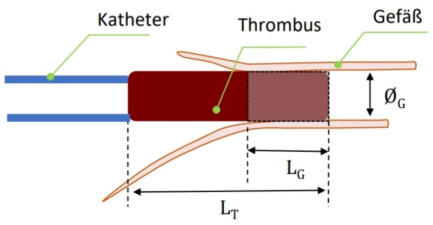
Biomechanik

Ein Thrombus mit der Länge $L_T = 15{,}4\ mm$ wird durch einen Aspirationskatheter in x-Richtung zurückgezogen.
Der Thrombus besitzt ein E-Modul $E_T = 8{,}3\ kPa$. Während der Thrombusbereich an der Wand auf der Länge $L_G = 6\ mm$ haften bleibt, verlängert sich der restliche Thrombusbereich um $\Delta L_T = 2{,}2\ mm$ unmittelbar vor der Ablösung von der Wand. Der Thrombusdurchmesser $Ø_{Thrombus}$ entspricht dem Gefäßdurchmesser $Ø_{Gefäß} = 4{,}2\ mm$.

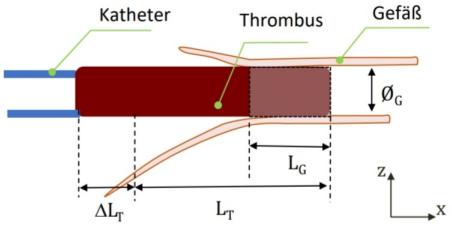
Berechnen Sie zum Zeitpunkt unmittelbar vor der Ablösung des Thrombus und unter Vernachlässigung der Gefäßwandbewegung (der Thrombus verformt sich im Kontaktbereich mit der Gefäßwandung nicht):

- die Kraft F_T die von dem Katheter auf den Thrombus wirkt
- die Schubspannung τ_X an der Gefäßwand

Thrombus vor Aspiration



Thrombus unmittelbar vor der Ablösung



/ /

20

Aufgabe 1: Compliance im menschlichen Körper

Biomechanik

Bei welchen Organen ist die Compliance als mechanische Eigenschaft von Bedeutung?


Lunge


Nieren


Mund/Zunge


Augen


Gehirn


Herz


Blase


Knochen


Ohr

Blase


Nase

Aufgabe 2 - Compliance eines Gefäßes

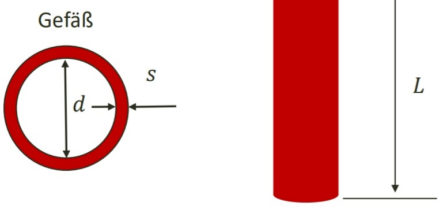
Biomechanik

21

Ein Gefäß besitzt in der Phase der Diastole bei einem transmuralen Druck von $p1 = 80\ mmHg$ einen Durchmesser von $d_1 = 4mm$.

Die Wandstärke und das E-Modul des Gefäßes betragen $s = 300\ \mu m$ und $E = 400\ kPa$.

- Welchen Durchmesser d_2 besitzt das Gefäß bei einem transmuralen Druck p_2 von $120\ mmHg$, der während der Systole herrscht?
- Welche Volumenzunahme resultiert aus der Druckzunahme von $80\ mmHg$ auf $120\ mmHg$ bei einer Gefäßlänge von $L = 3\ cm$?
- Berechnen Sie die absolute und die relative Compliance.



/ /

04 – Verhalten von festem Gewebe I

keine Aufgabe

05 – Verhalten von festem Gewebe II

Schallübertragung im Mittelohr

Biomechanik

22

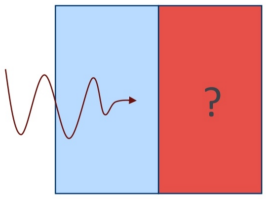
Das Mittelohr überträgt mechanische Energie in Form einer Druckwelle zwischen zwei Medien

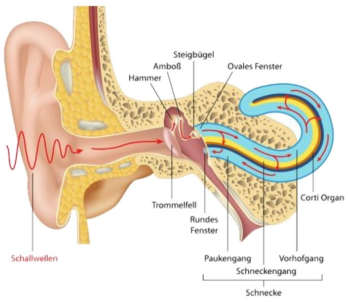
- Luft im äußeren Ohr
- Flüssigkeit im Innenohr

Beide Fluide haben unterschiedliche **Schallwellenwiderstände** (Impedanzen)

(Wasser hat eine ca. 3600-mal höhere Impedanz als Luft)

Was passiert mit der Schallwelle an der Grenzfläche?





Aufgabe 1: Spannung des Trommelfells

Biomechanik

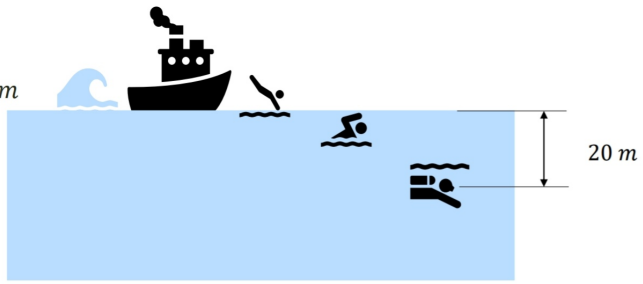
23

Betrachten wir einen Taucher bei 20 m Tiefe.

- Welche Druckunterschied besteht zwischen dem Außen- und Innenohr, wenn die Eustachische Röhre verschlossen bleibt (kein Druckausgleich)?
- Mit welcher Tangentialspannung wird der Trommelfell beansprucht?

Folgende anatomische Werte sind angegeben:

- Durchmesser Trommelfell: $D_T = 9$ mm
- Dicke Trommelfell: $s_T = 0{,}08\ mm$
- Krümmungsradius Trommelfell: $\rho_T = 30\ mm$



06 – Fluiddynamik I (Kinematik und Massenerhaltung)

24

Aufgabe 1 – Strömung im Gefäß

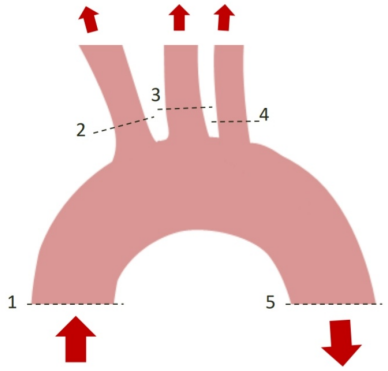
Biomechanik

Betrachten Sie den Aortenbogen in der Abbildung. Es sind 5 Stellen angegeben. Betrachten Sie die Gefäße als Zylinder mit folgenden Durchmessern:

$d_1 = 25\ mm$ $d_2 = 13\ mm$ $d_3 = 8{,}5\ mm$

$d_4 = 10\ mm$ $d_5 = 18\ mm$

Während der Systole fließt das Blut mit mittlerer Geschwindigkeit $\bar{v}_1 = 45\ \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}$ in den Aortenbogen. Der Blutfluss $\dot{V}_1$ teilt sich in die drei Abgänge – Stellen 2, 3 und 4 –, wobei 40%, 35% bzw. 25% vom Blutfluss $\dot{V}_{2-4}$ fließen, und die absteigende Aorta (Stelle 5) mit einer Geschwindigkeit $\bar{v}_5 = 70\ \frac{\mathrm{cm}}{\mathrm{s}}$.



Die Blutdichte kann als konstant mit einem Wert von $1{,}06\ \mathrm{g/cm^3}$, die Gefäße als starr betrachtet werden.

Bestimmen Sie die mittlere Fließgeschwindigkeiten $\bar{v}_2$, $\bar{v}_3$ und $\bar{v}_4$ an den Stellen 2, 3 bzw. 4.

/ /

07 - Fluiddynamik II (Erhaltungsgesetze)

keine Aufgabe

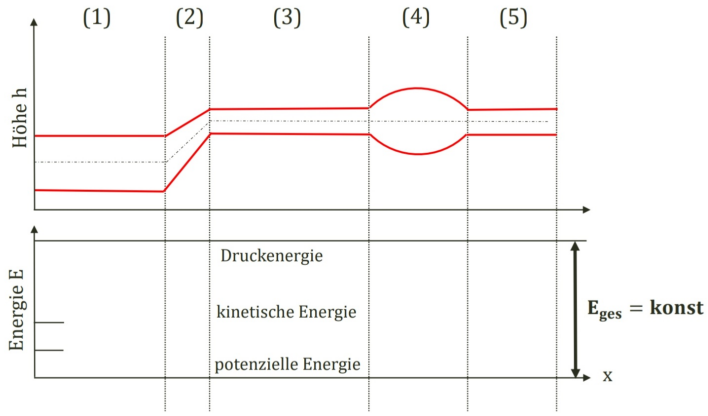
08 – Fluiddynamik III (Bernoulli + Hagen-Poiseuille)

Aufgabe 1 – Bernoulli

Biomechanik

25

Betrachten Sie nachstehende Abbildung. Zeichnen Sie einen möglichen **qualitativen** Verlauf von jeweils Druck-, kinetischer und potenzieller Energie.



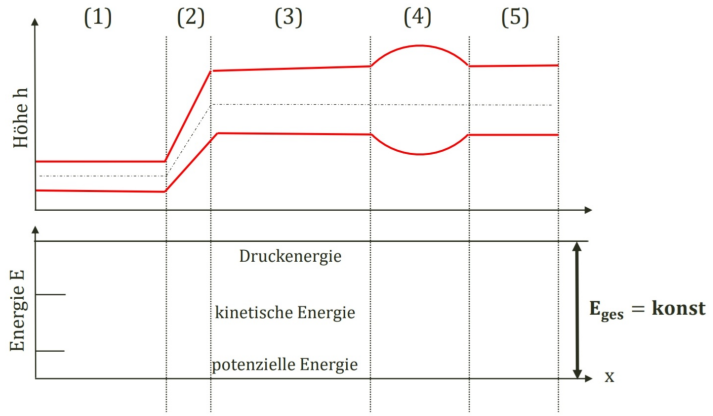
Anmerkung: *Der Verlauf im Übergangsbereich wird als linear und somit vereinfacht dargestellt.*

Aufgabe 2 – Bernoulli

Biomechanik

26

Betrachten Sie nachstehende Abbildung. Zeichnen Sie einen möglichen **qualitativen** Verlauf von jeweils Druck-, kinetischer und potenzieller Energie. Nimmt der Druck zwischen (1) und (3) zu oder ab?



Anmerkung: *Der Verlauf im Übergangsbereich wird als linear und somit vereinfacht dargestellt.*

Aufgabe 1 – Bernoulli in den Stimmlippen

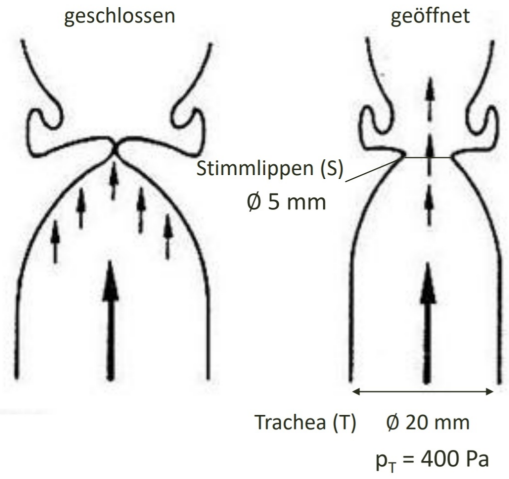
Biomechanik

27

Bei der Bildung von stimmhaften Lauten werden die Stimmlippen (Abbildung rechts) während der Ausatmung durch den aus der Luftröhre (Trachea) kommenden Luftstrom in Schwingung versetzt, wodurch sich diese periodisch öffnen und schließen (Bernoulli-Effekt).

Die Öffnung der Stimmlippen wird vereinfacht als runder Querschnitt mit einem Durchmesser von d_S =5 mm betrachtet. Die Trachea besitzt einen Durchmesser von $d_T = 20$ mm.

Die Lunge baut zum Öffnen der Stimmlippen einen relativen Druck $p_T = 400$ Pa in der Trachea auf.



Weiter ist bekannt:

- pro Atemzug werden 500 ml ein- bzw. ausgeatmet
- Es erfolgen 12 Atemzüge pro Minute. Es wird somit von einer gleichmäßigen Ausatmung (stationäre Strömung) innerhalb von 2,5 Sekunden ausgegangen.
- Die Dichte der Luft beträgt: $\rho_{Luft} = 1{,}2\ kg/m^3$ und wird als konstant angenommen.

Aufgabe:

Berechnen Sie den Druck p_S, der in der Stimmlippe beim Ausatmen entsteht. Vernachlässigen Sie dabei den Höhenunterschied zwischen Trachea und Stimmlippe.

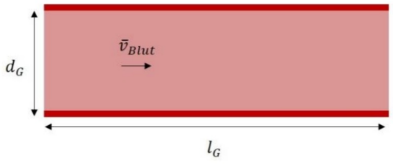
Aufgabe 1 – Hagen-Poiseuille

Biomechanik

18

Durch ein Gefäß mit dem Durchmesser $d_G = 4\ mm$ und der Länge $l_G = 20\ mm$ strömt das Blut mit einer mittleren Geschwindigkeit $\bar{v}_{Blut} = 0{,}03\ m/s$. Eine stationäre Strömung wird angenommen. Weiterhin sind die Dichte und die Viskosität des Blutes gegeben:

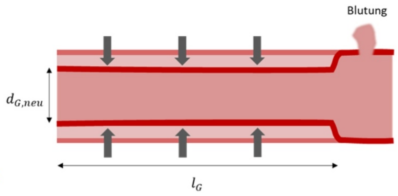
$\rho_{Blut} = 1050\ kg/m^3$ $\mu_{Blut} = 3{,}6 \cdot 10^{-3}\ Ns/m^2$



a) Geben Sie an, ob es sich um eine laminare oder turbulente Strömung im Gefäß handelt.

b) Berechnen Sie den Widerstand des Gefäßes.

Unmittelbar hinter diesem Gefäßabschnitt kommt es zu einer Ruptur des Blutgefäßes mit resultierender Blutung. Der Gefäßabschnitt verengt sich in Folge der Blutung reflektorisch (Vasokonstriktion).



c) Welchen neuen Durchmesser $d_{G,neu}$ muss das Gefäß aufweisen, damit der Strömungswiderstand auf das dreifaches des ursprünglichen Wertes zunimmt?

/ /

09 - Komplexe Systeme (Blut)

keine Aufgabe

10 – Komplexe Systeme (Gefäße)

29

Aufgabe 1 – Gehirndurchblutung

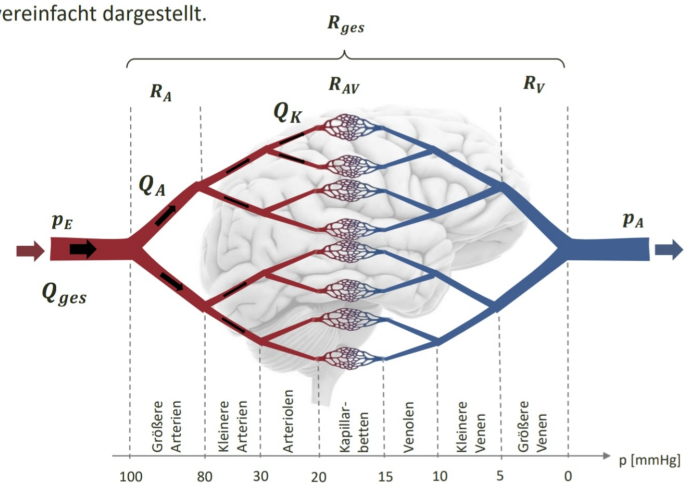
Biomechanik

In der Abbildung ist die Blutversorgung des Gehirns vereinfacht dargestellt.
Es gilt $p_E = 100mmHg$, $p_A = 0\ mmHg$ und $Q_{ges} = 800\ ml/min$.

1. Im physiologischen Zustand:

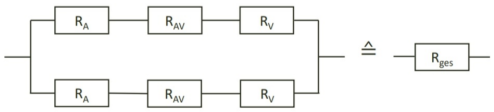
a) Wie groß ist der Durchfluss Q_K in jedem Kapillarbett?

b) Berechnen Sie den gesamten Gefäßwiderstand R_{ges}, sowie den Widerstand einer größeren Arterie R_A, einer größeren Vene R_V und den Widerstand R_{AV} mit Hilfe der in der Abbildung angegebenen Druckabfälle.



Die Gefäße weisen auf jeder Ebene dieselbe Dimensionen auf.

Ersatzschaltbild:



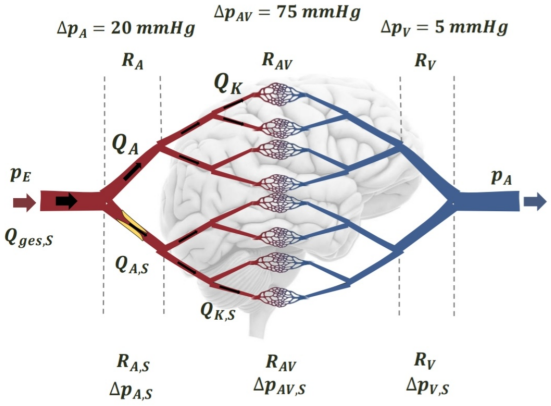
Aufgabe 1 – Gehirndurchblutung

Biomechanik

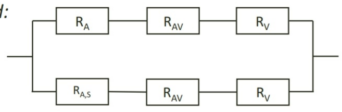
30

2. Eine Stenose verringert den Gefäßdurchmesser einer größeren Arterie um ein Viertel.
   Es wird angenommen, dass p_E und p_A unverändert bleiben.

   a) Wie groß ist der Widerstand $R_{A,S}$ des stenotischen Gefäßes?
   b) Welcher Durchfluss $Q_{K,S}$ ergibt sich in jedem Kapillarbett hinter der Stenose? Vergleichen Sie ihn mit dem Durchfluss ohne Stenose.
   c) Berechnen Sie den Druckabfall $\Delta p_{A,S}$ durch das stenotische Gefäß.
   d) Welchen Anteil am gesamten Druckabfall $\Delta p_{ges} = p_A - p_E$ hat dieser?
   e) Vergleichen Sie: Welchen Anteil hat der Druckabfall des gleichen Gefäßes ohne Stenose am gesamten Druckabfall?



Ersatzschaltbild:



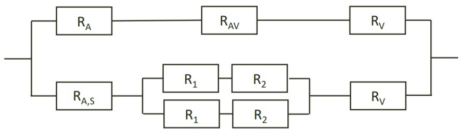
31

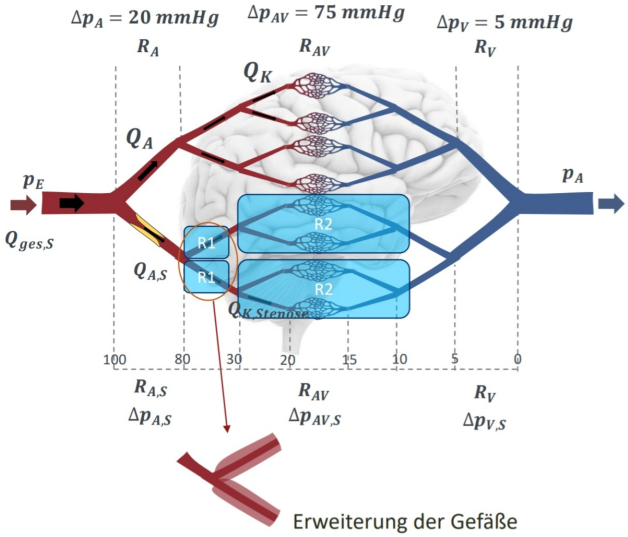
Aufgabe 1 – Gehirndurchblutung

3. Der Widerstand in nachgeschalteten Gefäßen verringert sich, um dem verminderten Durchfluss durch die Stenose entgegenzuwirken.

   a) Wie weit müssen die Durchmesser der beiden nachfolgenden Gefäße (kleinere Arterien) erhöht werden, um den ursprünglichen Durchfluss Q_K zu gewährleisten? Beide Durchmesser ändern sich dabei um den gleichen Faktor.

Ersatzschaltbild:



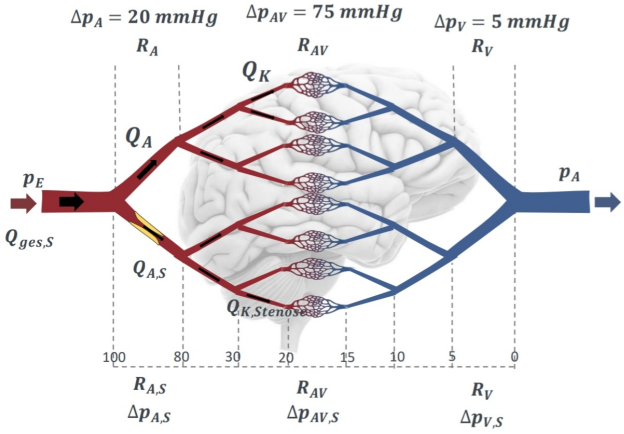


Aufgabe 1 – Gehirndurchblutung

32

4. Anstatt einer Gefäßerweiterung kommt es nun zu einer Erhöhung des Eingangsdrucks p_E zur Erhaltung des ursprünglichen Durchflusses $Q_{K,S}$ in den Kapillaren hinter der Stenose.

   a) Wie weit erhöht sich p_E?
   b) Wie wirkt sich die Erhöhung auf den Durchfluss im parallel geschalteten Kompartiment?



11 – Komplexe Systeme (Herz)

33

Aufgabe 1 – Herzarbeit

Biomechanik

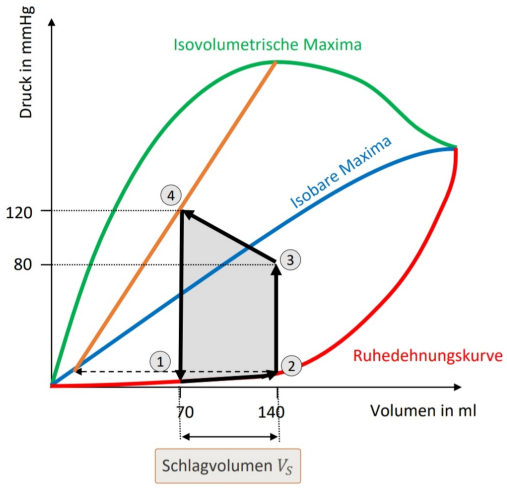
Der linke Ventrikel fördert pro Schlag ein Blutvolumen von 70 ml bei einem diastolischen Druck p_3 von 80 mmHg und einem systolischen Druck p_4 von 120 mmHg. In der Füllungsphase steigt der Druck im Ventrikel von $p_1 = 3\ \text{mmHg}$ bis $p_2 = 8\ \text{mmHg}$.

Die Herzfrequenz beträgt 80 Schläge pro Minute mit einer Systolendauer von 300 ms.

a. Berechnen Sie die vom linken Ventrikel verrichtete Arbeit W_V pro Herzschlag.

b. Berechnen Sie die durchschnittliche Ventrikelleistung P_V bei einer Herzfrequenz von 80 Schlägen pro min.

c. Berechnen Sie die durchschnittliche Ventrilkelleistung P_S während der Systole.



34

Aufgabe 2 - Aktionsprinzip

Gegeben sind Körper A und Körper B mit $m_A > m_B$.

Außerdem sind zwei Kräfte gegeben, wobei gilt: $\vec{F}_1 > \vec{F}_2$.

Welche der folgenden Aussagen treffen zu?

a) $\vec{F}_1$ beschleunigt Körper A stärker als $\vec{F}_2$.

b) $\vec{F}_2$ beschleunigt Körper B stärker als $\vec{F}_1$ Körper A beschleunigt. Weil Prinzip

c) $\vec{F}_2$ bremst Körper A stärker als Körper B.

d) $\vec{F}_1$ beschleunigt Körper B stärker als Körper A.

e) $\vec{F}_2$ bremst Körper B schwächer als $\vec{F}_1$.





https://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsaenderung/aufgabe/je-desto-fragen-zu-beschleunigenden-kraeften

35

Aufgabe 1 - Trägheitsprinzip

Welche der folgenden Formulierungen des Trägheitssatzes sind korrekt?

a) Ist die resultierende Kraft auf einen Körper Null, so ist er in Ruhe oder er bewegt sich mit konstantem Geschwindigkeitsbetrag.

b) Wirkt auf einen Körper keine Kraft, so bleibt er in Ruhe. Bewegt er sich mit konstanter Geschwindigkeit geradlinig, so muss auf ihn eine Kraft wirken.

c) Jeder Körper bleibt in Ruhe oder bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit geradlinig weiter, wenn keine Kraft auf ihn wirkt.

d) Jeder Körper bleibt in Ruhe oder bewegt sich mit konstanter Geschwindigkeit geradlinig weiter, wenn die resultierende Kraft auf ihn Null ist.

e) Alle Körper sind träge; d.h., ihr Geschwindigkeitsvektor ändert sich nicht von selbst, sondern nur infolge der Einwirkung von Kräften.

f) Bei Vernachlässigung der Reibung bewegt sich ein geradlinig beschleunigter Körper mit konstanter Geschwindigkeit weiter.

g) Zur Bewegung eines Körpers braucht man eine Kraft.

https://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsaenderung/aufgabe/formulierungen-des-traegheitssatzes

36

Aufgabe 4 - Wechselwirkungsprinzip

Welche der folgenden Aussagen sind korrekt?

An einem Körper greifen die Kräfte $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ an. Sie sind im Gleichgewicht, wenn…

a) $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ in Betrag und Richtung übereinstimmen.

b) Der Körper einen festen Geschwindigkeitsbetrag und eine feste Richtung besitzt.

c) $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ einen gleichen Betrag, aber entgegengesetzte Richtungen haben.

d) $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ auf der gleichen Wirkungslinie liegen.

e) $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ gleich groß und parallel sind.

f) $\vec{F}_1$ und $\vec{F}_2$ den gleichen Betrag, die gleiche Wirkungslinie und entgegengesetzte Richtung haben.

g) Der Körper ruht.

h) Die resultierende Kraft Null ist.

https://www.leifiphysik.de/mechanik/kraft-und-bewegungsaenderung/aufgabe/fragen-zum-kraeftegleichgewicht