

Physik II für Medis 2022

Übungsgruppe

Stunde 3



Intro - Frage



Eine Wasserleitung verzweigt sich in zwei Rohre, die anschliessend wieder zusammenfliessen. Die beiden Rohre sind gleich lang, aber eines hat den doppelten Innenradius des anderen. Wir nehmen laminare Strömung mit konstantem Volumenstrom an.

Welche Aussagen stimmen?

- A) In beiden Rohren ist der Druckabfall gleich gross.
- B) Pro Sekunde fliesst durch das breitere Rohr doppelt so viel Wasser wie durch das schmalere Rohr.
- C) Die nötige Leistung, um Wasser durch die Leitung zu pumpen, wäre geringer, wenn das schmalere Rohr entfernt würde.

Strömung im Rohr

Hagen-Poiseuille
Strömungswiderstand



Themen heute



Nächste Woche:

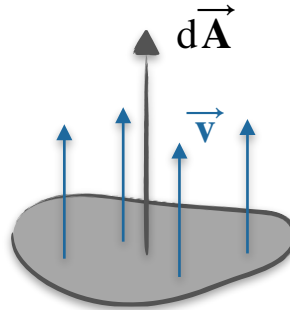
Kinetische Gastheorie
Wärmelehre

Flächenintegrale

Lösungsweg

Flächenintegrale

$$\Phi = \int_A \vec{v}(\vec{r}) \cdot d\vec{A}$$



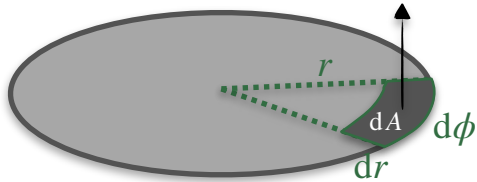
$d\vec{A}$ steht immer senkrecht
auf Fläche.

Richtung:
Rechte-Hand-Regel



Flächenintegrale

Polarkoordinaten

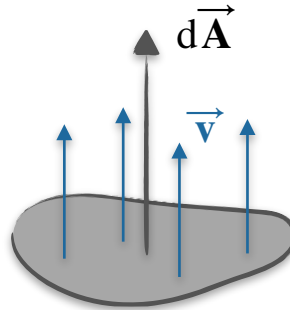


$$dA = ???$$

zum Beispiel:

$$\Phi = \iint \dots ?$$

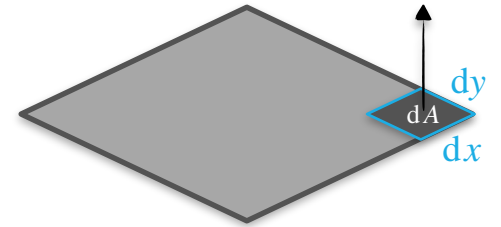
$$\Phi = \int_A \vec{v}(\vec{r}) \cdot d\vec{A}$$



$d\vec{A}$ steht immer senkrecht auf Fläche.

Richtung:
Rechte-Hand-Regel 

Kartesische Koordinaten



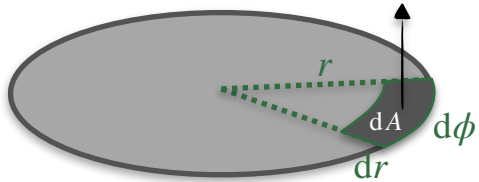
$$dA = ???$$

zum Beispiel:

$$\Phi = \iint \dots ?$$

Flächenintegrale

Polarkoordinaten

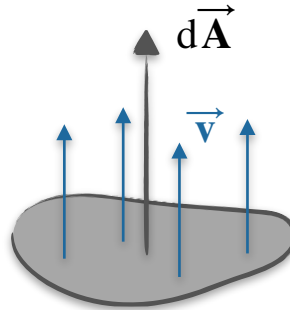


$$dA = r \, dr \, d\phi$$

zum Beispiel:


$$\Phi = \int_0^R \int_0^{2\pi} v_{\perp} \cdot r \, dr \, d\phi$$

$$\Phi = \int_A \vec{v}(\vec{r}) \cdot d\vec{A}$$

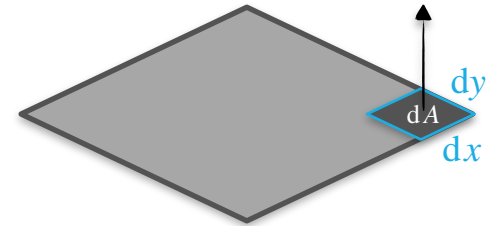


$d\vec{A}$ steht immer senkrecht auf Fläche.

Richtung:
Rechte-Hand-Regel

A small diagram of a right hand with the thumb pointing up and the fingers curled, illustrating the right-hand rule for determining the direction of the area element vector $d\vec{A}$.

Kartesische Koordinaten



$$dA = dx \, dy$$

zum Beispiel:

$$\Phi = \int_0^{l_x} \int_0^{l_y} v_{\perp} \, dx \, dy$$

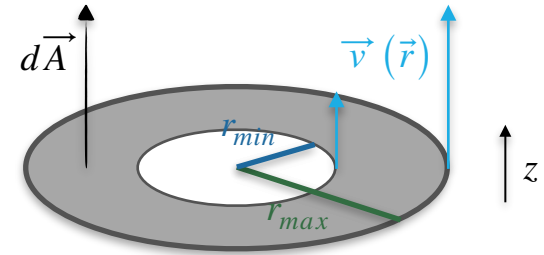
Flächenintegral Ring

Vektorfeld: $\vec{v}(\vec{r}) = r \cdot \hat{z} \quad \rightarrow v_{\perp} = ?$

gesucht: Fluss durch Ring mit $r_{min} = 1$ mm and $r_{max} = 2$ mm.

$$\Phi = \iint_{??} \dots$$

$$\Phi = \int_{\mathbf{A}} \vec{v}(\vec{r}) \cdot d\vec{A}$$

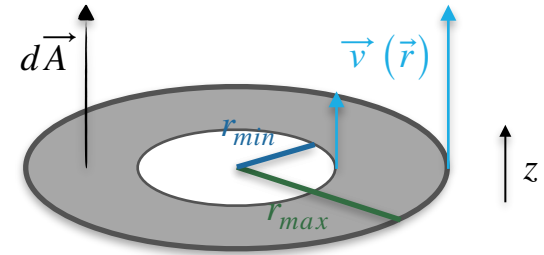


Flächenintegral Ring

$$\Phi = \int_A \vec{v}(\vec{r}) \cdot d\vec{A}$$

Vektorfeld: $\vec{v}(\vec{r}) = r \cdot \hat{z} \quad \rightarrow v_{\perp} = r$

gesucht: Fluss durch Ring mit $r_{min} = 1$ mm and $r_{max} = 2$ mm.



$$\Phi = \int_{r_{min}}^{r_{max}} \int_0^{2\pi} v_{\perp}(r) \cdot r \, dr \, d\phi = \int_{r_{min}}^{r_{max}} \int_0^{2\pi} r^2 \, dr \, d\phi = 2\pi \frac{(r_{max}^3 - r_{min}^3)}{3} = 2\pi \frac{7}{3} \text{ mm}^3$$

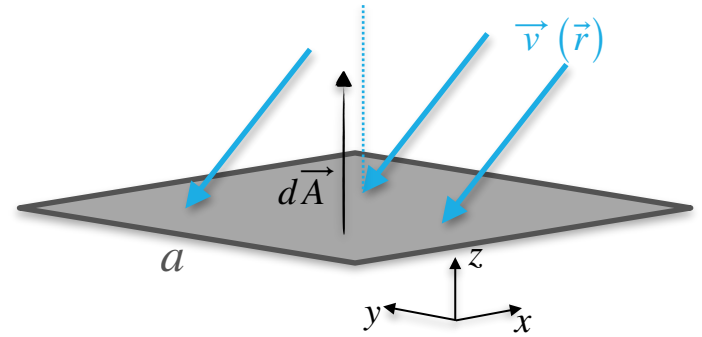
Flächenintegral quadratische Platte

$$\Phi = \int_A \vec{v}(\vec{r}) \cdot d\vec{A}$$

Vektorfeld: $\vec{v} = (-1, 0, -1)$ $\rightarrow v_{\perp} = ?$

gesucht: Fluss durch Quadrat mit Kantenlänge a .

$$\Phi = \iint_{??} \dots$$



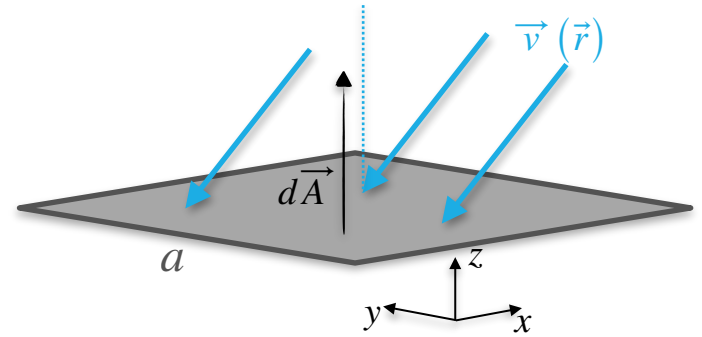
Flächenintegral quadratische Platte

$$\Phi = \int_A \vec{v}(\vec{r}) \cdot d\vec{A}$$

Vektorfeld: $\vec{v} = (-1, 0, -1) \rightarrow v_{\perp} = -1$

gesucht: Fluss durch Quadrat mit Kantenlänge a .

$$\Phi = \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} \int_{-\frac{a}{2}}^{\frac{a}{2}} v_{\perp} \cdot dx dy = -a^2$$



**Wo seht ihr auf der folgenden Folie
Parallelen zum Stromfluss?**

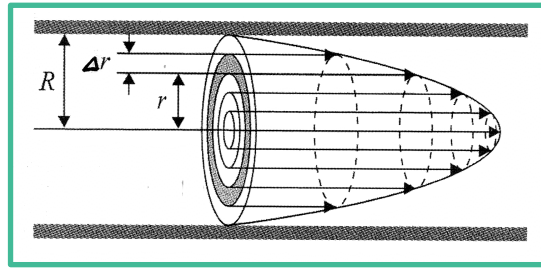
Begriffe

I_V : Volumenstrom (Volumen pro Zeit)

Δp : Druckabfall

\tilde{R} : Strömungswiderstand

η : Viskosität, Zähigkeit des Fluids



Geschwindigkeit im Rohr

radial $v(r) = \frac{\Delta p}{4\eta l} (R^2 - r^2)$

Durchschnitt $\bar{v} = \frac{I_V}{A}$

Strömung im Rohr

Hagen-Poiseuille

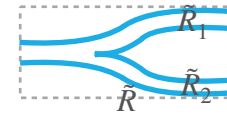
*Volumenstrom hängt von
Rohrdurchmesser ab*

$$I_V = \frac{\Delta p}{\tilde{R}} \quad \text{mit} \quad \tilde{R} = \frac{8\eta l}{\pi R^4}$$

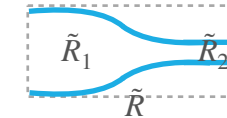
Benötigte Leistung

$$P = I_V \cdot \Delta p$$

Kombination von Strömungswiderständen



parallel $\frac{1}{\tilde{R}} = \frac{1}{\tilde{R}_1} + \frac{1}{\tilde{R}_2}$



in Serie $\tilde{R} = \tilde{R}_1 + \tilde{R}_2$

Frage zu Serien- und Parallelschaltung

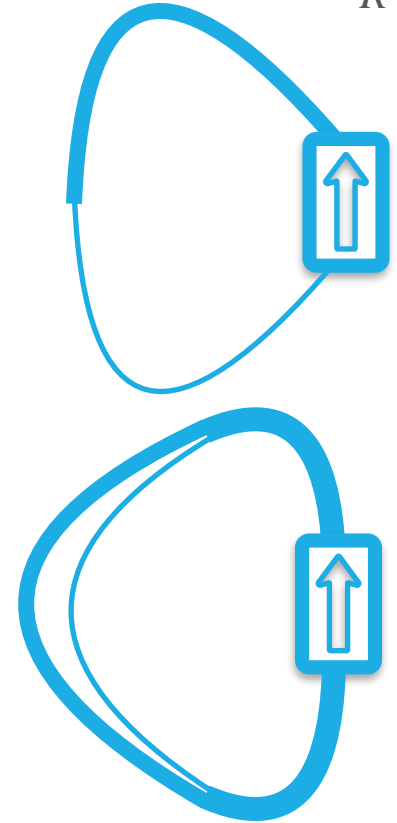
$$I_V = \frac{\Delta p}{\tilde{R}}$$

Eine Pumpe wird an zwei Schläuche der gleichen Länge angeschlossen, um Wasser im Kreis zu pumpen. Einer der Schläuche hat einen grösseren Innenradius als der andere.

Die Pumpe pumpt immer konstant 10 Liter pro Sekunde durch das System.

Welche Aussagen stimmen?

- A) Der Ersatzwiderstand ist kleiner für eine Serienschaltung als für eine Parallelschaltung der Schläuche
- B) Bei einer Parallelschaltung muss die Pumpe eine grössere Leistung aufbringen.
- C) Wenn die Schläuche in Serie geschaltet werden, ist der Druckabfall am System grösser.
- D) Würde die Pumpe nicht den Volumenstrom, sondern den Druckabfall fixieren, wäre die benötigte Leistung für beide Systeme gleich gross.



Frage zu Serien- und Parallelschaltung

$$I_V = \frac{\Delta p}{\tilde{R}}$$


Eine Pumpe wird an zwei Schläuche der gleichen Länge angeschlossen, um Wasser im Kreis zu pumpen. Einer der Schläuche hat einen grösseren Innenradius als der andere.

Die Pumpe pumpt immer konstant 10 Liter pro Sekunde durch das System.

Welche Aussagen stimmen?

A) Der Ersatzwiderstand ist kleiner für eine Serienschaltung als für eine Parallelschaltung der Schläuche

B) Bei einer Parallelschaltung muss die Pumpe eine grössere Leistung aufbringen.

 Wenn die Schläuche in Serie geschaltet werden, ist der Druckabfall am System grösser.

D) Würde die Pumpe nicht den Volumenstrom, sondern den Druckabfall fixieren, wäre die benötigte Leistung für beide Systeme gleich gross.

Er ist grösser für die Serienschaltung. Macht Sinn, weil das Wasser durchs Nadelöhr muss.

Kleinere Leistung, da Widerstand kleiner und $P = \Delta p \cdot I_V = \tilde{R} I_V^2$

nein, dann gilt $P = \Delta p \cdot I_V = \Delta p^2 / \tilde{R}$

Puzzle zu Strömungswiderständen

Rechts sind vier Rohrsysteme mit abgebildet. Rohrabschnitte mit identischem Strömungswiderstand \tilde{R} sind parallel und in Serie verbunden.

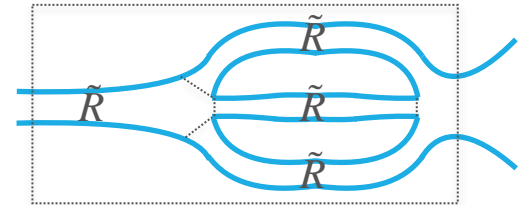
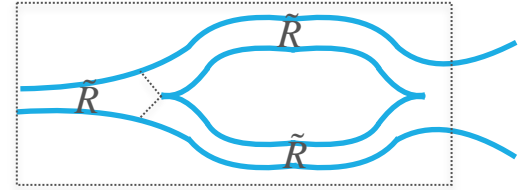
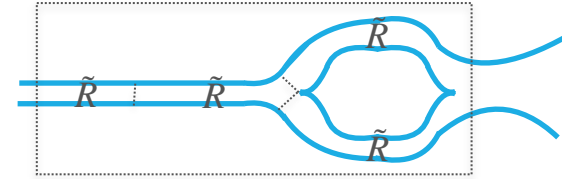
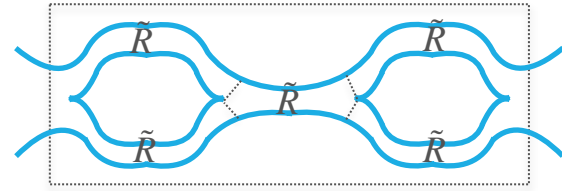
Welche der folgenden Strömungswiderstände beschreiben jeweils die kompletten Systeme?

$$\tilde{R}_{\text{tot}} = \frac{4}{3} \cdot \tilde{R}$$

$$\tilde{R}_{\text{tot}} = \frac{5}{2} \cdot \tilde{R}$$

$$\tilde{R}_{\text{tot}} = \frac{3}{2} \cdot \tilde{R}$$

$$\tilde{R}_{\text{tot}} = 2 \cdot \tilde{R}$$

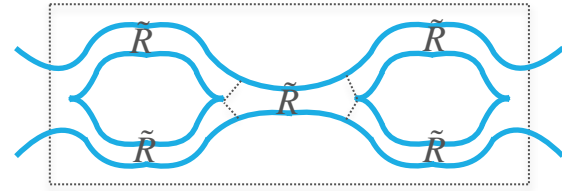


Puzzle zu Strömungswiderständen

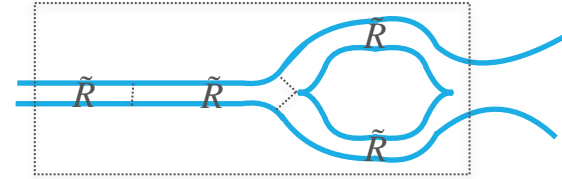
Rechts sind vier Rohrsysteme mit abgebildet. Rohrabschnitte mit identischem Strömungswiderstand \tilde{R} sind parallel und in Serie verbunden.

Welche der folgenden Strömungswiderstände beschreiben jeweils die kompletten Systeme?

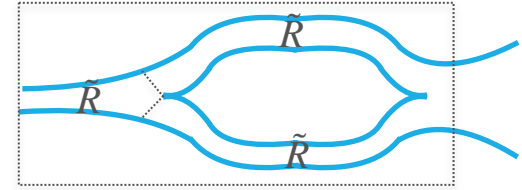
$$\tilde{R}_{\text{tot}} = 2 \cdot \tilde{R}$$



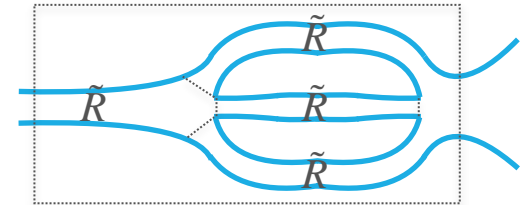
$$\tilde{R}_{\text{tot}} = \frac{5}{2} \cdot \tilde{R}$$



$$\tilde{R}_{\text{tot}} = \frac{3}{2} \cdot \tilde{R}$$



$$\tilde{R}_{\text{tot}} = \frac{4}{3} \cdot \tilde{R}$$

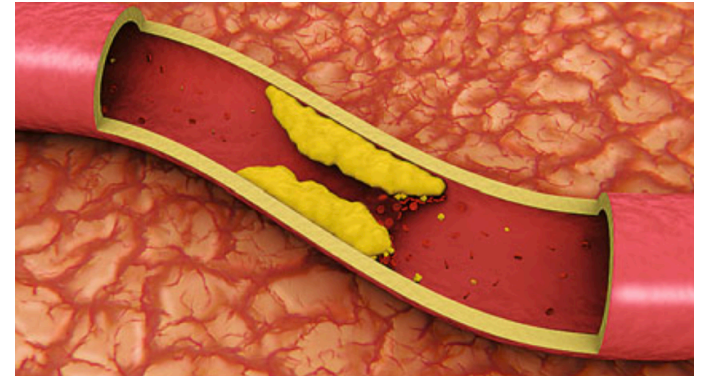


Druckabfall in Arterie

$$I_V = \frac{\Delta p}{8\eta l} \pi R^4$$

Aufgrund von Arteriosklerose hat sich der Abschnitt einer Arterie so weit verengt, dass sich der Druckabfall in dem Abschnitt bei gleichem Volumenstrom verdoppelt hat.

Um wieviel Prozent hat sich der Innenradius im Mittel verkleinert?



Druckabfall in Arterie

$$I_V = \frac{\Delta p}{8\eta l} \pi R^4$$

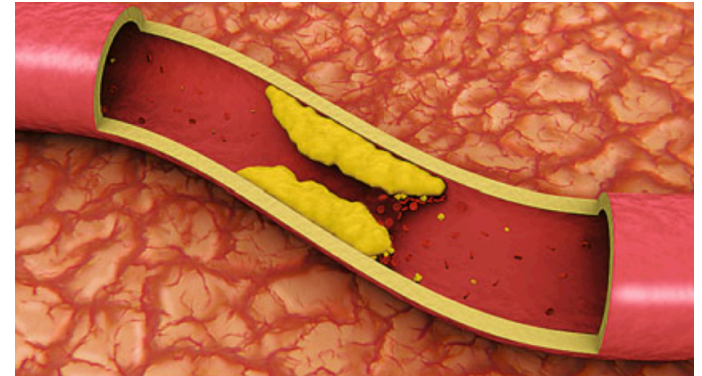
Aufgrund von Arteriosklerose hat sich der Abschnitt einer Arterie so weit verengt, dass sich der Druckabfall in dem Abschnitt bei gleichem Volumenstrom verdoppelt hat.

Um wieviel Prozent hat sich der Innenradius im Mittel verkleinert?

$$\Delta p' \cdot R'^4 = \Delta p \cdot R^4$$

$$2\Delta p \cdot R'^4 = \Delta p \cdot R^4$$

$$R' = \frac{R}{\sqrt[4]{2}} = 0.84 \cdot R$$



Der Radius hat um 16% abgenommen.

Intro - Frage



Eine Wasserleitung verzweigt sich in zwei Rohre, die anschliessend wieder zusammenfliessen. Die beiden Rohre sind gleich lang, aber eines hat den doppelten Innenradius des anderen. Wir nehmen laminare Strömung mit konstantem Volumenstrom an.

Welche Aussagen stimmen?

- A) In beiden Rohren ist der Druckabfall gleich gross.
- B) Pro Sekunde fliesst durch das breitere Rohr doppelt so viel Wasser wie durch das schmalere Rohr.
- C) Die nötige Leistung, um Wasser durch die Leitung zu pumpen, wäre geringer, wenn das schmalere Rohr entfernt würde.

Intro - Frage



Eine Wasserleitung verzweigt sich in zwei Rohre, die anschliessend wieder zusammenfliessen. Die beiden Rohre sind gleich lang, aber eines hat den doppelten Innenradius des anderen. Wir nehmen laminare Strömung mit konstantem Volumenstrom an.
Welche Aussagen stimmen?



In beiden Rohren ist der Druckabfall gleich gross.

$$I_V = \frac{\Delta p}{\tilde{R}}$$

B) Pro Sekunde fliesst durch das breitere Rohr doppelt so viel Wasser wie durch das schmalere Rohr.

Es fliesst sogar 16 mal so viel Wasser! $\tilde{R} \sim \frac{1}{R^4}$

C) Die nötige Leistung, um Wasser durch die Leitung zu pumpen, wäre geringer, wenn das schmalere Rohr entfernt würde.

Dann würde der Strömungswiderstand grösser!