

Fakultät V
Verkehrs- und
Maschinensysteme

Institut für Strömungs-
mechanik und Technische
Akustik

Fachgebiet
Fluidsystemdynamik -
Strömungstechnik in
Maschinen und Anlagen

Prof. Dr. - Ing. P. U.
Thamsen

Prüfungsvorbereitung

Strömungslehre Grundlagen

SoSe 18

Hinweis:

Der vorliegende Fragenkatalog dient als Hilfsmittel zur Vorbereitung der Prüfung. Die Fragen orientieren sich an den jeweiligen Vorlesungen und Übungen und können mit Hilfe der Übungs- und Vorlesungsmitschriften beantwortet werden. Es besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit und auf Übereinstimmung der Fragen mit den in der Klausur gestellten Fragen.

Inhaltsverzeichnis

1. Hydrostatik.....	3
2. Kinematik der Fluide	8
3. Stromfadentheorie reibungsfreie Fluide.....	10
4. Impuls- und drallsatz.....	17
5. Gasdynamik	19
6. Navier-Stokes-Bewegungsgleichung	21
7. Potentialströmungen.....	23
8. Wirbelströmungen	24
9. Grenzschichtströmungen.....	26
10. Turbulente Strömungen inkompressibler Fluide.....	29
11. Strömung inkompressibler Fluide in Rohrleitungen	30
12. Umströmung von Körpern	33

Fragenkatalog

1. Hydrostatik

Aufgabe: 1

Erklären Sie bitte kurz das Funktionsprinzip des kartesischen Tauchers.
Ergänzen Sie Ihre Ausführungen bitte mit Hilfe einer Skizze. Welche Kräfte wirken auf einen voll getauchten Körper?

Aufgabe: 2

Skizzieren Sie bitte vergleichend die Druckverläufe $p(z)$ von Trinkwasser und Salzwasser (beide in Ruhe) in einem Diagramm und begründen Sie die gezeichneten Verläufe.

Aufgabe: 3

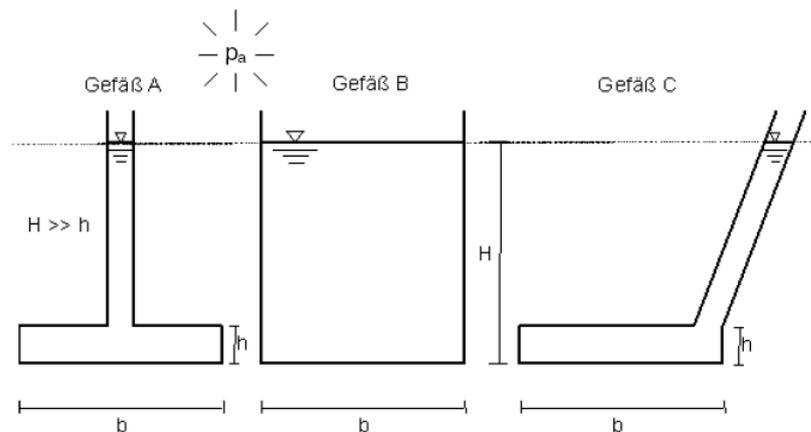
Wie ist der Druck allgemein definiert? Nennen Sie bitte zwei Einheiten und ihre Umrechnung. Begründen und skizzieren Sie bitte den Druckverlauf in einer ruhenden Flüssigkeit mit konstanter Dichte über die Tiefe.

Aufgabe: 4

Zwei gleichgroße Eimer sind randvoll mit Wasser gefüllt. In einem Eimer schwimmt ein Holzklotz. Welcher Eimer ist schwerer?
Bitte begründen Sie ihre Aussage.
Wie berechnet sich die Auftriebskraft eines voll getauchten Körpers?

Aufgabe: 5

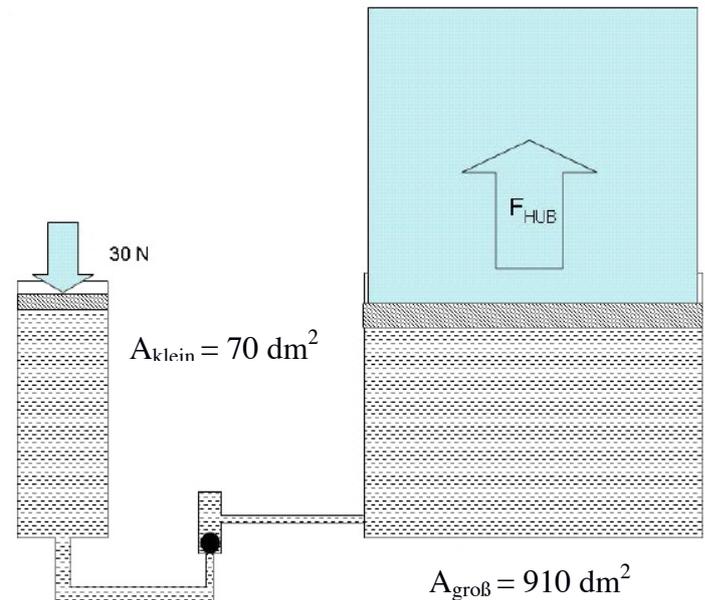
In welchem Gefäß herrscht die größte Bodendruckkraft bei gleicher quadratischer Grundfläche (alle drei Gefäße sind mit Wasser gefüllt)? Begründen Sie Ihre Aussage.



Aufgabe: 6

Am skizzierten System wird eine Kraft von 30 N auf den kleineren Kolben aufgebracht.

Wie groß ist die Hubkraft F_{HUB} am großen Kolben?

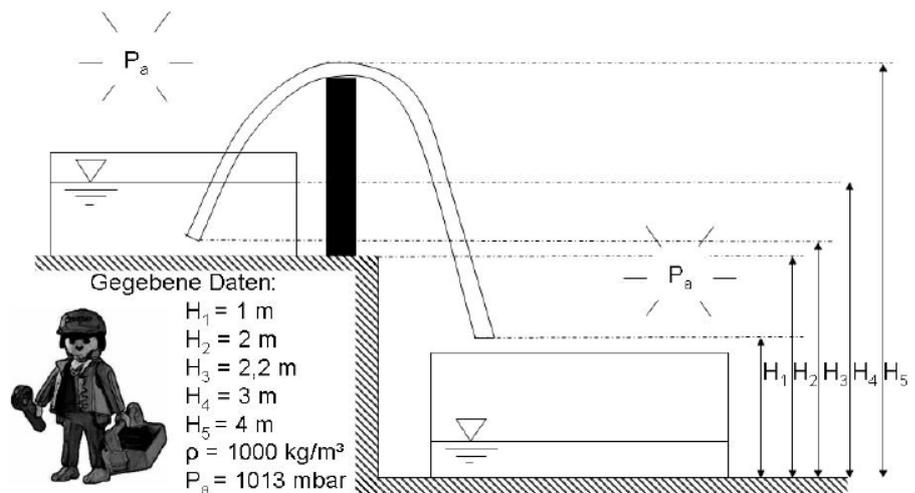


Aufgabe: 7

Bob der Baumeister hat folgende Aufgabe zu lösen.

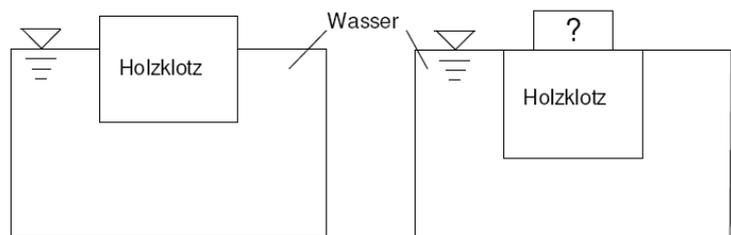
Er soll das obere, mit Wasser gefüllte, Becken entleeren und das Wasser ins untere Becken umfüllen. Als Hilfsmittel hat er lediglich einen Schlauch. Er möchte dazu das Wasser ansaugen. Welchen Druck muss er bei gegebenen Daten am unteren Schlauchende erzeugen, um das Wasser von oben, über die Mauer hinweg, in das untere Becken zu fördern?

Hinweis: Der Einfluss der eingeschlossenen Luft sowie die Reibung sind zu vernachlässigen.



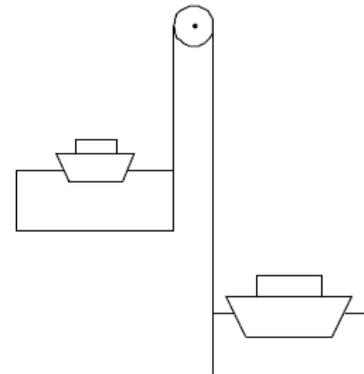
Aufgabe: 8

Ein Holzklotz mit einem Volumen von 1 dm^3 wiegt 800 g und schwimmt in Wasser (Skizze links). Mit welchem Gewicht muss der Holzklotz beschwert werden, damit er im Schwebезustand vollständig unter die Wasseroberfläche taucht?



Aufgabe: 9

Die Skizze zeigt das Funktionsprinzip eines Schiffshebewerks. Der obere und der untere Trog fassen das gleiche Volumen bei gleichem Wasserstand. Es sollen zwei Schiffe mit unterschiedlichem Gewicht gehoben bzw. gesenkt werden. Muss mehr Kraft aufgewendet werden, um größere Schiffe zu heben? Begründen Sie bitte Ihre Antwort.



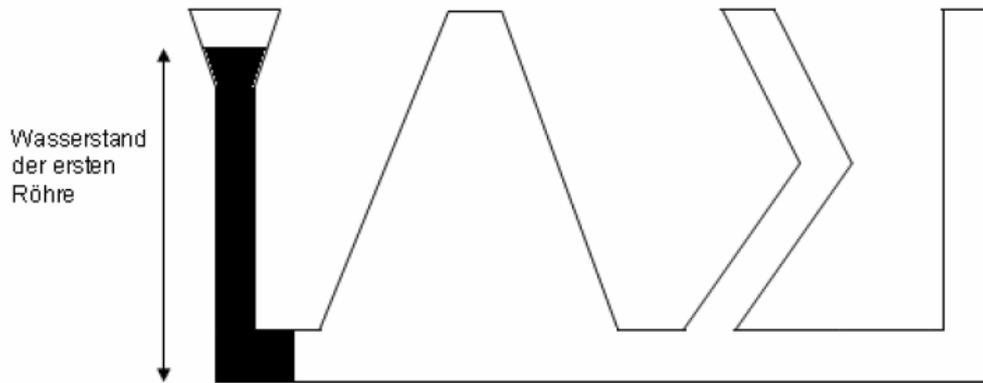
Aufgabe: 10

Mit welcher Formel können Sie bei einer Bergwanderung den Luftdruck bestimmen? Nehmen Sie an, dass es sich um ein barometrisches Fluid handelt und dass die Temperatur konstant bleibt. Berechnen Sie den in einer Höhe von 1500 m über NN herrschenden Luftdruck.

Spezifische Gaskonstante	R_{Luft}	=	$287,04 \text{ Nmkg}^{-1}\text{K}^{-1}$
Konstante Temperatur	T	=	15°C
Umgebungsdruck auf NN	p_0	=	1013 mbar

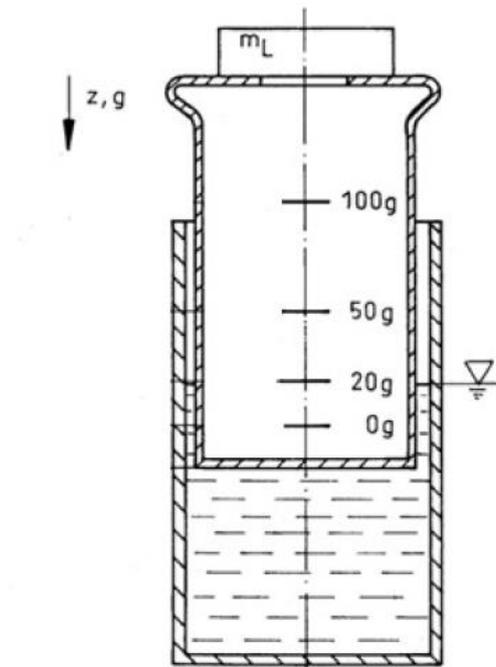
Aufgabe: 11

Zeichnen Sie den Wasserspiegel in den verbleibenden drei Teilgefäßen ein.
Bitte begründen Sie kurz Ihre Antwort!



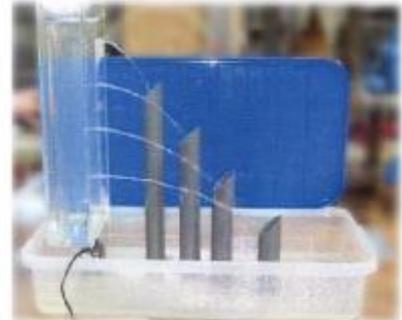
Aufgabe: 12

Bitte erläutern Sie das Funktionsprinzip
der Briefwaage (Stichpunkte)!



Aufgabe: 13

Beschreiben Sie bitte den im Bild dargestellten Versuch. Was soll mittels des Versuchs verdeutlicht werden? Bitte geben Sie die dazugehörige Formel an.



Aufgabe: 14

In einem Experiment versinkt ein Hühnerei in einem mit Wasser befüllten Glas. Was passiert, wenn Salz in dem Wasser aufgelöst wird (Massenanteil Salz 30%) und das Ei erneut hineingegeben wird? Bitte begründen Sie ihre Antwort.

2. Kinematik der Fluide

Aufgabe: 1

Nennen Sie bitte ein Bauteil, in dem eine Strömung konvektiv beschleunigt wird und geben Sie außerdem die dazugehörige Formel an.

Aufgabe: 2

Beschreiben Sie bitte die Begriffe Bahnlinie, Stromlinie und Streichlinie.

Aufgabe: 3

Bitte nennen Sie die zwei klassischen Darstellungen im Koordinatensystem (x, y, z) , derer man sich zur Beschreibung der Bewegung eines Fluids bedient und geben Sie bitte den wesentlichen Unterschied an.

Aufgabe: 4

Aus welchen Beschleunigungen setzt sich die substantielle Beschleunigung zusammen? Geben Sie bitte jeweils die Formel an und erläutern Sie deren Bedeutung.

Aufgabe: 5

Was stellt die Kontinuitätsgleichung dar und durch welchen Ansatz lässt sie sich herleiten?

3. Stromfadentheorie reibungsfreier Fluide

Aufgabe: 1

Wie ist ein Stromfaden definiert (verbale Beschreibung)?
Können sich Druck und Geschwindigkeit längs eines Stromfadens ändern?

Aufgabe: 2

Auf welche physikalischen Grundgesetze lassen sich die Bernoulli- bzw. die Kontinuitätsgleichung zurückführen?

Aufgabe: 3

In einem Windkanalexperiment treten in der Luftströmung um den Körper sehr niedrige Drücke auf. Ist der Versuchsstand kavitationsgefährdet? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.

Aufgabe: 4

Legen Sie bitte die Austrittsquerschnittsfläche der Düse einer Belüftungsanlage aus. Die Austrittsgeschwindigkeit soll 20 m/s, der Massenstrom 1,2 kg/s und die Dichte der Luft $1,25 \text{ kg/m}^3$ betragen.

Aufgabe: 5

Wie ist Kavitation definiert? Erklären Sie bitte den Vorgang der Kavitation am Beispiel des Fallrohres. Welche schädlichen Auswirkungen hat Kavitation? In welchen Maschinen oder Anlagen kann Kavitation auftreten (2 Beispiele) ?

Aufgabe: 6

Nennen Sie die allgemeine Kontinuitätsgleichung für den Stromfaden (Formel).

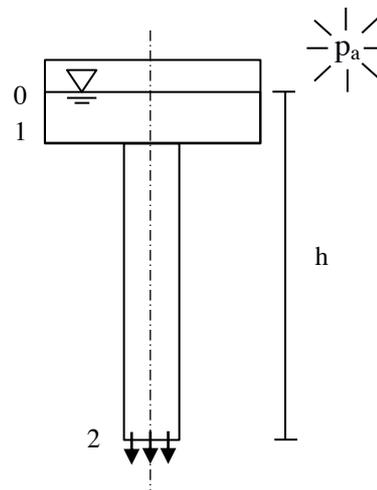
Aufgabe: 7

Wie ist die Stromröhre definiert? Was gilt für den Massenstrom?

Aufgabe: 8

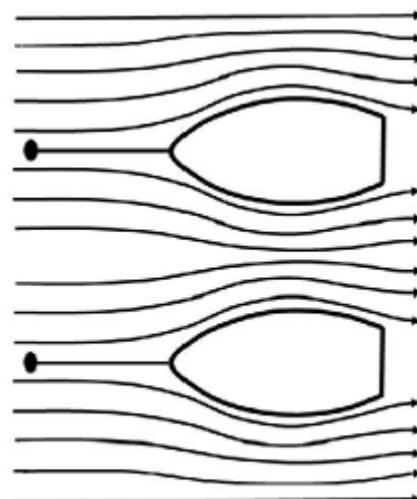
Skizzieren Sie bitte den Druck- und Geschwindigkeitsverlauf eines Fallrohres entlang der Mittellinie. Welche Stelle ist kavitationsgefährdet? Bitte begründen Sie Ihre Aussage. Wie groß ist die Geschwindigkeit an der Stelle 2?

Annahme: Konstante Füllhöhe des Behälters
Hinweis: Der Behälter ist oben offen.



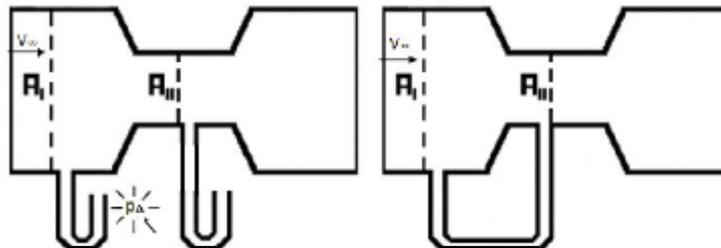
Aufgabe: 9

Zwei Boote ankern nebeneinander in starker Strömung. Werden sich die Boote zueinander hin bewegen oder werden sie durch die starke Strömung auseinander gedrückt? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.



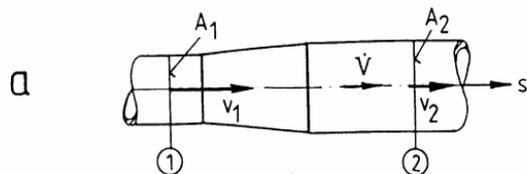
Aufgabe: 10

Die 3 U-Rohr-Manometer sind mit Wasser gefüllt und befinden sich zur Druckmessung an zwei verschiedenen mit Luft durchströmten Venturirohren. Zeichnen Sie bitte den Wasserstand in den U-Rohr-Manometern ein. Begründen Sie bitte Ihre Antwort!

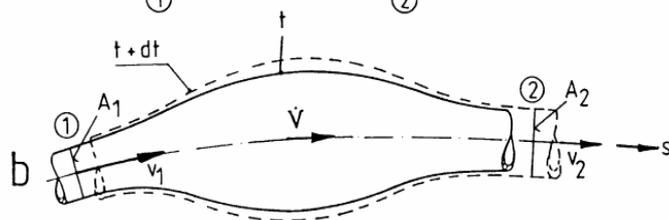


Aufgabe: 11

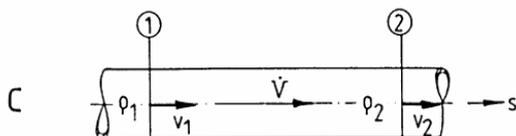
Bitte geben Sie die allgemeine Kontinuitätsgleichung für den Stromfaden an und stellen Sie zusätzlich die jeweils angepassten Kontinuitätsgleichungen für die drei skizzierten Sonderfälle auf. Welche Annahmen bezüglich Dichte ρ , Geschwindigkeit v und Querschnittsfläche A werden jeweils getroffen?



Inkompressible Strömung



Pulsierende, inkompressible Strömung

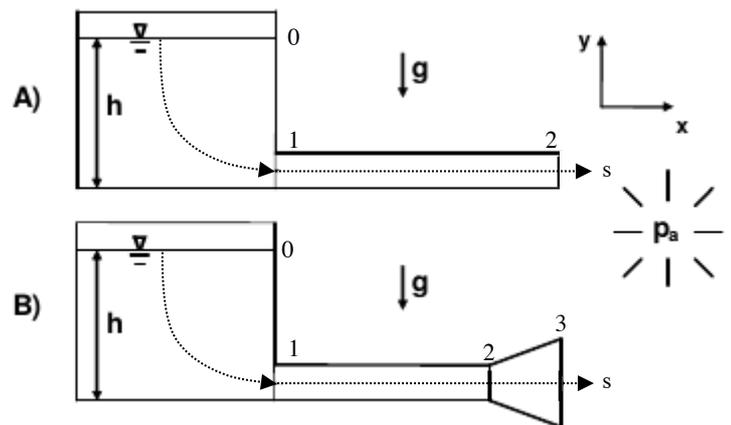


Kompressible, instationäre

Aufgabe: 12

Die Skizze zeigt zwei Systeme (reibungsfreie, stationäre Durchströmung mit konstantem Wasserspiegel) mit horizontalem zylindrischen Ausfluss (Fall A) und horizontalem Ausfluss mit Diffusor (Fall B)

- Wie hoch ist die Ausflussgeschwindigkeit in den Fällen A und B?
- Skizzieren Sie bitte in beiden Fällen qualitativ die Druck- und Geschwindigkeitsverläufe in Richtung des Stromfadens (s).
- In welchem System tritt eher Kavitation auf? Begründen Sie Ihre Antwort



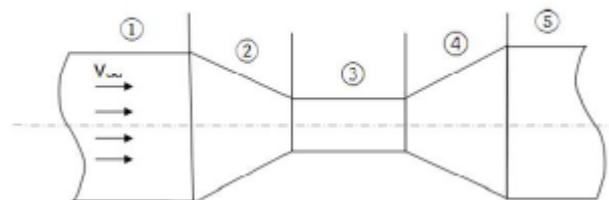
Aufgabe: 13

- In welchen Bereichen (1, 2, 3, 4 oder 5) der Venturidüse herrscht
- der höchste Druck?
 - die höchste Geschwindigkeit?

Bitte begründen Sie Ihre Aussage!

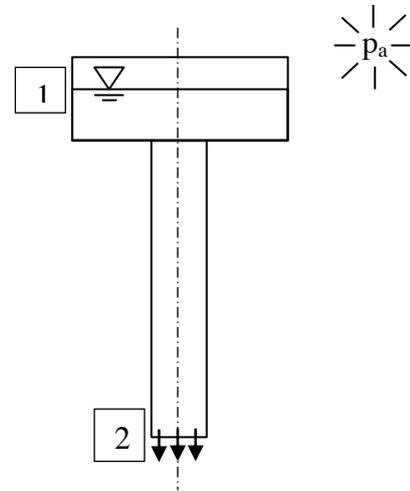
Annahme: stationäre Strömung, inkompressibles Fluid, reibungsfrei,
Durchmesser Stelle 1 = Durchmesser Stelle 5

Würde sich etwas verändern, wenn die Strömung nicht reibungsfrei wäre?



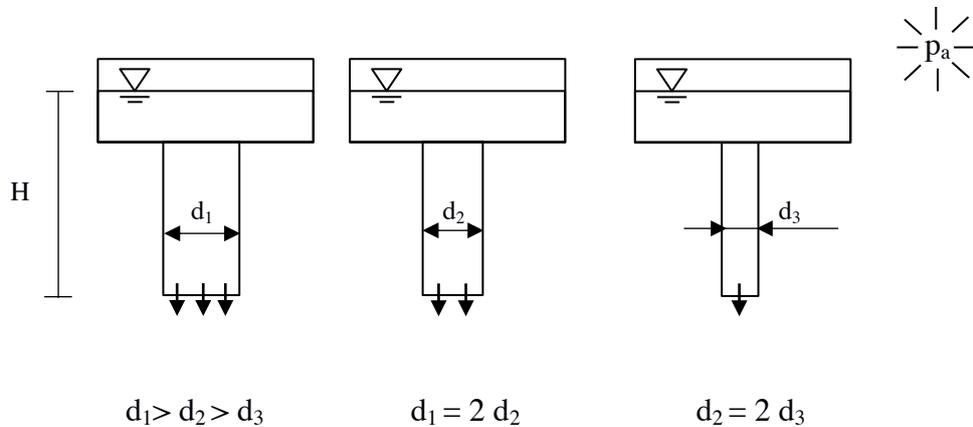
Aufgabe: 14

Leiten Sie bitte aus der Bernoulli-Gleichung für den Stromfaden (reibungsfrei) die Ausflussgeschwindigkeit nach Torricelli her. Geben Sie bitte alle getroffenen Annahmen an!



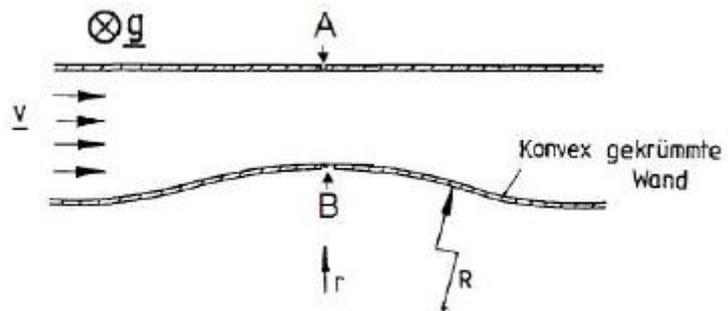
Aufgabe: 15

Welches der drei abgebildeten Fallrohre hat bei reibungsfreier Betrachtung die höchste Ausflussgeschwindigkeit? Wie unterscheiden sich die Volumenströme? Begründen Sie ihre Überlegungen (Formeln)!



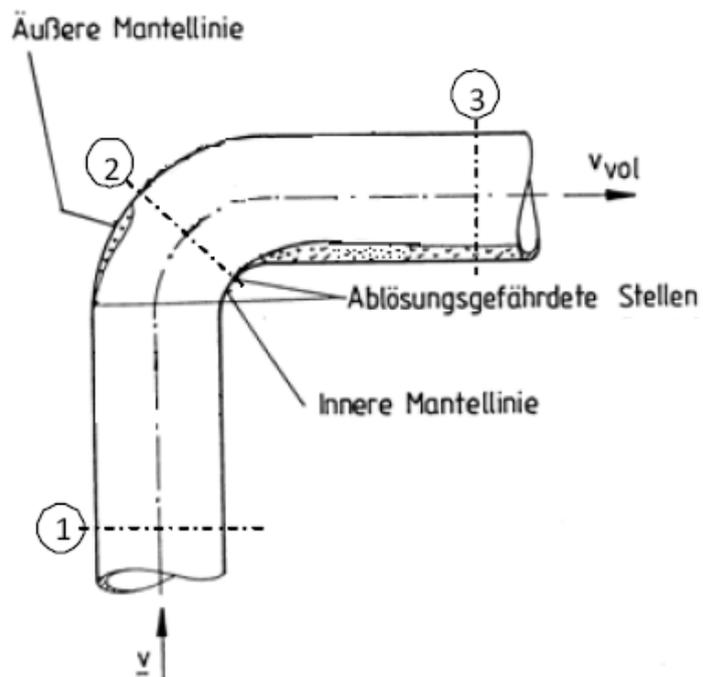
Aufgabe: 16

Bitte zeichnen Sie den Druckverlauf zwischen den Stellen A und B für das Rohr mit konvex gekrümmter Wand ein. Geben Sie die Gleichung an, welche die Druckverteilung zwischen den Stellen A und B beschreibt! Wie heißt diese Gleichung?



Aufgabe: 17

Zeichnen Sie bitte den Druckverlauf über den Rohrkrümmer an die Stellen 1, 2 und 3 ein. Bitte erklären Sie ausführlich, wie die dargestellten Ablösungen entstehen.



Aufgabe: 18

Wo sammeln sich nach dem Umrühren eines mit einigen Teeblättern versehenen Tees die Teeblätter (am Rand oder in der Mitte des Bodens)?

Mit welcher Formel lässt sich dies begründen?

Zeichnen und erklären Sie bitte das Phänomen mit Hilfe von drei Skizzen.

4. Impuls- und Drallsatz

Aufgabe: 1

Warum kann man mit einem zusammengequetschten Wasserschlauch weiter spritzen als mit einem offenen? Begründen Sie bitte mit geeigneten Formeln.

Aufgabe: 2

Wie ist der Impuls für den Stromfaden definiert? Bitte benennen Sie die Variablen.

Aufgabe: 3

Erklären Sie bitte das Funktionsprinzip der Wasserrakete! Unterstützen Sie ihre Erklärung bitte mit einer Skizze!

Aufgabe: 4

Wie lautet die allgemeine Gleichung für die Reaktionswandkraft bei verzweigtem Ein- u. Austritt (instationärer Fall)? Bitte benennen Sie die einzelnen Kräfte.

Aufgabe: 5

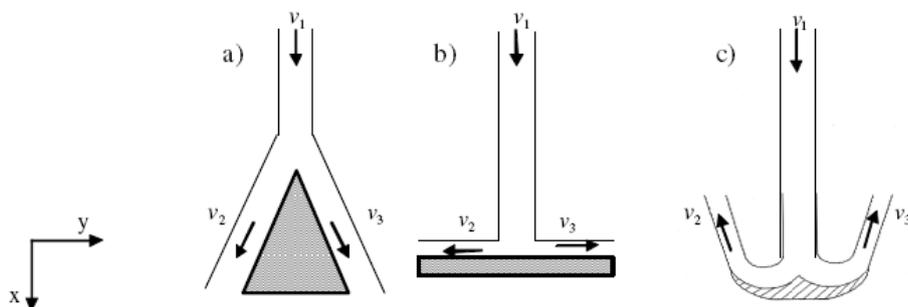
Bitte erklären Sie in Stichpunkten das Funktionsprinzip des Raketenautos.
Welche Wirkung hat hierbei die Kompressibilität des Gases?

Aufgabe: 6

Ein Freistrahл trifft auf 3 verschiedene Geometrien und wird, wie in den Abbildungen a) - c) gezeigt, umgelenkt. Kennzeichnen Sie bitte den Fall bei dem:

- 1) die kleinste
- 2) die größte

Reaktionswandkraft in x-Richtung auftritt und begründen Sie bitte kurz ihre Aussage.



5. Gasdynamik

Aufgabe: 1

Wie ist die Bernoulligleichung für die Gasdynamik definiert?

Aufgabe: 2

Bei welchen Strömungsgeschwindigkeiten treten Dopplereffekte auf? Nennen Sie bitte zwei Beispiele für das Auftreten des Dopplereffekts.

Aufgabe: 3

Nennen sie bitte vier Größen, die die Schallgeschwindigkeit eines Fluids beeinflussen. Nennen Sie bitte die Größenordnung der Schallgeschwindigkeit folgender Stoffe:

- a) Luft
- b) Wasser
- c) Stahl

Aufgabe: 4

Charakterisieren Sie die Strömungsgeschwindigkeitsbereiche (a-d) mit Hilfe der Machzahl und skizzieren Sie dementsprechend die zugehörige Schallausbreitung, ausgehend von einer Störquelle:

- a) Ruhefall
- b) Unterschall-Strömung
- c) schallnahe Strömung
- d) Überschall-Strömung

Aufgabe: 5

Wozu wird eine Lavaldüse verwendet? Bitte nennen Sie zwei technische Anwendungen.

Aufgabe: 6

Was beschreibt die Machzahl? Ordnen Sie bitte qualitativ den folgenden Strömungszuständen Machzahlen zu!

- a) Ruhendes Gas
- b) Überschallströmung

Aufgabe: 7

Mithilfe welcher Bauelemente lassen sich eine:

- a) Unterschall
- b) Überschallströmung

beschleunigen?

Wie lässt sich dieser Sachverhalt begründen?

Aufgabe: 8

Bitte geben Sie qualitativ die Veränderungen der Größen Machzahl Ma , Druck p und Temperatur T bei einem Verdichtungsstoß eines kompressiblen Fluids an. Welche Ruhegröße bleibt über den Verdichtungsstoß konstant?

Aufgabe: 9

Bitte skizzieren Sie eine Lavaldüse und geben Sie zu jedem Bereich qualitativ die Machzahl im Auslegungsfall an. Was passiert, wenn das kritische Druckverhältnis nicht erreicht wird? Bitte geben Sie das kritische Druckverhältnis an. (Zahlenwert!)

Aufgabe: 10

Wozu wird eine Lavaldüse verwendet? Bitte nennen Sie zwei technische Anwendungen.

Aufgabe: 11

Bitte skizzieren Sie die Druckverläufe über die Länge x einer Lavaldüse in ein Diagramm. Beginnen Sie bitte, ausgehend vom Totaldruck p_0 für:

- a) Eine kritisch durchströmte Konfiguration im Auslegungsfall
- b) Eine unterkritisch durchströmte Konfiguration

Wie wird das Bauteil für b) auch genannt?

Bitte geben Sie zudem das kritische Druckverhältnis p/p_0 zahlenmäßig an.

6. Navier-Stokes-Bewegungsgleichung

Aufgabe: 1

Leiten Sie bitte aus der Navier-Stokes-Gleichung die Euler-Grundgleichung der Hydrostatik her.

Welche Annahmen müssen Sie treffen?

Aufgabe: 2

Wie ist der Newton-Schubspannungsansatz definiert? Bitte benennen Sie die einzelnen Terme. Stellen Sie bitte die Temperaturabhängigkeit der kinematischen Viskosität für Gase und Flüssigkeiten grafisch dar und begründen Sie den Verlauf mittels der beteiligten dominanten Kräfte.



Aufgabe: 3

Nennen Sie bitte vier Gruppen, in die sich rein zähe Fluide einteilen lassen und geben Sie bitte je ein Beispiel. Stellen Sie bitte außerdem die dazugehörigen Verläufe der Schubspannung über den Geschwindigkeitsquergradienten dar!



Aufgabe: 4

Wie lautet die Navier-Stokes-Gleichung? Bitte benennen Sie die beteiligten Kräfte und ordnen Sie diese den einzelnen Gliedern der Gleichung zu.

Aufgabe: 5

Auf welchem Ansatz basiert die Herleitung der Navier-Stokes-Bewegungsgleichung?

Aufgabe: 6

Was ist der Weissenberg-Quelleffekt? Fertigen Sie bitte zwei Skizzen mit unterschiedlichen Methoden zur Darstellung des Weissenberg-Quelleffektes an.

Aufgabe: 7

Nennen Sie bitte zwei Methoden zur Messung der Viskosität.

7. Potentialströmungen

Aufgabe: 1

Wie lauten die Cauchy-Riemann-Differentialgleichungen?

Aufgabe: 2

Bitte geben Sie die Formel für die LAPLACE-Gleichung an! Was stellt diese für Potentialströmungen dar? Welcher Vorteil resultiert aus der LAPLACE-Gleichung für Potentialströmungen?

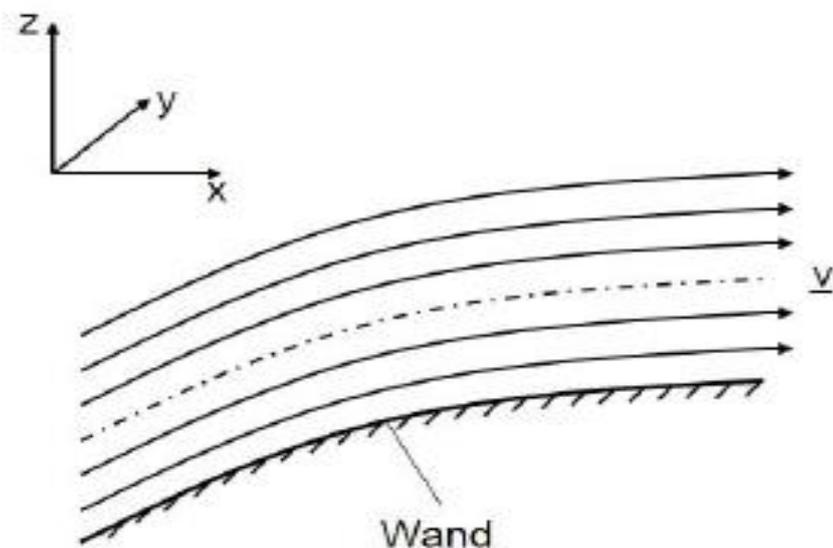
Aufgabe: 3

In dem untenstehenden Bild trifft ein Wasserstrahl auf eine Platte.
Bitte zeichnen Sie in das Bild die Strom- sowie die Äquipotentiallinien ein und beschriften Sie diese.



Aufgabe: 4

Bitte zeichnen Sie in das Bild die Bewegung der Fluidteilchen anhand von Streichhölzern ein. Die strichpunktierte Linie kennzeichnet hierbei den Übergang von wandnaher Strömung zur Außenströmung. Was gilt für die Wirbelstärkevektoren im wandnahen Bereich und was im Außenbereich?



8. Wirbelströmungen

Aufgabe: 1

Bitte nennen Sie drei Wirbelsätze. Geben Sie bitte jeweils die entsprechende Formel an. Was sagen die Wirbelsätze grundsätzlich aus?

Aufgabe: 2

In welche zwei Strömungsgebiete lässt sich ein Rankine-Wirbel unterteilen? Bitte skizzieren Sie die Geschwindigkeitsverteilung eines Rankine-Wirbels. Was gilt im äußeren Bereich für den Wirbelstärkevektor?

Aufgabe: 3

Geben Sie bitte die allgemeine Definition einer Wirbelröhre an. Was ist ein Wirbelfaden und was gilt in diesem?

Aufgabe: 4

Bitte geben Sie die Formel für den Wirbelsatz von Thomson an. Was sagt der Wirbelsatz von Thomson aus? Welche Voraussetzungen müssen für diesen Wirbelsatz gelten? Was lässt sich aus den Voraussetzungen für die Realität schließen?

Aufgabe: 5

Mit welchem mathematischen Modell eines Wirbels lässt sich das dargestellte Strömungsphänomen vereinfacht beschreiben?
Skizzieren Sie schematisch den Verlauf der Geschwindigkeit über den Radius des

Wirbels!



Quelle Bild:
URL:http://www.nasa.gov/images/content/201875main_ARMD_Vortex_xltn.jpg(25.3.13)
- eigene Bearbeitung

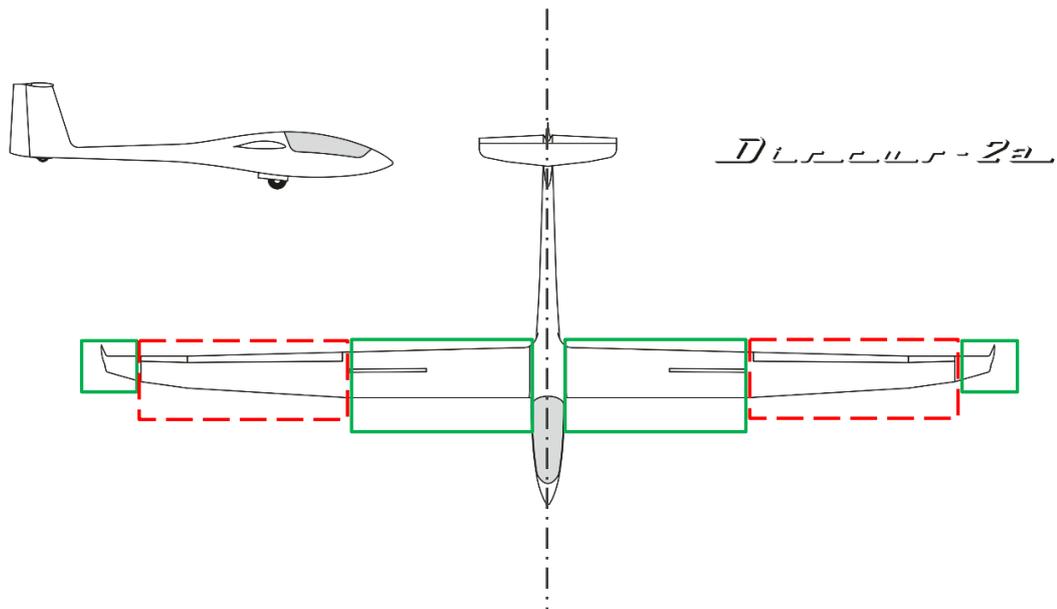
9. Grenzschichtströmungen

Aufgabe: 1

Skizzieren Sie bitte die laminare Grenzschicht an einer ebenen, unendlich dünner, längs angeströmter Platte, inklusive eines Geschwindigkeitsprofils. Wie lauten die Randbedingungen für die Grenzschicht?

Aufgabe: 2

An Laminarprofilen von Hochleistungssegelflugzeugen werden üblicherweise Maßnahmen zur Grenzschichtbeeinflussung getroffen. Benennen Sie die verschiedenen Arten der Grenzschichtbeeinflussung anhand der unterschiedlich gekennzeichneten Bereiche in der Draufsicht. Begründen Sie die lokale Sinnhaftigkeit der genannten Grenzschichtbeeinflussungen anhand ihrer Wirkungsweise am Tragflügel und nennen Sie für jede Art der Grenzschichtbeeinflussung je eine für ein Laminarprofil übliche Maßnahme.



Aufgabe: 3

Skizzieren Sie bitte den Grenzschichtverlauf eines umströmten Tragflügelprofils (mit Ablösung) und beschriften Sie dieses bitte vollständig einschließlich der charakteristischer Punkte. Zeichnen Sie bitte auch die signifikanten Geschwindigkeitsverläufe (4Stück) ein.
Nennen Sie bitte zwei Maßnahmen zur Grenzschichtbeeinflussung am Tragflügel.

Aufgabe: 4

Wie lautet die 1. Prandtl'sche Grenzschichtgleichung? Was ergibt sich aus der 1.Prandtl'schen Grenzschichtgleichung für die Messung des statischen Druckes?

Aufgabe: 5

Der Tragflügel eines Flugzeugs wird mit einer ungestörten Geschwindigkeit angeströmt. Berechnen Sie bitte die Grenzschichtdicke bei der Tiefe L . Schätzen Sie bitte die Impuls- und die Verdrängungsdicke mit Hilfe der empirischen Formeln ab. Der Tragflügel kann als ebene Platte angesehen werden.

Gegeben:

$$v_{\infty} = 25 \frac{m}{s}$$

$$L = 15 \text{ cm}$$

$$\nu = 15,1 \cdot 10^{-6} \frac{m^2}{s}$$

Aufgabe: 6

Eine ebene Platte wird von Luft umströmt. Dabei bildet sich wandnah eine Grenzschicht aus

- 1) Wie kommt es zu einer Grenzschichtausbildung?

- 2) Geben Sie die Geschwindigkeitsrandbedingungen in der Grenzschicht an.

- 3) Berechnen Sie bitte die Grenzschichtdicke am Ende der Platte.

Gegeben:

$$v_{\infty} = 12 \frac{m}{s}$$

$$L = 0,2 \text{ m}$$

$$\nu = 1,49 \cdot 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

- 4) Skizzieren Sie bitte die laminare Grenzschicht an einer ebenen Platte.

Aufgabe: 7

Geben Sie bitte die Grenzschichtdicke einer laminaren und einer turbulenten Grenzschichtströmung in Abhängigkeit der Reynolds-Zahl an!

Aufgabe: 8

Bitte definieren Sie die reale Grenzschichtdicke und nennen Sie zwei weitere Grenzschichtdicken.

10. Turbulente Strömungen inkompressibler Fluide

Aufgabe: 1

Skizzieren Sie bitte die zwei Fälle des Reynolds Farbfadenversuchs.
Was beschreibt die kritische Reynoldszahl? Das Verhältnis welcher Kräfte wird durch die Reynoldszahl wiedergegeben? Wie lautet der Zahlenwert für die kritische Reynoldszahl bei Rohrströmungen?

Aufgabe: 2

Bitte bestimmen Sie den Turbulenzgrad eines Windkanals bei den gegebenen Werten.
Wie groß ist der Turbulenzgrad bei isotroper Turbulenz (ausgehend von der x - Komponente)?

Gegebene Werte:

$$\bar{v} = 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\overline{v_x'^2} = 150 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \quad \overline{v_y'^2} = 75 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2} \quad \overline{v_z'^2} = 75 \frac{\text{m}^2}{\text{s}^2}$$

Aufgabe: 3

Nennen Sie bitte die zwei Anteile, in die sich Geschwindigkeit und Druck einer turbulenten Strömung zerlegen lassen.

Aufgabe: 4

Wie lassen sich Turbulenzgrade in Windkanälen reduzieren?

11. Strömung inkompressibler Fluide in Rohrleitungen

Aufgabe: 1

Tragen Sie bitte den Druckverlust über den Volumenstrom einer geraden Rohrleitung mit konstantem Durchmesser auf. Es handelt sich um eine laminare Rohrströmung! Begründen Sie bitte den Verlauf des Graphen unter Verwendung von Formeln und vereinfachen Sie so weit wie möglich.



Aufgabe: 2

Wie wird in der Bernoulli-Gleichung die Reibung berücksichtigt?

Aufgabe: 3

Bitte geben Sie die Formel für den Druckverlust in einem Rohrleitungssystem, bestehend aus geraden Rohrleitungen und Einbauteilen, an. Wie vereinfacht sich die Gleichung für den Druckverlust, wenn man von einer laminaren Strömung ausgeht?

Aufgabe: 4

Was wird unter hydraulisch glatt verstanden und was beschreibt die Konstanzgrenze im Moody-Diagramm?

Aufgabe: 5

Warum werden viele Messungen an Tragflügelmodellen in Wasserkanälen anstatt in Windkanälen durchgeführt? Welche Vorteile ergeben sich, begründen Sie bitte mit einer geeigneten Formel.

Aufgabe: 6

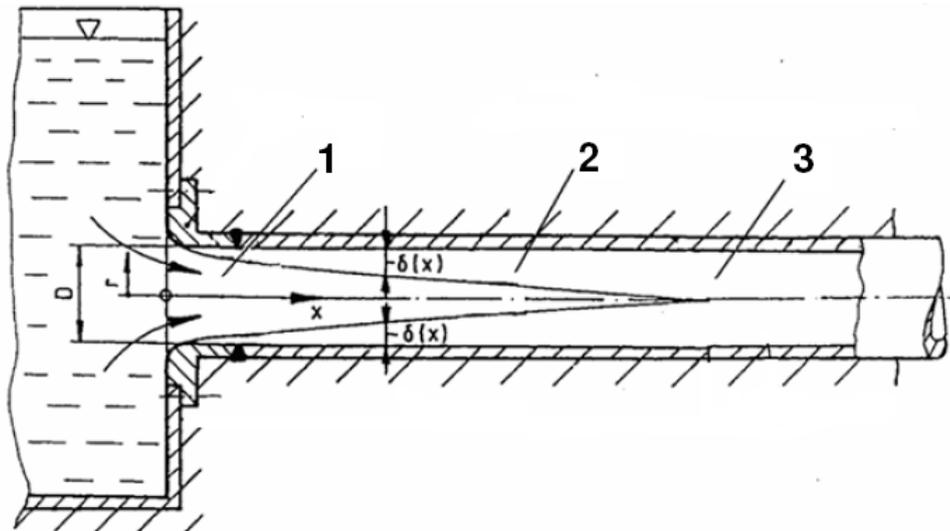
Beeinflusst die Wandrauigkeit den Druckverlust einer laminaren Rohrströmung? Wie verhält sich der Druckverlust in einer durchströmten Pipeline, wenn der Volumenstrom verdoppelt wird (die Strömung bleibt laminar)? Begründen Sie bitte Ihre Antworten mit Formeln (vereinfachen soweit es geht).

Aufgabe: 7

Begründen Sie bitte, warum ein höherer Druckverlust für eine Einlaufströmung aus einem Behälter in eine Rohrleitung berücksichtigt werden muss. Wie lang ist die Einlaufstrecke bis zum Erreichen der jeweiligen Strömungsform? Schätzen Sie die Größenordnung der zusätzlichen Druckverluste für laminare und turbulente Strömungsformen ab.

Aufgabe: 8

Skizzieren Sie bitte die Geschwindigkeitsprofile 1, 2, 3 einer Einlaufströmung. Vergleichen Sie bitte qualitativ die Verluste von Einlaufströmung und ausgebildeter laminarer bzw. ausgebildeter turbulenter Strömung.



Aufgabe: 9

Wie wird die Reibung in der Bernoulli-Gleichung beachtet?
Berechnen Sie den Druckverlust in einem Rohr mit den gegebenen Werten.

$$d_{Rohr} = 3,39 \cdot 10^{-3}$$

$$v_{vol} = 10 \text{ m/s}$$

$$L_{Rohr} = 6 \text{ m}$$

$$\frac{R_z}{d_{Rohr}} = 2 \cdot 10^{-3}$$

$$\nu = 1,13 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

12. Umströmung von Körpern

Aufgabe: 1

Ein Kreiszyylinder wird längsumströmt. Bitte stellen Sie den Verlauf des Widerstandskoeffizienten in Abhängigkeit des Verhältnisses von Länge L zu Durchmesser D (L/D) dar. Bei welchem Verhältnis L/D wird der Widerstandskoeffizient minimal? Bitte begründen Sie Ihre Antwort.



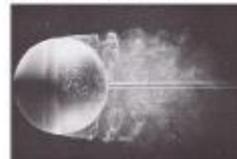
Aufgabe: 2

Welche Kugel hat bei gleicher Anströmgeschwindigkeit den geringeren Widerstandsbeiwert?

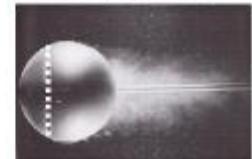
Begründen Sie bitte Ihre Antwort.

Was unterstützt der "Stolperdraht" (weiß gestrichelt im Bild B) ?

Kugelumströmung A)



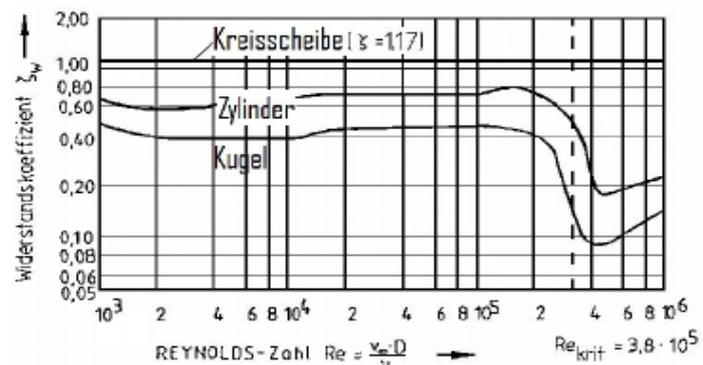
Kugelumströmung B)



Aufgabe: 3

Warum ist der Widerstandskoeffizient einer senkrecht angeströmten Scheibe ab einer $Re > 10^3$ praktisch konstant?

Begründen Sie bitte vergleichend die Verläufe des Widerstandskoeffizienten in Abhängigkeit von der Re für die Kreisscheibe, einen querangeströmten Zylinder und eine Kugel.



Aufgabe: 4

Zwei identische Tischtennisbälle werden mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten angeströmt (Medium: Luft). Berechnen Sie bitte die jeweilige Widerstandskraft und vergleichen Sie die Tischtennisbälle in Bezug auf den Widerstandsbeiwert und die berechnete Widerstandskraft.

Ball 1:

$$D_1 = 0,1 \text{ m}$$

$$Re = 2 \cdot 10^3$$

$$v_\infty = 30 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\rho = 1,188 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

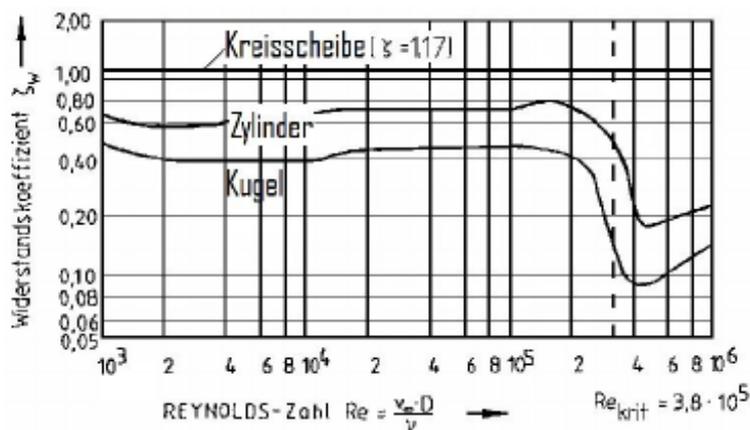
Ball 2:

$$D_2 = 0,1 \text{ m}$$

$$Re = 6 \cdot 10^5$$

$$v_\infty = 91 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\rho = 1,188 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$



Aufgabe: 5

Tragen Sie bitte die Widerstandskraft eines Körpers über die Anströmgeschwindigkeit (bei konstanten übrigen Parametern) auf und begründen Sie bitte den Verlauf des Graphen mit Hilfe einer Formel.



Aufgabe: 6

Erläutern Sie bitte, wie sich die Diskrepanz zwischen dem von Eiffel und dem von Prandtl gemessenen Kugelwiderstandsbeiwert erklärt. Unterstützen Sie ihre Erläuterungen bitte jeweils mit einer Skizze. Geben Sie bitte außerdem die verschiedenen Widerstandskoeffizienten und die Definitionsgleichung der Widerstandskraft an.

Aufgabe: 7

Wieso hat ein Golfball Dellen auf der Oberfläche? Was bewirken diese?

Aufgabe: 8

Wie setzt sich der Strömungswiderstand zusammen?

Aufgabe: 9

Vergleichen Sie bitte die Widerstandskoeffizienten von einem endlich langen und einem unendlich langen ($L/d \rightarrow \infty$) quer angeströmten Zylinder. Welcher besitzt den größten Widerstand und wieso?