

Druck als Zustandsgröße in der Sekundarstufe I

Rita Wodzinski

Universität Kassel

wodzinski@physik.uni-kassel.de

Lehrplan Hessen-Gymnasium

8. Klasse, G8: Von Druck und Auftrieb

(8 Stunden)

1. Erfahrungen mit Druck

Druck und Kraft, Stempeldruck, Schweredruck, Druck in Flüssigkeiten und Gasen, Hydraulik in der Technik, Blutdruck, Luftdruck

2. Auftrieb in Wasser und Luft

Auftrieb (hydrostatisch), Archimedisches Gesetz

Lehrplan Hessen-Realschule

10. Klasse: Druck (10 Stunden)

Auswirkungen des Schweredrucks des Wassers und der Luft kennen.

Verbindliche Unterrichtsinhalte/Aufgaben:

- Druck und Kräfte
Definition des Drucks, Druckeinheiten
- Druck und Gewichtskräfte
Schweredruck im Wasser und in der Luft, Druckmessungen
- Druck und Auftriebskräfte
Auftrieb, Archimedisches Prinzip, Schwimmen

Bayern, Profulfach NTG

8. Klasse: Druck

- Druck in Gasen Aufnahme meteorologischer Daten, Eigenschaften der Atmosphäre, Treibhauseffekt
- Druck in Flüssigkeiten
Auftrieb, Blutdruck, Tauchen, Schwimmblase bei Fischen, Hydraulik, U-Boot

Kerncurriculum Niedersachsen

10. Klasse: Energieübertragung in Kreisprozessen

Fachwissen:

Die Schülerinnen und Schüler...

- verfügen über eine anschauliche Vorstellung des Gasdrucks als Zustandsgröße und geben die Definitionsgleichung des Drucks an.
- verwenden für den Druck das Größesymbol p und die Einheit 1 Pa und geben typische Größenordnungen an.

Was ist Druck? - Schüleraussagen vor dem Unterricht

Druck ist ...

- die Kraft, die auf Gegenstände einwirkt.
- eine Kraft, die Gegenstände an die Seite drückt.
- eine Kraft, die etwas fortbewegt.
- eine Kraft, die auf etwas drückt.
- wenn eine Kraft auf eine andere Sache einwirkt.
- Das ist, wenn Kräfte sich gegen Gegenstände oder andere Kräfte drücken.
- ...

Was ist Druck? - Schüleraussagen vor dem Unterricht

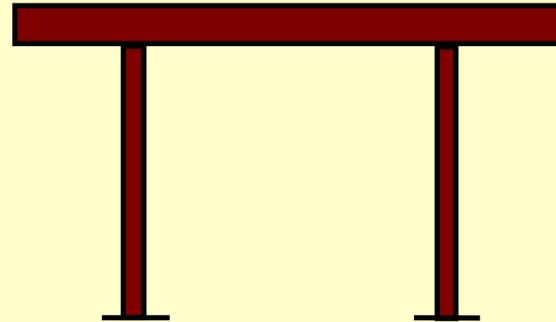
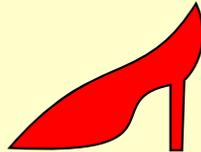
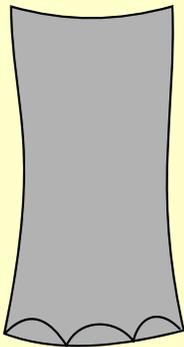
Druck ist Kraft / Druck ist, wenn Kraft ausgeübt wird

Anders gesagt:

- Druck beschreibt die Einwirkung auf einen Körper.
- Druck ist gerichtet.

Was ist Druck? - Schüleraussagen nach dem Unterricht?

Druck ist Kraft pro Fläche, $p=F/A$



Anders gesagt:

- Druck beschreibt die Einwirkung auf eine Fläche.
- Druck ist gerichtet.

Was ist Druck? – Erhoffte Schüleraussagen

Druck beschreibt das **Gepresstsein** eines Gases oder einer Flüssigkeit.

Man kann dem Druck einen Zahlenwert zuordnen, indem man die Kraft pro Flächeneinheit bestimmt, die das Gas oder die Flüssigkeit auf eine Begrenzungsfläche ausübt.

Anders gesagt:

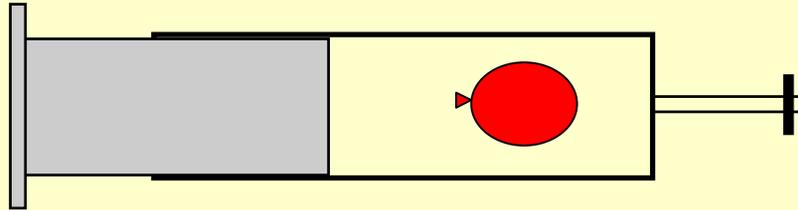
- Druck beschreibt einen Zustand eines Gases oder einer Flüssigkeit.
- Druck bezieht sich auf ein Volumen (bzw. Raumpunkt).
- Druck hat keine Richtung.

Anknüpfungspunkte im Alltagsverständnis

- Luftdruck
- Blutdruck
- Reifendruck
- Druck in einer Pressluftflasche
- ...

Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten

Blickrichtung auf Bewegungen



„Die Luft bewegt sich auf den Ballon zu und drückt ihn zusammen.“

Beschreibung von Phänomenen über Bewegungen

Druckzustände werden nicht in den Blick genommen.

Gesucht wird nach einer einzelnen Ursache, nicht nach Druckunterschieden.

Schülervorstellungen und Lernschwierigkeiten

Keine Bewegung - keine Kraft

- Bei Druck größer als der atmosphärische Luftdruck werden Kräfte nur dann angenommen, wenn sich etwas bewegt.
- Gleichgewicht = Abwesenheit von Kräften

Konsequenzen für Unterricht

- Druckzustände und Druckänderungen wahrnehmbar und beschreibbar machen.
- Aufmerksamkeit weglenken von Bewegungen hin zu Druckzuständen.
- Denken in Druckdifferenzen sorgfältig begründen.

Vorstellungen zum Druck in Gasen

(Séré 1982, 1986)

Luft unter atmosphärischem Luftdruck ist normal, d.h. übt keine Kraft aus.

Vakuum (Unterdruck) saugt.

vor dem Unterricht: 50%

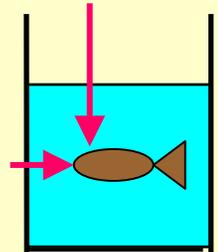
nach dem Unterricht: 50%

Vorstellungen zum Schweredruck in Flüssigkeiten

(Engel Clough, Driver 1985, 1986)

Das Wasser drückt stärker nach unten als zur Seite.

vor dem Unterricht: 50%
nach dem Unterricht: 25%

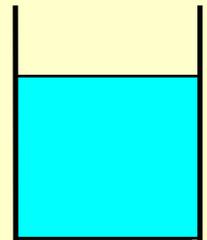


Der Druck nimmt mit der Tiefe zu.

vor dem Unterricht: 60%

Der Druck hängt vom Gesamtvolumen
des Gefäßes ab.

vor dem Unterricht: 40%



Kritik an traditionellem Unterricht zum Druck

frühes Hinsteuern auf $p=F/A$

- Vernachlässigung einer qualitativen Begriffsbildung
- Verfestigung von Alltagsvorstellungen durch Lenkung der Aufmerksamkeit auf Kräfte an Grenzflächen

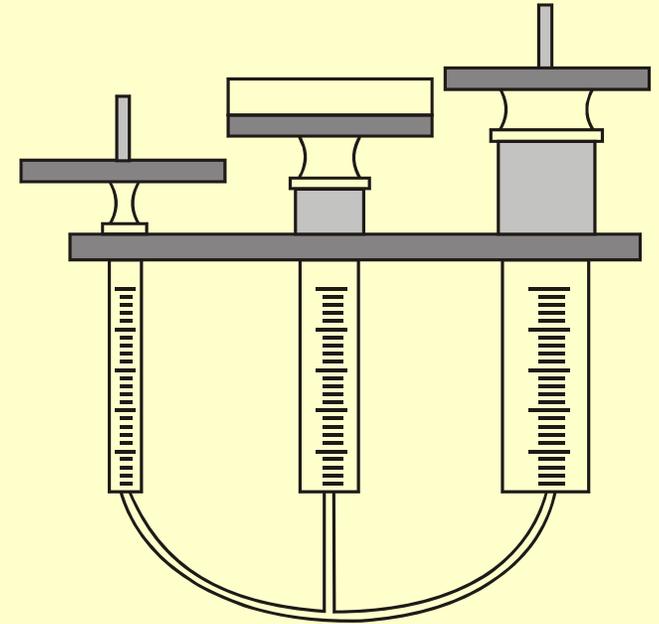
unglückliche Versuche

- Kraft-Druck-Gerät
- Spritzkugel

Versuch mit dem Kraft-Druck-Gerät

Was sieht man?

- Man muss unterschiedlich stark auf den Kolben drücken, damit sich nichts mehr bewegt.
- Der Druck in der Flüssigkeit spielt keine Rolle



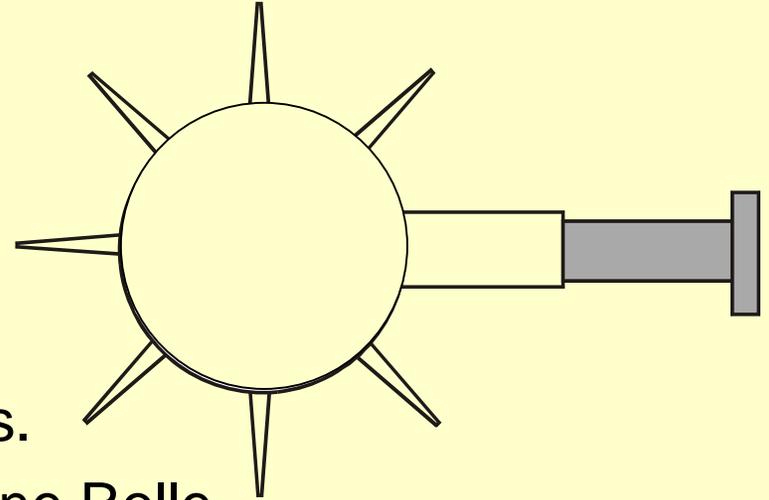
Was soll man sehen?

- Kräfte auf unterschiedlich große Grenzflächen der Flüssigkeit werden gleichzeitig gemessen
- Wichtig sind nicht die auffälligen Auflageflächen, sondern die Stempelflächen.

Versuch mit der Spritzkugel

Was sieht man?

- Druck wird erzeugt durch Bewegung des Stempels.
- Druck äußert sich in Bewegung: Wasser spritzt „mit Druck“ heraus.
- Druck in der Flüssigkeit spielt keine Rolle



Was soll man sehen?

- Druck in der Flüssigkeit wird erhöht.
- Wasser übt in alle Richtungen gleich große Kräfte aus.

Unglückliche Formulierungen

- „Druckausbreitung“
- „Druckkraft“
- Sprechweisen
 - Druck wird ausgeübt
 - Druck auf die Wand
 - Druck nach oben

"Pressure is a scalar quantity, but teachers and authors do not appear to believe this in their hearts."

(McClelland, 1987)

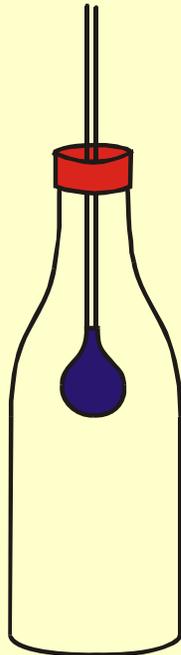
Das Unterrichtskonzept zum Druck

Grundideen

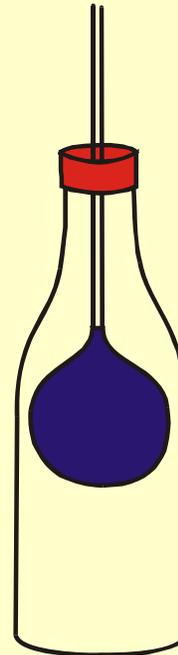
- Druck als Zustandsgröße im Zentrum
- qualitative Schlüsselidee:
Druck als Maß für das Gepreßtsein
- Definitionsgleichung für den Druck so spät wie möglich
- viel Raum für eigene Erfahrungen mit dem Druck
- korrekte Sprechweise

1. Einfache Versuche zum Druck

Flasche schließen
blasen

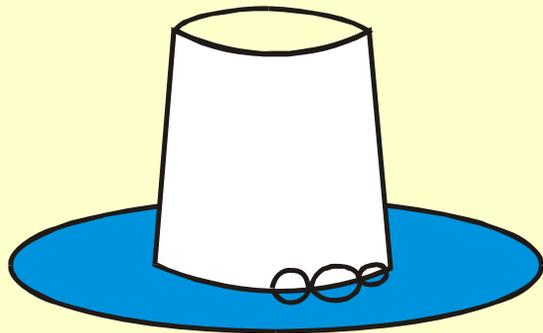


Flasche öffnen
blasen
Flasche schließen

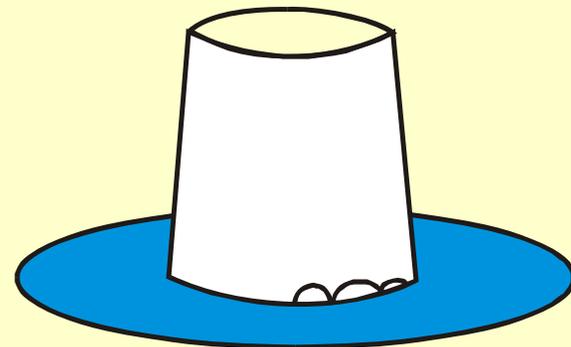


1. Einfache Versuche zum Druck

Becher erwärmen (heißes Wasser)
kopfüber in Seifenwasser stellen
Blasen außen

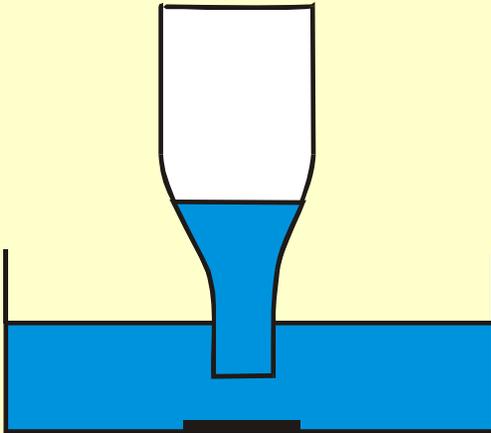


wie links,
nach einer Weile:
Blasen innen

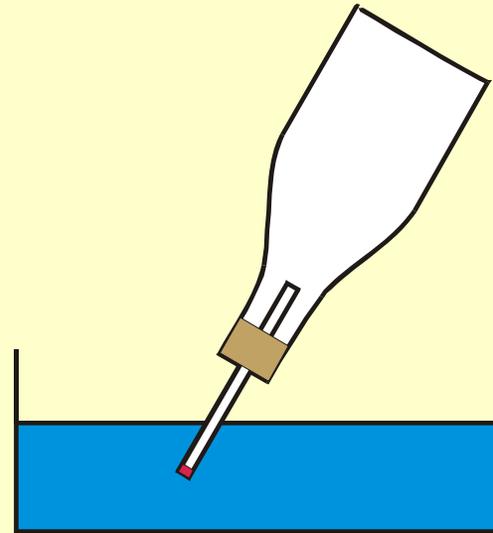


1. Einfache Versuche zum Druck

Flasche erwärmen (heißes Wasser)
kopfüber in kaltes Wasser
Öffnung abdichten
Etwas warten: Flasche anheben



Röhrchen verschließen
Flasche mit Hand erwärmen
Röhrchen öffnen



1. Einfache Versuche zum Druck

Zwischenergebnis 1:

Luft lässt sich zusammen drücken. Wenn Luft oder Gas gepresst ist, sagt man: Im Gas herrscht Druck.

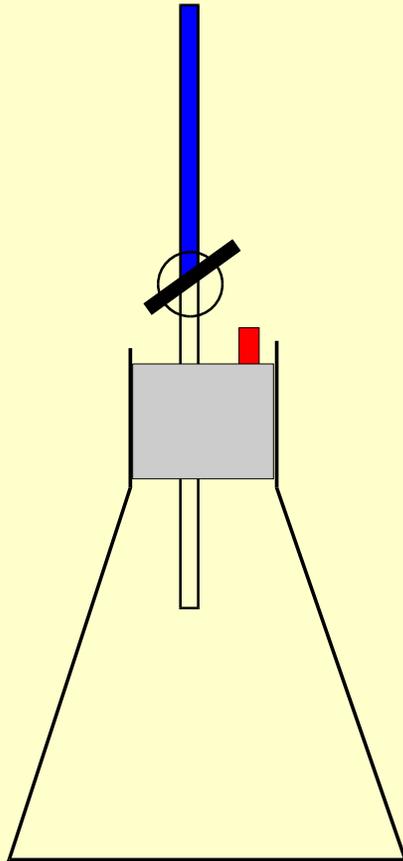
Je stärker das Gas gepresst ist, desto größer ist der Druck im Gas.

2. Möglichkeiten, den Druck zu verändern

Es gibt drei Möglichkeiten, den Druck zu erhöhen.

1. Man verringert das Volumen, das einer festen Gasmenge zur Verfügung steht.
2. Man erhöht die Gasmenge in einem festen Volumen.
3. Man erhöht die Temperatur des Gases.

2. Möglichkeiten, den Druck zu verändern



Versuch zur Demonstration der drei Möglichkeiten

1. Stopfen aufsetzen
2. Luft zupumpen
3. Kolben erwärmen

2. Möglichkeiten, den Druck zu verändern

Beispiele für Temperaturabhängigkeit:

- Reifen und Luftmatratzen in der Sonne,
- Aufblasen eines Luftballons mit Körperwärme,
- Ausbeulen von Tischtennisbällen in warmem Wasser

Zwischenergebnis 2:

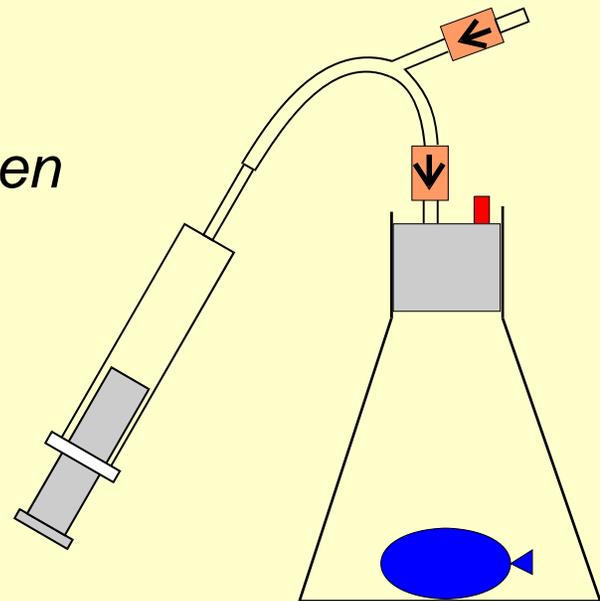
„verhindertes Ausdehnen“ = gesteigertes Gepresstsein

3. Luft hat einen Druck/ Über- und Unterdruck

Sammlung von Vorerfahrungen

Luftdruck ist größer als null => Die Luft um uns herum ist schon gepreßt.

Versuch: Druckerhöhung im Glaskolben



3. Luft hat einen Druck/ Über- und Unterdruck

Zwischenergebnis 3:

Wie groß der Druck in der Luft ist, bzw. wie stark die Luft gepresst ist, erkennt man daran, wie stark die Luft gegen die Begrenzungen drückt. Wenn die Begrenzungen beweglich oder dehnbar sind, kann man den Druck „sichtbar“ machen.

3. Luft hat einen Druck/ Über- und Unterdruck

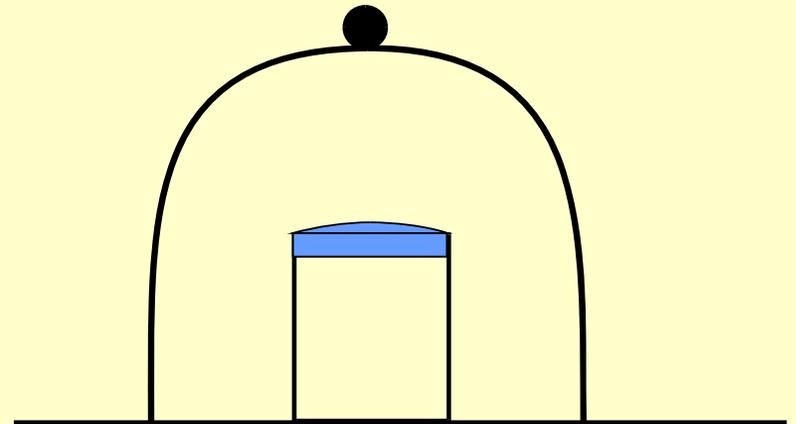
Versuch: Druckerniedrigung in der Vakuumglocke

Warum zeigt das Messgerät in „normaler“

Luft nichts an?

=> Vergleich innen/außen

Dosenbarometer; Größe des
Luftdrucks; Über-/Unterdruck



4. Vakuum saugt nicht, sondern Luft drückt

Versuche:

Aufreißen einer Erdnusspackung

Kaffee-Packung unter der Vakuum-Glocke

Zwischenergebnis 4:

Wenn zwei Luftmengen mit unterschiedlich großen Drücken z.B. durch eine Trennwand getrennt sind, drückt die Luft mit dem größeren Druck stärker gegen die Wand als die Luft mit dem kleineren Druck. Nimmt man die Trennwand weg, gibt es eine Bewegung vom größeren zum kleineren Druck hin. Die stärker gepresste Luft versucht, „sich Platz zu schaffen“.

4. Vakuum saugt nicht, sondern Luft drückt

Weitere Beispiele:

- Mohrenkopf-Versuch
- Saughaken
- „klebende“ Gläser beim Abwaschen
- gekochtes Ei in der Milchflasche

Magdeburger Halbkugeln

5. Druck in Flüssigkeiten (qualitativ)

Sammlung von Vorerfahrungen

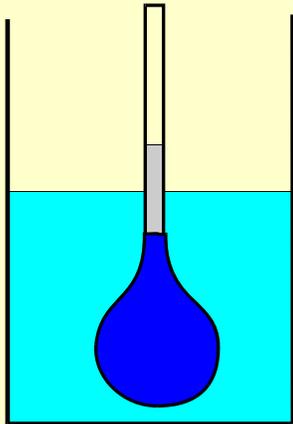
zusammengedrückte Zahnpasta-/Senftube

Zwischenergebnis 5:

Den Druck in einer Flüssigkeit erkennt man wie bei Gasen an den Kräften auf die Begrenzungsflächen.

5. Druck in Flüssigkeiten (qualitativ)

Versuch: Untersuchung des Drucks mit einer einfachen Drucksonde aus Luftballon und Strohhalm



Hängt der Druck ab von

- der Tiefe
- der Flüssigkeit
- der Gefäßform
- dem Abstand zur Mitte
- ...?

5. Druck in Flüssigkeiten (qualitativ)

Nachweis der Richtungsunabhängigkeit mit der Druckdose:

Zwischenergebnis 5:

Wasser drückt in allen Richtungen gleich stark auf eine Begrenzungsfläche, sofern die Begrenzungsfläche in der gleichen Tiefe liegt.

Erklärung der Tiefenabhängigkeit über die Gewichtskraft

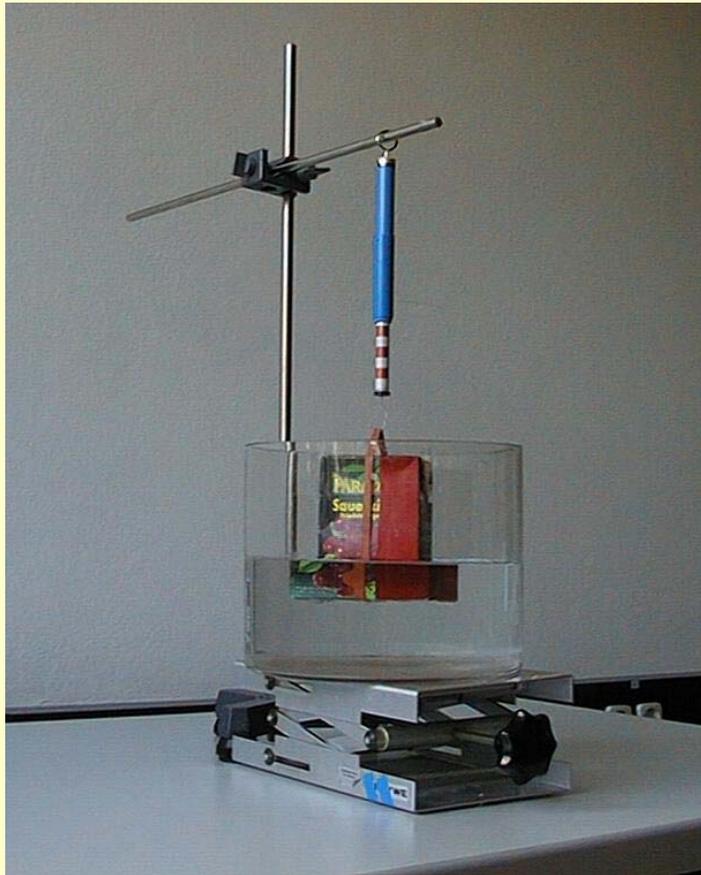
6. Auftrieb/Druckberechnung

Versuch: Eintauchen einer wassergefüllten Flasche in ein Wasserbecken

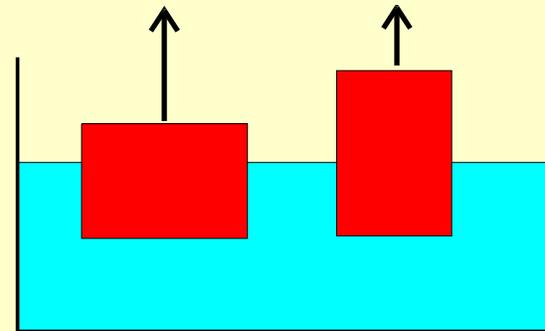
- ⇒ Phänomen Auftrieb, Auftriebskraft=Kraft von Wasser auf Flasche
- ⇒ teilweises Eintauchen: Auftriebskraft wächst mit der Eintauchtiefe.
- ⇒ vollständiges Eintauchen: Auftriebskraft ist konstant.

qualitative Deutung der Phänomene über den Druck

6. Auftrieb/Druckberechnung



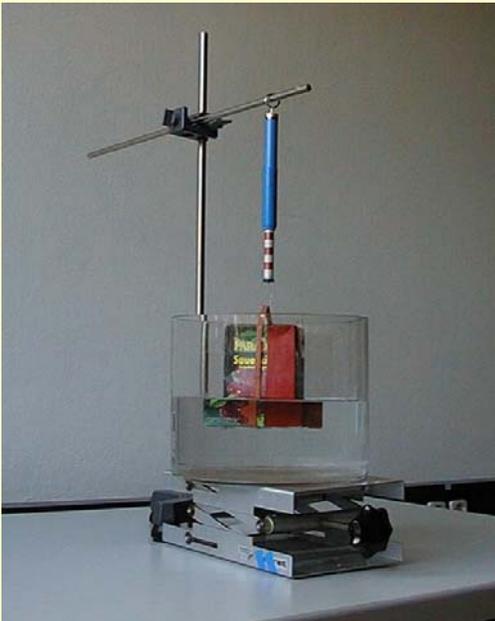
Versuch: Messung der Auftriebskraft für eine feste Tiefe an einer Safttüte



gleiche Eintauchtiefe,
unterschiedliche Flächen

=> $F \sim A$

Auftriebskraft in Abhängigkeit von der Fläche ($h=3,8\text{cm}$)



| A in cm^2 | F_{Auftrieb} in N | F/A in N/cm^2 |
|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 61,4 | 2,4 | 0,039 |
| 83,2 | 3,0 | 0,036 |
| 124,8 | 4,4 | 0.035 |

6. Auftrieb/Druckberechnung

Zwischenergebnis 6:

Die vom Wasser pro Flächeneinheit ausgeübte Kraft ist ein Maß für den Druck im Wasser.

Ganz allgemein gilt:

Man misst den Druck in einem Gas oder einer Flüssigkeit, indem man die Kraft pro Flächeneinheit bestimmt, die das Gas oder die Flüssigkeit auf die Begrenzungsflächen ausübt. $p=F/A$ oder $F=p A$

7. Der Schweredruck in Wasser (quantitativ)

Versuch: Messung des Drucks in Abhängigkeit von der Tiefe mit der Safttüte

=> Der Druck steigt pro cm Wassertiefe um 1 hPa

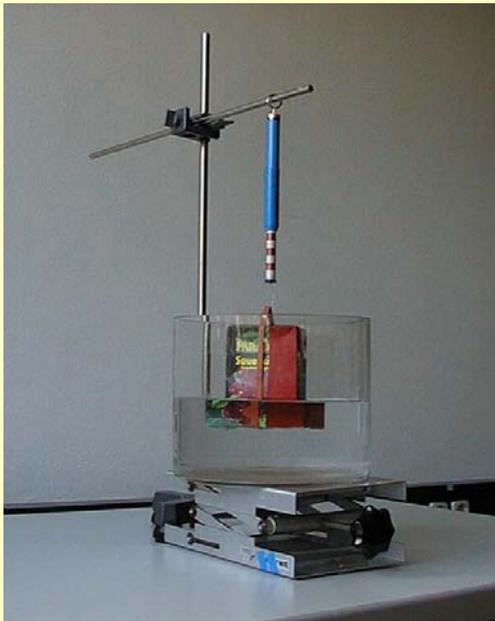
Zusammenhang zwischen Druck und Gewichtskraft
Vergleich von Theorie und Messwerten ($p = \rho g h$)

Anwendung auf vollständiges Eintauchen:

=> Auftriebskraft = Gewichtskraft der verdrängten Flüssigkeit

Bestätigung durch Versuch mit Überlaufgefäß

Auftriebskraft in Abhängigkeit von der Tiefe ($A=61,4\text{cm}^2$)



| h in cm | F_{Auftrieb} in N | p in hPa |
|------------|-------------------------------|-------------|
| 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1,2 | 2,0 |
| 4 | 2,6 | 4,2 |
| 6 | 3,8 | 6,2 |
| 8 | 5,0 | 8,1 |
| 10 | 6,1 | 9,9 |

Lehrplan Schleswig-Holstein

Bei der Einführung des Drucks geht es im wesentlichen darum, die Allseitigkeit des Drucks zu zeigen. Experimente mit festen Körpern sind deshalb weniger geeignet. Der Druck wird phänomenologisch eingeführt und damit vom Begriff der Kraft deutlich getrennt. Die Schülerinnen und Schüler sollen in eigenen Experimenten Erfahrungen sammeln. Während sie mit dem umgangssprachlichen Begriff Druck dem physikalischen Druckbegriff nahe kommen, wird im Unterricht leicht durch eine frühe Kopplung von Druck und Kraft die Unterscheidung erschwert.

Lehrplan Schleswig-Holstein

Druck bezieht sich auf Flüssigkeiten und Gase und gilt für einen Raumbereich, so dass man formuliert „Druck herrscht“ ähnlich zu „Spannung herrscht“. Erst wenn die Begriffe Druck und Kraft sicher unterschieden werden, kann die Messung des Drucks, beispielsweise über $p=F/A$ erfolgen.

...

Der Druck sollte als Grundgröße im Sinne von Gepresstsein phänomenologisch eingeführt werden.