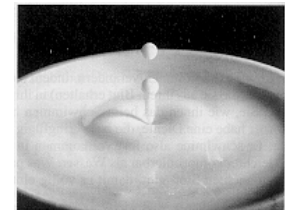


Hydrostatik auch genannt: Mechanik der ruhenden Flüssigkeiten



An dieser Stelle müssen wir dringend eine neue physikalische Größe kennenlernen: den **Druck**.

$$\text{Druck} = \frac{\text{Kraft}}{\text{Fläche}}$$

$$p = \frac{F}{A}$$

$$\text{SI - Einheit: } 1 \text{ Pascal} = \frac{1 \text{ Newton}}{1 \text{ m}^2}$$

$$1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{1 \text{ m}^2} = 1 \text{ N} / \text{m}^2$$

*Der Druck ist somit die auf die Flächeneinheit ausgeübte Kraft,
Druck ist also Kraft pro Fläche.*

Sind wir schon bei neuen Größen, so schließe ich noch eine weitere an: die **Dichte**

$$\text{Dichte} = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}}$$

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$\text{SI - Einheit(ohne Eigennamen): } 1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

Beispiel für Wasser: $\rho = 1 \text{ kg/dm}^3 = \underline{1000 \text{ kg/m}^3}$

Beispiel für Eisen: $\rho = \underline{8000 \text{ kg/m}^3}$

Beispiel für Luft: $\rho = \underline{1,3 \text{ kg/m}^3}$

Eigenschaften einer Flüssigkeit

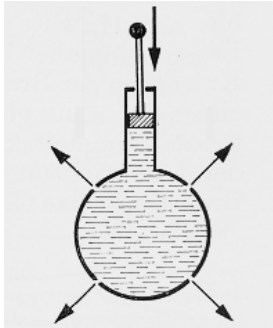
- Eine Flüssigkeit hat ein bestimmtes Volumen, aber keine bestimmte Gestalt. Zwischen den Flüssigkeitsteilchen, den Molekülen, herrschen zwar noch anziehende Kräfte, aber die Flüssigkeitsteilchen sind gegeneinander frei verschiebbar.
- Die Oberfläche einer in einem Gefäß befindlichen und nur unter der Einwirkung der Schwerkraft stehenden Flüssigkeit bildet daher eine horizontale Ebene.
- Eine Flüssigkeit läßt sich nahezu nicht zusammendrücken.

Ideale Flüssigkeit ist eine gedachte Flüssigkeit, bei der die Moleküle ohne jede Reibung gegeneinander verschiebbar sind und daher keine Umwandlung von mechanischer Energie in Wärmeenergie erfolgt. In diesem Kapitel werden wir nur die Gesetze der idealen Flüssigkeiten besprechen.

Die beherrschende Größe bei der Flüssigkeit ist der **Druck**.
Der in der Flüssigkeit auftretende Druck heißt **hydrostatischer Druck**.

Zwei Arten von Druck unterscheiden wir bei den ruhenden Flüssigkeiten:

1.) Der Kolbendruck



Wir vernachlässigen hier die Schwerkraft.

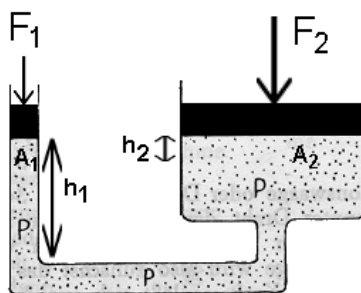
Wird auf eine ringsum abgeschlossene Flüssigkeit mittels eines beweglichen Kolbens auf die Fläche A durch eine Kraft **F** ein Druck **p** ausgeübt, so pflanzt sich dieser sogen. **Stempeldruck** oder **Kolbendruck** in der Flüssigkeit fort und überall in der Flüssigkeit, sowohl im Innern als auch an den Grenzflächen, herrscht derselbe Druck p...

$$p = F/A.$$

Man erkennt:

Das Wasser spritzt aus allen Löchern normal zur Gefäßwand hinaus, wenn man auf den Kolben des oben dargestellten Gefäßes drückt.

Anwendung des Kolbendruckes bei der **hydraulischen Presse**.



Die hydraulische Presse besteht aus zwei miteinander verbundenen und mit Flüssigkeit gefüllten Zylindern, die einen verschiedenen Querschnitt haben und durch verschiebbare Kolben (Querschnitte: A_1 und A_2) verschlossen sind.

Wird auf den kleineren Kolben die Kraft F_1 ausgeübt, so wird durch den erzeugten Stempeldruck auf den größeren Kolben die Kraft F_2 ausgeübt.

Die Kräfte verhalten sich dann wie die beiden Kolbenquerschnitte:

$$F_1 : F_2 = A_1 : A_2$$

Erklärung: Überall in der Flüssigkeit herrscht derselbe Stempeldruck $p = F/A$...

also an dem kleineren Kolben: $p = F_1/A_1$, an dem größeren $p = F_2/A_2$.

Durch Gleichsetzung erhält man $F_1/A_1 = F_2/A_2$

und Umformen der Gleichung $F_1:F_2 = A_1:A_2$

...die Kräfte verhalten sich wie die Querschnitte!

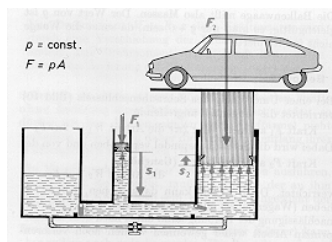
Das darf natürlich nicht dem Energieprinzip widersprechen.

Tatsächlich verhalten sich auch die zurückgelegten Wege h_1 und h_2 umgekehrt wie die eingesetzten Kräfte.

Erinnern wir uns an Energie & Impuls, „Kraft x Kraftarm = Last x Lastarm“, so folgt in analoger Weise hier für die gehobenen Flüssigkeitsspiegel h_1 und h_2 :

$$F_1 \cdot h_1 = F_2 \cdot h_2$$

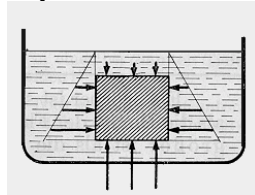
Die hydraulische Presse dient daher dazu, mit Hilfe einer kleineren Kraft, die an dem kleineren (!) Kolben angreift, eine größere Kraft an dem größeren Kolben zu erzeugen oder zu überwinden.



Anwendung der hydraulischen Presse war vor Jahren z.B. der Ölpumpstuhl der Zahnärzte, Friseure etc.

Auch hydraulische Bremsanlagen, Hebebühnen, Baumaschinen... machen Gebrauch von der Wirkung des Kolbendruckes.

2.) Der Schweredruck



Schweredruck einer Flüssigkeit ist der von einer ruhenden Flüssigkeit infolge ihres Gewichtes (Schwere) ausgeübte Druck. Der Schweredruck ist ebenfalls ein hydrostatischer Druck.

Der von einer Flüssigkeit in der Tiefe h ausgeübte Schweredruck ist proportional der Eintauchtiefe h und dem spezifischen Gewichte ρ der Flüssigkeit, also:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

Folgerungen:

In einer Flüssigkeit ist der Schweredruck an allen Punkten derselben Horizontalebene gleich groß; er ist nach allen Seiten gerichtet.

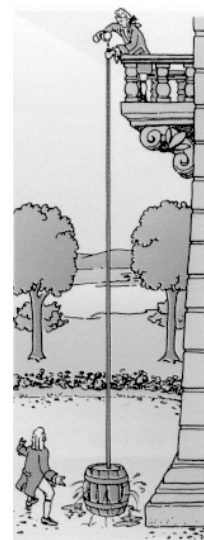
2.) Der Schweredruck im Innern einer Flüssigkeit nimmt mit der **Eintauchtiefe** (Druckhöhe) zu.

3.) Der Schweredruck einer Flüssigkeit ist außer von dem spezifischen Gewicht der Flüssigkeit nur abhängig von der Druckhöhe, also unabhängig von der Flüssigkeitsmenge und von der Form des Gefäßes

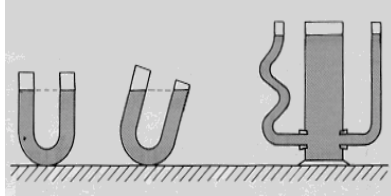
Hydrostatisches Paradoxon nennt man die Erscheinung, die auch schon Blaise Pascal (1623-1662) erkannt hat.

Es wird berichtet, er habe ungläubigen Zuschauern vorgeführt, wie mit wenigen Gläsern Wein ein Faß zum Platzen gebracht werden kann. Zu diesem Zweck steckte er ein langes dünnes Rohr in ein breites volles Faß. Dann stieg er auf den Balkon eines Hauses und begann, das Rohr mit Wein zu füllen, bis das Faß plötzlich mit lautem Knall zerbarst (Abbildung rechts).

(Pascal ist der Namensgeber der Druckeinheit, siehe Seite 1)



Verbundene Gefäße

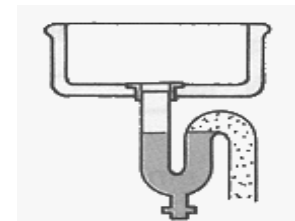


Flüssigkeitsspiegel in verbundenen Gefäßen liegen in einer waagrecht Ebene. Die Ursache dafür ist die leichte Verschiebbarkeit der Flüssigkeitsteilchen und die Erdanziehungskraft, die jedes Teilchen nach unten zieht.



Aus der vollen Teekanne fließt schon bei kleiner Neigung die Flüssigkeit heraus(links)

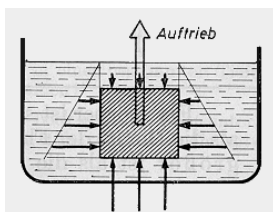
Der Wasserrest in einem Siphon dient als Geruchsverschluß (rechts).



Auch **unsere Wasserleitungen** sind verbundene Gefäße.

In flachen Gegenden wird das Grundwasser in einen Hochbehälter gepumpt, dann steigt das Wasser in den Leitungen der Häuser bis in die obersten Stockwerke.

Der Auftrieb



Jeder Körper erfährt in einer Flüssigkeit scheinbar einen Gewichtsverlust, in Wirklichkeit einen **Auftrieb**, der von dem hydrostatischen Schweredruck der Flüssigkeit bewirkt wird und der gleich dem **Gewichte der von dem Körper verdrängten Flüssigkeitsmenge** ist.

Erklärung: Befindet sich ein Körper in einer Flüssigkeit, so wird auf ihn von allen Seiten durch die Flüssigkeit infolge ihrer Schwere ein hydrostatischer Druck ausgeübt.

Die seitlichen Druckkräfte sind in der gleichen Eintauchtiefe gleich groß und heben sich auf, da sie entgegengesetzt gerichtet sind.

Der an der unteren Fläche nach oben gerichtete Druck ist jedoch größer als der an der oberen Fläche nach unten gerichtete Druck, weil die Eintauchtiefe der unteren Fläche größer ist als die Eintauchtiefe der oberen Fläche.

*Als Differenz bleibt daher eine nach oben gerichtete Kraft, die **Auftrieb** heißt und die gleich dem Gewichte der von dem Körper verdrängten Flüssigkeitsmenge ist.*

Da der Auftrieb dem Gewichte des Körpers entgegengesetzt gerichtet ist, so **vermindert er scheinbar** das Gewicht des in die Flüssigkeit hineingetauchten Körpers. Der scheinbare Gewichtsverlust eines Körpers in einer Flüssigkeit ist also gleich seinem Auftriebe.

An einem in einer Flüssigkeit befindlichen Körper greifen also zwei Kräfte an:

- das Gewicht des Körpers, das nach unten gerichtet ist und
- der Auftrieb, der nach oben gerichtet ist.

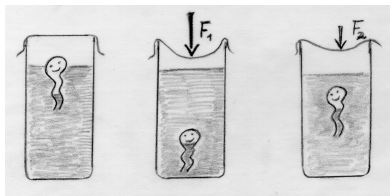
Nach dem Verhältnis beider Kräfte zueinander gibt es drei Fälle:

1. Das Gewicht des Körpers ist größer als der Auftrieb:
Der Körper **geht unter**.
(Die Dichte des Körpers ist größer als die Dichte der Flüssigkeit)
2. Das Gewicht ist gleich dem Auftrieb:
Der Körper **schwebt** in der Flüssigkeit.
(Die Dichte des Körpers ist gleich der Dichte der Flüssigkeit)
3. Das Gewicht ist kleiner als der Auftrieb:
Der Körper **schwimmt**.
(Seine Dichte ist kleiner als die der Flüssigkeit)

Formel für den Auftrieb A:

$$A = \rho \cdot V \cdot g$$

„Kartesianischer Taucher“



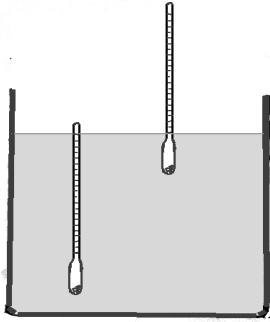
Bei diesem **Versuch zum Auftrieb** schwimmt eine hohle, mit Luft gefüllte Glasfigur, die unten eine Öffnung hat, in einem Zylinder.

- a) Der Zylinder ist mit einer Gummihaut verschlossen (links).
- b) Drückt man auf die Gummihaut durch eine Kraft F_1 , so erhöht sich der hydrostatische Kolbendruck p . Dieser Druck pflanzt sich überall gleichmäßig fort und dadurch dringt Wasser tiefer in die Glasfigur ein (Mitte). Auf diese Art ist nun das Volumen der Figur kleiner geworden bei gleichem Gewicht. Das bedeutet, daß die Dichte der Figur größer geworden ist ... die Figur sinkt!

Durch Ausprobieren kann man eine passende Kraft F_2 finden, die gerade recht ist, um die Figur in Schwebelage zu halten- nämlich daß nicht zu viel und nicht zu wenig Wasser eindringt- die mittlere Dichte der Figur muß ganz einfach der Wasserdichte entsprechen (Figur rechts).

Der Auftrieb $A = \rho \cdot V \cdot g$
ist auch abhängig von der Flüssigkeitsdichte ρ ...

Je größer die Dichte der Flüssigkeit ist, desto stärker wirkt der Auftrieb. Die Geräte, die diesen Effekt nutzen, heißen **Aräometer** oder **Senkwaagen**.



Aräometer sind Schwimmkörper, deren Eintauchtiefe von der Dichte der Flüssigkeit abhängt. Die Flüssigkeitsdichte kann man schnell auf einer in kg/m^3 geeichten Skala ablesen.

Aräometer für „leichte Flüssigkeiten“ haben den Wasserpunkt „ 1000 kg/m^3 “ unten (Zeichnung rechts), solche für schwere Flüssigkeiten oben (Zeichnung links).

Für einige Flüssigkeiten gibt es eigene Senkwaagen:

Die **Milchwaage** zur Bestimmung des Fettgehaltes,
 die **Alkoholwaage** zur Bestimmung des Alkoholgehaltes,
 die **Säure=** und **Laugenwaage** zur Bestimmung des Säure= bzw. Laugengehaltes.
 Letztere werden speziell zur Überprüfung der Autobatterie verwendet.

Literatur:

Collatz, Klaus-Günter et al.: Lexikon der Naturwissenschaftler. Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg Berlin Oxford 1996.

Höfling, Oskar: Physik. Lehrbuch für Unterricht und Selbststudium. Verlag Ferdinand Dümmler: Bonn 1990 (15. Auflage).

Jaros, Albert/Nussbaumer, Alfred/Nussbaumer, Peter: Basiswissen 1. Physik - compact. Verlag Höller-Pichler-Tempsky: Wien 1990.

Schreiner, Josef: Lehrbuch der Physik, 1. Teil. Verlag Höller-Pichler-Tempsky: Wien 1971. 4. Auflage.

Sexl/Raab/Streeruwitz: Physik, Teil 1. Verlag Ueberreuter: Wien 1988

Tipler, Paul A.: Physik. Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg Berlin Oxford 1994