Frank Klinker

Mechanik von Flüssigkeiten

Teil 1: Die Hebebühne und der Druck als Größe

1 Die Hebebühne und der Druck

Die Funktionsweise einer Hebebühne ist in Abb. 1a dargestellt.

Abb. 1: Die Funktionsweise einer Hebebühne

Abb. 1a: Hebebühne

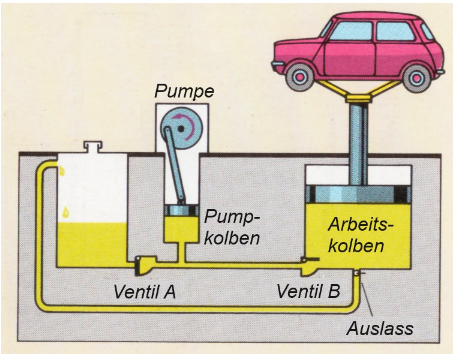


Abb. 1b: Hydraulische Presse

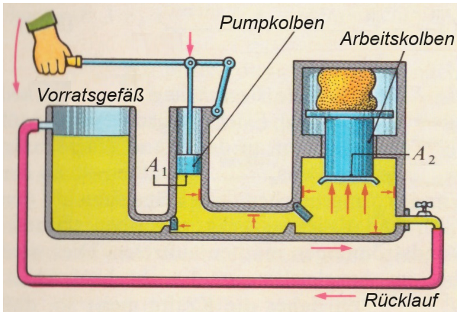
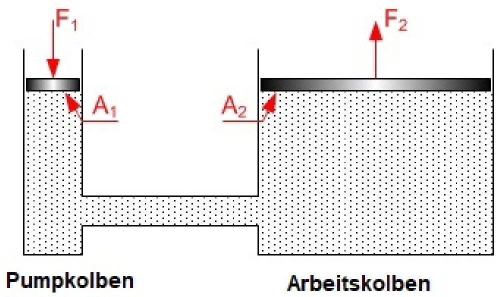


Abb. 1c: Reduzierte Funktionsweise



Aufgabe 1. Beschreiben Sie die technische Funktionsweise der Hebebühne und der hydraulischen Presse in Abb. 1a und 1c.

Reduziert man die Hebebühne auf ihre (physikalisch) wesentlichen Komponenten, dann erhält man den schematischen Aufbau in Abb. 1b.

Ein Versuch mit Hilfe zweier verbundener Kolben zeigt:

Adresse: Eduard-Spranger-Berufskolleg, 59067 Hamm
E-Mail: mail@frank-klinker.de
Version: 15. November 2024

- Je größer/kleiner die Fläche des einen Kolbens, desto größer/kleiner ist die Kraft an diesem Kolben (bei festen Parametern am zweiten Kolben)

Eine genauere Untersuchung zeigt, dass in der Situation aus Abb. 1b der Quotient aus Kraft und Fläche an den beiden Kolben immer gleich ist:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \, .$$

Wir formulieren das als ein grundlegendes Prinzip:

Hebebühnenprinzip

Eine Hebebühne, deren Stempel die Flächen A_1 und A_2 besitzt, befindet sich im Gleichgewicht, wenn für die auf die Stempel wirkenden Kräfte F_1 und F_2 die Beziehung

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

gilt.

Das gleiche Phänomen sieht man auch, wenn man mehr als zwei Kolben verbindet: an allen Kolben ist der Quotient $\frac{F}{A}$ aus Kraft und Fläche der gleiche.

Der Quotient aus Kraft F und Fläche A in verbundenen Kolben ist an jedem Kolben gleich groß.

Diese Größe nennen wir den **Kolbendruck**. Wir bezeichnen ihn mit dem Buchstaben p

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

Wir betrachten nun einen Rundkolben wie in Abb. 2. In diesen sind viele kleine, gleich große Löcher gebohrt. Außerdem ist der Kolben ist mit Wasser gefüllt.

Üben wir nun auf den Stopfen im Hals des Kolbens eine Kraft aus, so sehen wir, dass aus allen Löchern gleichmäßig das Wasser herausspritzt.

Das bedeutet, dass an jedem Loch (den wir als kleinen Arbeitskolben sehen könnten) des Kolbens der gleiche Kolbendruck herrscht.

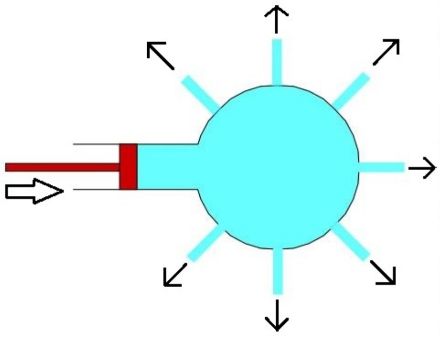
Das ist auch nicht abhängig von der Größe des Rundkolbens, sondern hängt nur von der Kraft auf den Stopfen ab.

Damit können wir das **Pascalsche Prinzip**[1] formulieren.[2]

[1] Blaise Pascal (1623-1662)

[2] Statt Kolbendruck sprechen wir künftig einfach von **Druck**.

Abb. 2: Pascalsches Prinzip für kleine Kolben



Pascalsche Prinzip

In einem geschlossenen, mit Flüssigkeit gefüllten Kolben ist der Druck innerhalb der Flüssigkeit an allen Stellen und in alle Richtungen gleich groß.

Diesen Druck kann man messen, indem man die wirkende Kraft auf eine Referenzfläche misst.

Beispiel 2. Wer schon einmal in einer großen Menschenmenge in einem Raum, der kennt das Phänomen des gleichmäßigen Drucks vielleicht:

Wenn durch eine Tür immer mehr Personen in den vollen Raum drängen, so erfährt man nicht nur "Druck" aus Richtung dieser Tür, sondern aus allen Richtungen gleichmäßig.

2 Einheiten des Drucks

Die SI-Einheit der Kraft ist das Newton und die der Fläche ist der Quadratmeter, also $[F] = N$ und $[A] = m^2$.

Damit ist die SI-Einheit des Drucks

$$[p] = \frac{N}{m^2}\,.$$

Diese Einheit erhält einen neuen Namen, der nach dem bereits oben genannten Naturwissenschaftler **Pascal** benannt ist. Sie wird mit dem Einheitensymbol Pa abgekürzt:

$$1\,Pa = 1\,\frac{N}{m^2}\,.$$

Wie wir in Anwendungen sehen, ist ein Druck von $1\,Pa$ sehr klein und die üblichen Größenordungen sind um einige Zehnerpotenzen größer.[3]

Daher gibt es noch die gebräuchliche Einheit **Bar** mit dem Einheitensymbol bar. Dabei gilt

$$1\,bar = 10^5\,Pa = 10^5\,\frac{N}{m^2} = 10\,\frac{N}{cm^2}$$

[3]Ein Druck von $1\,Pa$ entspricht etwa dem Druck, den ein Gewicht von $100\,g$ auf ein Fläche von $1\,m^2$ ausübt.

Eine sehr gebräuchliche Einheit "zwischen" Pa und bar ist das Millibar $mbar$, was genau einem Hektopascal hPa entspricht:

$$1\,mbar = 10^{-3}\,bar = 100\,Pa = 1\,hPa$$

Bemerkung 3. Die folgenden Eigenschaften machen die Einheit bar zu einer sehr natürlichen Einheit des Drucks:

1. Der Druck $p = 1\,bar$ entspricht etwa dem Luftdruck auf der Erdoberfläche.

   Das heißt: Die Kraft, welche die athmosphärische Luftsäule auf eine Fläche von $A = 1\,m^2$ ausübt ist etwa $F = p \cdot A = 10^5\,N$ und entspricht etwa einem Gewicht von 10 Tonnen.

2. Der Druck $p = 1\,bar$ entspricht etwa dem Druck, die eine $h = 10\,m$ hohe Wassersäule ausübt.

   Auf eine Fläche von $A = 1\,cm^2 = 10^{-4}\,m^2$ wirkt somit eine Kraft von etwa $F = p \cdot A = 10N$, was einem Gewicht von $1\,kg$ entspricht. Die Wassersäule hat dann ein Volumen von $V = A \cdot h = 10^{-3}\,m^3 = 1\ell$.

Der erste Punkt braucht etwas mehr Begründung und wir stellen ihn zunächst zurück. Die Idee hinter dem zweiten Punkt ist Gegenstand des nächsten Abschnitts.