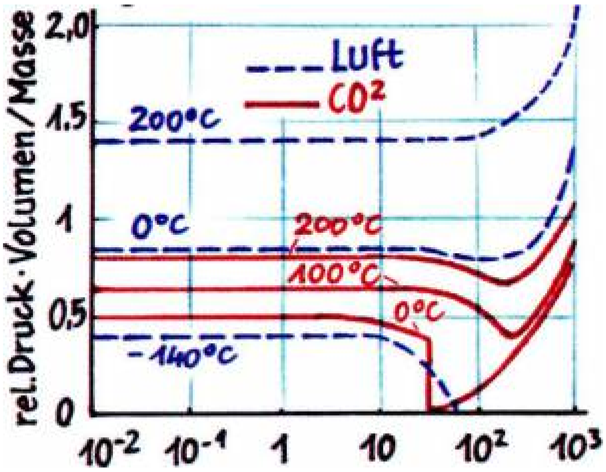
Der Gasdruck

Ideal einfach

Ein Beispiel für eine Vereinfachung ist die Annahme des Körperschwerpunkts (KSP) eines Objekts. Man reduziert also eine Flüssigkeit, einen Quader oder einen ganzen Menschen auf nur einen Punkt. Trotzdem kann man damit das Gleichgewicht erklären, den Auftrieb in Flüssigkeiten, Phänomene aus dem Sport und noch vieles mehr (F2).

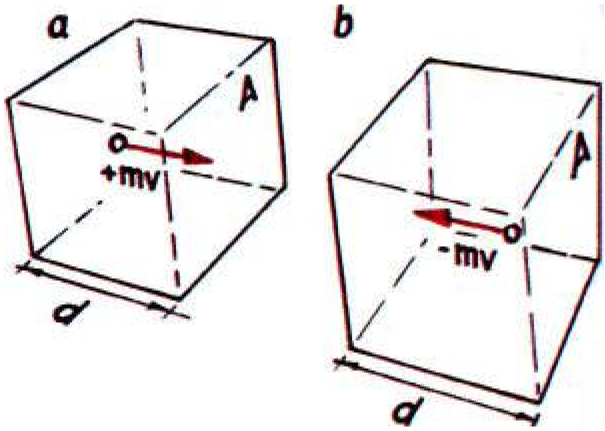
Ganz ähnlich ist es beim Modell des idealen Gases. Dabei trifft man folgende Vereinfachungen: Erstens nimmt man an, dass die Moleküle kein Volumen besitzen, ersetzt sie also durch ihren KSP. Zweitens geht man davon aus, dass keine Kräfte zwischen den Molekülen wirken. Und drittens nimmt man an, dass die Zusammenstöße der Moleküle immer elastisch sind, dass also keine kinetische Energie verloren geht. Je niedriger der Druck und je höher die Temperatur sind, desto exakter stimmt dieses vereinfachte Modell mit der Realität überein (Abb.)



In den horizontal verlaufenden Bereichen der Kurven verhalten sich Luft und CO_2 wie ein ideales Gas.

Einteilchen-Gasdruck

Wir fangen bei unseren Überlegungen mit einem Gas an, das aus nur einem Teilchen besteht. Es hat die Masse m und fliegt horizontal mit der Geschwindigkeit v. Wie groß ist der Druck auf die rechte Wand (Fläche A; folgende Abb.)? Druck ist allgemein Kraft pro Fläche. Wir müssen also die durchschnittliche Kraft abschätzen, die das Teilchen auf diese Wand ausübt. (Anm.: Sowohl der Impuls als auch der Druck werden in der Physik mit dem Buchstaben p angegeben. Um Verwirrung zu vermeiden, ist im Folgenden der Impuls immer als Wort ausgeschrieben).



1) Der Impuls des Teilchens vor dem Aufprall ist $+mv$ und nachher $-mv$. Die Impulsänderung des Teilchens ist daher $(-mv)-(+mv) = -2mv$ und die der Wand $+2mv$ (der Gesamtimpuls verändert sich ja nicht). Zur Berechnung des Drucks ist die Impulsänderung der Wand wichtig.

2) Das Teilchen pendelt zwischen den beiden Wänden hin und her. $v = \frac{s}{\Delta t}$ und daher $\Delta t = \frac{s}{v}$. Für einmal Hin und Her benötigte das Teilchen $\Delta t = \frac{2d}{v}$.

3) Kraft ist Impulsänderung pro Zeit. Die Kraft, die auf die Wand wirkt, ist also $F = 2mv \cdot \frac{v}{2d}$. $\frac{m v^2}{2}$ ist die kinetische Energie des Teilchens und somit ist $F= \frac{2 E_{kin}}{d}$.

4) Zum Schluss setzten wir in die allgemeine Druckgleichung ein. Weil $A \cdot d$ das Volumen der Box ist, bekommt man für $p = \frac{F}{A} = \frac{2 E_{kin}}{d\cdot A} = \frac{2 E_{kin}}{V}$.

Du siehst also, dass der Druck auf die rechte Wand einzig und alleine von der kinetischen Energie des Teilchens abhängt! Wie kommt man vom Druck eines Einteilchen-Gases auf den Druck eines Gases mit richtig vielen Teilchen? In einer Box mit 1 dm^3 würden sich bei Normaldruck rund 10^{22} Teilchen befinden! Mit jedem Teilchen (N) erhöht sich die Anzahl der Stöße gegen die Wände und damit auch der Druck. Man muss also die Gleichung mit N multiplizieren. Weil es drei Raumrichtungen gibt, bewegt sich im Schnitt nur jedes dritte Teilchen horizontal, und daher muss man durch 3 dividieren. Man erhält dann für den Druck eines idealen Gases:

$p = \frac{2}{3}\cdot \frac{N}{V}\cdot \bar E_{kin}$