

Luft macht Druck – eine leere Spritze und drei Aufgaben

Wir alle sind in unserem Alltag ständig einem Druck (p) von etwa 101325 Pascal (P) ausgesetzt (kurz: $p=101025P$). Das ist der Luftdruck der Atmosphäre, an den wir zum Glück gewöhnt sind – und den wir auch brauchen, damit z.B. unser Blut nicht anfängt zu „kochen“. Wenn wir sagen, wir sind dem Druck von einem 1 Bar (= 101325 Pascal) ausgesetzt, klingt das weniger dramatisch – bleibt aber ein interessantes Phänomen, das du mit einfachen Mitteln genauer untersuchen kannst. Gut geeignet dazu ist eine leere Dosierspritze (ca. 1ml bis 5 ml) aus Plastik. Du solltest sie mit diesen Aufgaben ausgehändigt bekommen – oder musst sie dir selbst besorgen:



Kolben loslässt, flutscht er wieder zurück. Wenn du die Öffnung gut zugehalten hast, dürfte nur minimal Luft in die Spritze gekommen sein. Falls die Spritze schwergängig ist, kannst du sie mit etwas Wasser und Geschirrspülmittel gängiger machen. Und solch eine Kappe macht es deutlich einfacher, die Öffnung dicht zu halten. **Wenn du es hinbekommst, dass der Kolben (fast) komplett zurückspringt, hast du die erste Aufgabe erfolgreich durchgeführt!**

Nimm aber bitte keine Glasspritze. Ich selbst habe beim Zurückschnellen des Kolbens damit schon Glassplitter produziert. Das braucht niemand und ist auch gefährlich.

Nun wird es komplizierter. Du sollst die Kraft bestimmen, die notwendig ist, den Kolben aus deiner Spritze zu ziehen. Falls du einen passenden Kraftmesser (Newtonmeter) zur Hand hast, sollte das schnell erledigt sein. Falls du keinen Kraftmesser hast: Denke daran, dass ein Liter Wasser 1 kg wiegt und du mit einer leichten Plastikflasche recht gut ein Gewicht passend zu einer bestimmten Kraft herstellen kannst. Bei den Bildern rechts wird gezeigt, dass der Luftdruck bei dieser Spritze und einem Gewicht von 920 g – 308 g = 612 g (also bei etwas über 6 N Gewichtskraft) den Kolben nicht mehr in die Spritze hält. Beachte: Die Genauigkeit der Messungen wird z.B. dadurch gemindert, dass es viel Reibung zwischen Kolben und Gehäuse gibt, dass die Spritzenwand in gewissem Maße elastisch ist und dass die Abdichtung nicht perfekt ist. Notiere die Kraft, bei der ein Kraftmesser den Kolben gerade in Bewegung zu setzen beginnt oder das Gewicht und die Gewichtskraft, die gerade ausreichen, den Kolben nach unten aus der Spritze zu ziehen. **Fertige einen kleinen Bericht mit einer Skizze an, der dein Vorgehen und deine Ergebnisse bei dieser Aufgabe 2 beschreibt.**

Für Druck p , Kraft F und Fläche A gilt allgemein die Formel „Kraft = Druck*Fläche“, kurz $F=p*A$. Nun kommt etwas, was ich verblüffend finde – und du vielleicht auch: **Weil wir p (=101 325 Pascal) kennen und du A für deine Spritze ausrechnen kannst, wenn du ihren Durchmesser kennst, kannst du die Kraft in der Einheit „Newton“**

(kurz N) ausrechnen, welche zum Herausziehen des Kolbens notwendig ist! Das ist die dritte Aufgabe.

Leider musst du hier mit sehr großen Zahlen für den Druck und einer sehr kleinen Zahl für die jeweilige Fläche rechnen. (1 Pascal bedeutet „1 Newton pro Quadratmeter“.) Ich würde mich freuen, wenn du es mit Humor ertragen kannst und es als Übung für das Rechnen mit solchen Zahlen nimmst.

Hier eine Beispielrechnung (nicht passend zu deiner Spritze) für einen Kolbendurchmesser von $d= 1,1 \text{ cm}$, also $r=0,55\text{cm}$. ($0,55 \text{ cm} = 0,0055 \text{ m}$; $0,0055^2\text{m}^2=0,00003025\text{m}^2$). Dann ergibt sich:

$$\text{Kraft } F= p*A= 101325 \text{ P} * 0,00003025 \text{ m}^2 * \pi = 9,629 \cdot \text{P} \cdot \text{m}^2 = 9,629 \text{ N.}$$

Etwa 9,6 Newton, das klingt passend - es ist die Gewichtskraft von knapp einem Liter Wasser. Rechne nun für deine Spritze. Hinweis: Du musst den Kolben ganz aus der Spritze ziehen, damit du den Kolbendurchmesser messen kannst. **Schreibe deine Überlegungen und Berechnungen zu Aufgabe 3 so auf, dass dein Gedankengang nachvollziehbar ist. Berichte, wie gut Rechenwert und Messwert zusammenpassen.**

Sei nicht enttäuscht, wenn du nicht exakt den erwarteten Kraftwert errechnest. Trotzdem sollten errechneter und gemessener Wert einigermaßen zueinander passen. Bei der „Beispielspritze“ mit dem Kolbendurchmesser von 1,1 cm wären auch etwa 9 oder 10 Newton akzeptable Messwerte.

Der erste Versuch: Nimm sie, drücke alle Flüssigkeit und Luft hinaus und versuche dann, den Kolben herauszuziehen, während du die Öffnung mit dem Finger fest zudrückst. Falls die Spritze nicht zu groß ist, geht das relativ einfach. Und wenn du dann den



Hilfestellung zur Berechnung der Kraft, die der Luftdruck auf den Kolben ausübt:

Für alle, die die Berechnung verwirrend finden, hier ein Lückentext, der die notwendigen Zusammenhänge hoffentlich überschaubarer macht: (Zwischendurch muss gerundet werden, damit die Rechnungen überschaubar bleiben.)

Gemessener Kolbendurchmesser $d = \underline{\hspace{2cm}}$ cm = $0, \underline{\hspace{2cm}}$ m

Radius des Kolbens $r = d/2 = \underline{\hspace{2cm}}/2 \text{ m} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}$

$r^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^2$

$A = r^2 * \pi \approx \underline{\hspace{2cm}} * 3,142 \text{ m}^2 = \underline{\hspace{2cm}} \text{ m}^2$

$F = p * A \approx 101025 \text{ P} * \underline{\hspace{2cm}} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ P} * \text{m}^2 \approx \underline{\hspace{2cm}} \text{ N}$

Die errechnete Kraft beträgt etwa $\underline{\hspace{2cm}}$ Newton.

Für die „Beispilspritze“ müssten die Lücken so ausgefüllt werden:

Gemessener Kolbendurchmesser $d = 1,1 \text{ cm} = 0,01 \text{ m}$

Radius des Kolbens $r = d/2 = \underline{\hspace{2cm}}/2 \text{ m} = 0,0055 \text{ m}$

$r^2 = 0,00003025 \text{ m}^2$

$A = r^2 * \pi \approx 0,00003025 * 3,142 \text{ m}^2 = 0,00007855 \text{ m}^2$

$F = p * A = 101025 \text{ P} * 0,00007855 \text{ m}^2 \approx 9,602 \text{ P} * \text{m}^2 \approx 9,6 \text{ N}$

Die errechnete Kraft beträgt etwa 9,6 Newton.