

Experiment 07: Stockender Sand

einfach vorhanden (1x)

Stand: 27.07.2016 // v15

Phänomen

Sand in einem fixierten Rohr wiegt weniger als seine Eigenmasse.

Einleitung (für Schüler_innen)

Ein Rohr wird knapp über einer Waage fixiert und berührt dadurch die Waage nicht. Wenn das Rohr nun mit 2 kg Sand gefüllt wird, der auf einem Behälter auf der Waage landet – welchen Wert wird die Waage anzeigen?

Material

- HT-Rohr DN70 / DN75, grau
- ungefähr 2,5 kg trockener Sand
- 1 Becher

Zusätzlich benötigtes Material

- (Haushalts-)Waage mit einer Genauigkeit von 10 g (analog oder digital), günstig online zu erwerben (ca. 10,- Euro inkl. Versand, siehe Materialliste unter www.niliphex.de) – mit einem Wiegebereich bis mindestens 3 kg.
- Stativmaterial (Fuß, zwei Doppelmuffen, 2 Stativstangen)
- kleine Box mit ca. 2–5 Liter Volumen (idealerweise transparent)



Vorbereitung

Die kleine Box (transparent) wird auf der Waage platziert. Das HT-Rohr (graues Rohr) wird knapp über dem Boden der kleinen Box per Stativmaterial fixiert (HT-Rohr mit Doppelmuffen einspannen). Dabei sollte der Abstand vom Rohr zum Boden der Box weniger als 1 cm betragen ohne die Waage zu berühren.

Experiment 07: Stockender Sand

Durchführung

Rohr befüllen: Der Sand wird becherweise in das Rohr gefüllt, bis das Rohr voll ist. Es sollten dabei randvolle Becher genutzt werden, die glatt abgestrichen werden, sodass immer die gleiche Masse hinzugegeben wird. Dabei schrittweise die Masse ablesen und notieren.



Rohr lösen: Die Doppelmuffe am Rohr wird gelöst und das Stativmaterial entfernt, sodass das Rohr komplett auf der Waage steht. Am Ende: Masse ablesen und notieren.

Rohr bewegen: Dann kann das Rohr leicht angehoben werden und beobachtet werden, wie sich die Anzeige der Waage verändert. Dabei kann gespürt werden, wie viel Widerstand das Rohr dem Sand entgegengesetzt. Zum Abschluss sollte das Rohr komplett entleert werden und die Gesamtmasse des Sandes gemessen werden.



Mögliche Arbeitsaufträge

- Darstellung** – Aus den Messwerten soll ein Diagramm erstellt werden. Auf der X-Achse soll die Masse des eingefüllten Sandes abgetragen werden und auf der Y-Achse die mit der Waage gemessene Masse. Dazu muss die Masse pro Becher bekannt sein. Dafür sollte eine weitere Messung durchgeführt werden.
- Hypothese** – Warum wiegt der Sand im Rohr weniger, als seine Eigenmasse?
- Experimentelle Überprüfung** – Um zu überprüfen, wo die fehlende Masse ist, kann eine zweite Waage genutzt werden. Auf diese wird das Stativ samt fixiertem Rohr gestellt und geprüft, ob die Waagen zusammen die Gesamtmasse anzeigen.

Experiment 07: Stockender Sand

Hinweise

Verdichtung macht leichter – Wenn das Rohr voll ist und noch im Stativmaterial eingespannt ist, kann sanft gegen das Rohr geklopft werden, um den Sand im Rohr weiter zu verdichten. Dabei kann beobachtet werden, wie die angezeigte Masse auf der Waage sich weiter verringert. Dies liegt daran, dass der locker eingefüllte Sand zufällig Kraftbrücken ausbildet. Durch das Rütteln wird die Bildung stabilerer Kraftbrücken bevorteilt. Diese leiten dann einen größeren Teil der Gewichtskraft des Sandes an die Rohrwände ab.

Vorsicht mit Vibration und Rütteln – Beim Aufnehmen einer Messreihe ist dieses Verhalten erschwerend, weil die auf der Waage gemessene Masse plötzlich schlagartig weniger werden kann, sobald sich stabilere Kraftbrücken bilden. Genauso kann auch das Gegenteil passieren, weil vorhandene Kraftbrücken gelöst werden und neu entstehenden Kraftbrücken weniger Sand abstützen.

Rätselaufgabe – Das Experiment lässt sich auch als Rätsel aufbauen, indem im Vorlauf nicht gezeigt wird, wie das Rohr innen aussieht und es wird die Frage gestellt: "Was ist in dem Rohr drin?" bzw. "Wie ist das Rohr innen aufgebaut?"

Mehrfache Experimentiersätze – Wenn genügend Stativmaterial und Waagen vorhanden sind, kann das Experiment simultan mehrfach durchgeführt werden. Als preiswerte Röhren eignen sich Pappröhren.

Zusammenhang mit

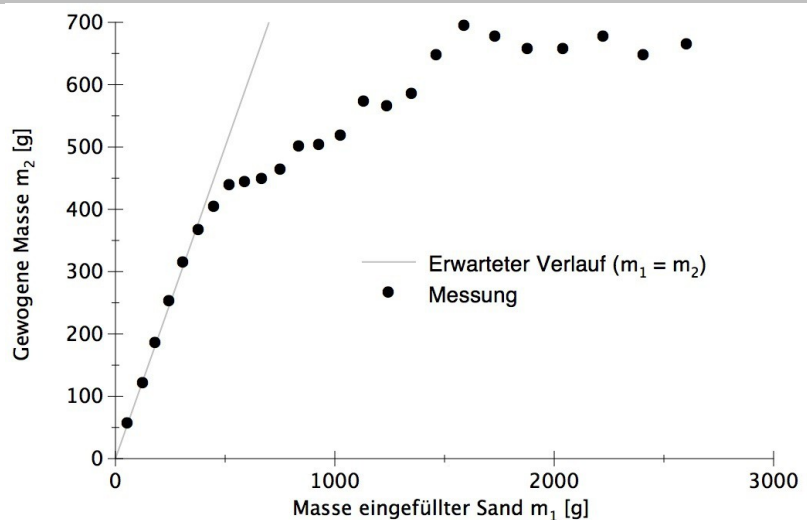
- *Experiment 03: Kraftbrücken sichtbar machen*
- *Experiment 05: Beschleunigte Sanduhr*
- *Experiment 06: Feststeckender Holzstab*

Fachlicher Hintergrund / Beispielmesswerte

Die Gewichtskraft des Sandes, die nicht unten an der Waage ankommt, wird in die Wände des Rohrs abgeleitet. Dies geschieht über die Bildung von Kraftbrücken, wie sie auch im *Experiment 03: Kraftbrücken sichtbar machen* beobachtbar sind.

Der Verlauf der Kurve zeigt eine Sättigung (siehe Diagramm aus einer Beispielmessung). Ziemlich schnell kommt keine Gewichtskraft von den oberen Sandschichten mehr unten an der Waage an.

Durch dieses Phänomen kann das Verhalten von Sand in einer Sanduhr (konstanter Durchfluss unabhängig von der Sandhöhe) oder auch das Verstopfen in Trichtern erklärt werden.



Experiment 07: Stockender Sand

Alltagsbezug / Anwendungen / Kontexte

Bei der Konstruktion von **Silos** oder **Förderanlagen** für Granulate und pulverige Stoffe muss dieses Verhalten beachtet werden, weil auf dem Boden (ggf. bei der Auslassöffnung) eine eher geringe Belastung wirkt. Die Belastung wirkt hauptsächlich auf die Seitenwände. Die Seitenwände leiten diese Belastung dann weiter in den Boden bzw. das Fundament.

Rahmenlehrplanbezug

Massenerhaltung – Bei diesem Experiment sieht es so aus, als ob Masse verschwinden würde, aber sie ist wieder auffindbar mit einer zweiten Waage unter dem Stativ.

Die **Kräfte**, die in die Wände abgeleitet werden (seitlich bzw. horizontal), leiten ihren vertikalen Anteil an das Rohr ab, womit es letztlich an den Stativfuß übertragen wird, wodurch eine Änderung der Gewichtskraft stattfindet (vertikal).

Der **Druck** auf den Boden eines Gefäßes unterscheidet sich stark abhängig davon, womit das Gefäß gefüllt ist. Bei der Flüssigkeit lastet die Gewichtskraft der Flüssigkeit (und somit auch der Druck) direkt auf der Bodenfläche. Bei einem mit Granulat gefüllten Gefäß lastet nur ein kleiner Teil auf dem Boden des Gefäßes – ein Großteil wird über die Wände abgeführt. Dies gilt vorrangig für lange Gefäße, d. h. wenn das Gefäß mehr Höhe, als Breite hat.

Weiteres Material auf: www.niliphex.de

Video *Experiment mit transparenter Röhre und Kies – Grains de Bâtisseurs* (2013): chap 5 / exp n°2 "la balance magique" (frz., Dauer 1:45)

<https://www.youtube.com/watch?v=zr9v9ITABEY>

(letzter Zugriff: 10.05.2016); ShortLink: <https://v.gd/sq57JF>



GEFÖRDERT VON

GESAMTMETALL
Die Arbeitgeberverbände der Metall- und Elektro-Industrie

think
INO
Die Initiative für
Ingenieurwachstum

sdw
Stiftung der Deutschen Wirtschaft
Wir stiften Chancen!

Entwickelt von Joachim S. Haupt und der

Didaktik der Physik
AG Nordmeier

Freie Universität  Berlin

Lizenz der Inhalte von NiliPhEx:



– CC0 1.0 – gemeinfrei / bedingungslos



www.niliphex.de

Komplette, editierbare Dokumentation und weitere Materialien