

# Experiment 07: Stockender Sand

einfach vorhanden (1x)

Stand: 27.07.2016 // v15s

## 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](http://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.

**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*

### 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.



## Experiment 07: Stockender Sand

### Fachlicher Hintergrund

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 Messkurve lässt eine Sättigung erwarten. 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.

Weiteres Material auf: [www.niliphex.de](http://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  
**ING.**  
Die Initiative für  
Ingenieurnachwuchs

**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](http://www.niliphex.de)

Komplette, editierbare Dokumentation und weitere Materialien