

Experiment 04: Granularer Greifer

mehrfach vorhanden (15x), außer Trichter (5x)

Stand: 27.07.2016 // v19

Phänomen

Ein mit Kaffee gefüllter Luftballon wird fest, wenn die Luft aus ihm herausgesaugt wird. Dieses Phänomen kann genutzt werden, um einen *Granularen Greifer* zu konstruieren.

Einleitung (für Schüler_innen)

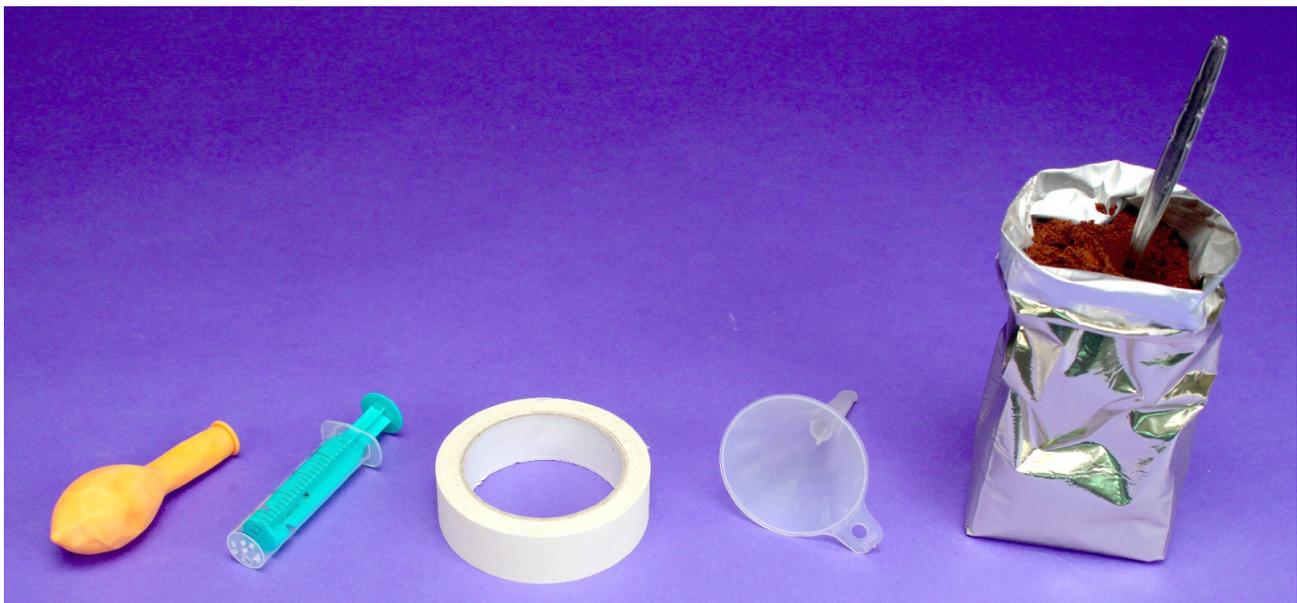
Was passiert, wenn ein Granulat, wie z. B. Kaffee, vakuumverpackt wird? Wie ändern sich seine Eigenschaften und wofür könnte das verwendet werden?

Material pro Schülergruppe

- Luftballon (min. 28 cm Durchmesser)
- Einwegspritze, 20 ml (durchlöchert & mit Kolben)
- Krepp-Klebeband bzw. normales Klebeband
- Trichter
- Granulat: Kaffeepulver (2–3 Esslöffel)
- ggf. Becher zum Verteilen des Granulats

Zusätzlich benötigtes Material

- selbstgewählte Test-Gegenstände (Münzen, Bleistifte, Anspitzer etc.)

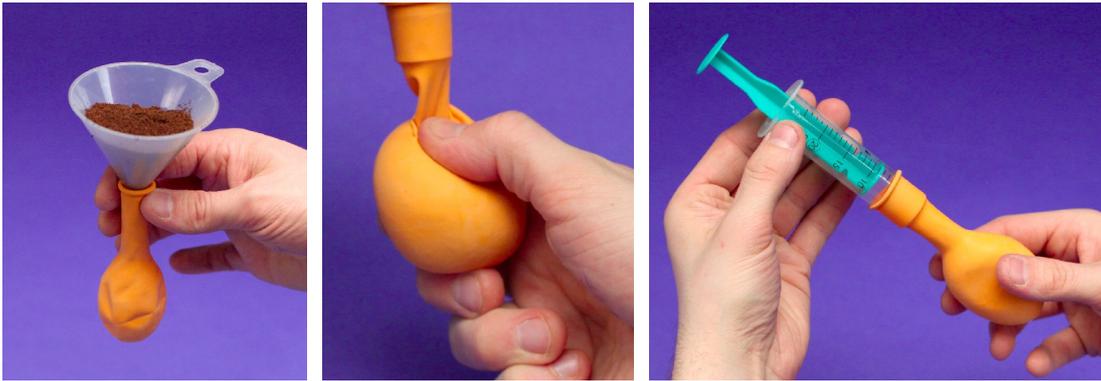


Vorbereitung

Zwei bis drei gehäufte Esslöffel Kaffee werden mittels Trichter in den Ballon eingefüllt. Wenn der Ballon gefüllt ist, kann durch Drücken am Hals des Luftballons weiterer Platz gewonnen werden (siehe folgende Fotos). Nach diesem Schritt sollte durch Schütteln der Hals des Luftballons frei von Kaffeepulver werden.

Eine durchlöchernte Einwegspritze wird auf ca. 5 ml mit Luft aufgezogen und der mit Kaffee gefüllte Luftballon wird über das untere Ende gestülpt. Dann wird er mit (Krepp-)Klebeband befestigt, damit der Ballon nicht von der Spritze rutscht.

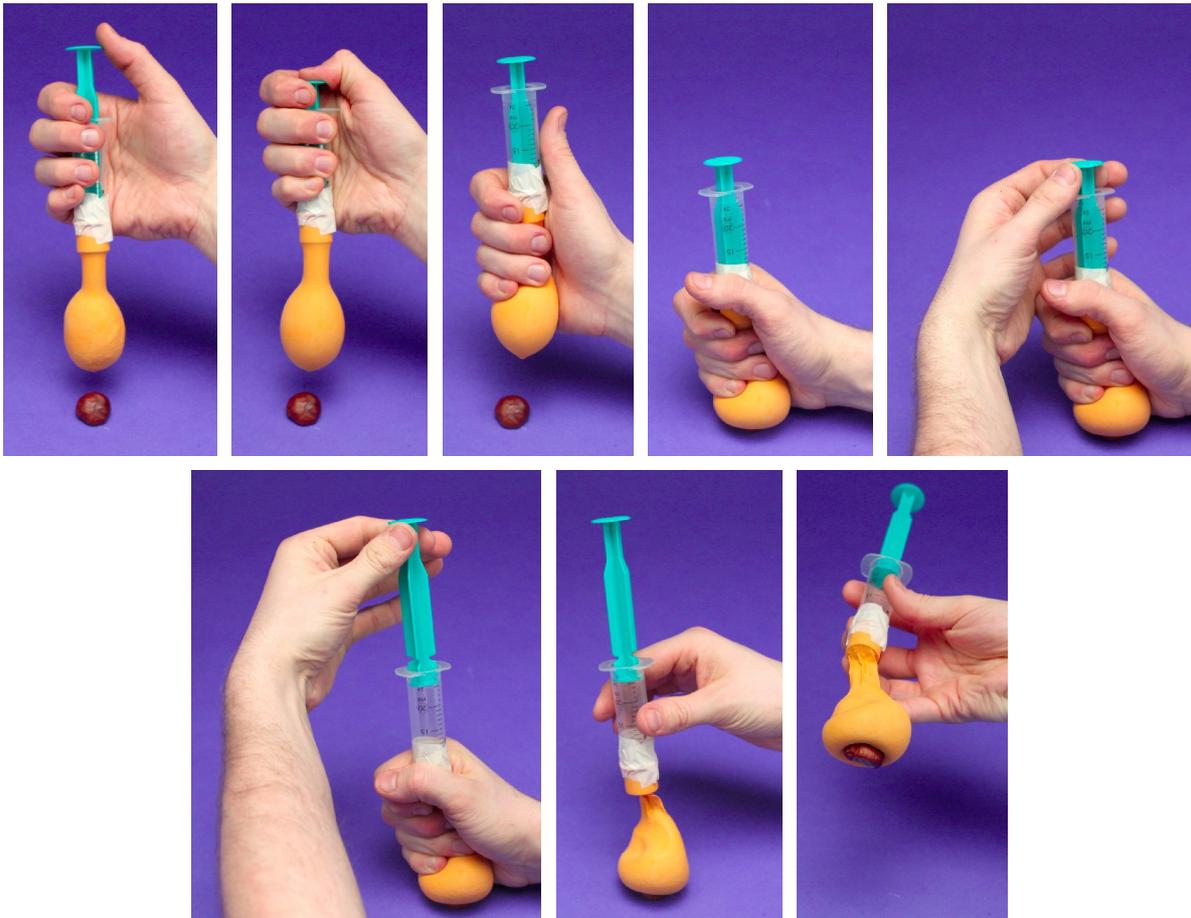
Experiment 04: Granularer Greifer



Durchführung

Zuerst muss das Kaffeepulver gelockert werden, indem der Kolben vollständig in die Einwegspritze des *Granularen Greifers* gedrückt wird. Nun wird der leicht aufgeblasene Luftballon auf einen zu hebenden Gegenstand gepresst. Während der Ballon weiter weg auf den Gegenstand gedrückt wird, wird die Spritze voll aufgezogen und damit ein Unterdruck im Ballon erzeugt. Idealerweise kann dies zu zweit durchgeführt werden, indem eine Person den aufgeblasenen Greifer auf den Gegenstand drückt und die andere Person die Spritze aufzieht. Dabei ist etwas Vorsicht geboten, denn der Kolben darf nicht aus der Einwegspritze gezogen werden. Die Einwegspritze kann am Ende einrasten – bei ca. 25 ml Volumen.

Nun kann versucht werden, den Gegenstand anzuheben.



Experiment 04: Granularer Greifer

Mögliche Arbeitsaufträge

- a) **Messung der Haltekraft:** Wie stark hält der *Granulare Greifer* maximal?
Zur Messung der Haltekraft wird ein Körper mit einer Aufhängung benötigt (z. B. eine Holzkugel mit Öse), damit der *Granulare Greifer* daran angesetzt werden kann. An der Aufhängung kann jetzt ein Kraftmesser befestigt werden und es wird vorsichtig stärker werdend am "haftenden" Greifer gezogen, bis er den Körper verliert. Der maximale Wert wird notiert.
Die Massestücke können alternativ an der Aufhängung nacheinander angebracht werden und in die entsprechende Gewichtskraft umgerechnet werden.
- b) **Unterschiedliche Materialien:** Wie verändert sich der *Granulare Greifer*, wenn andere Granulate genutzt werden (z. B. Salz, Zucker, Mehl, Mohn, getrocknete Erbsen, Sago, rote Linsen, Reis, Couscous o. ä.)? Welche funktionieren und welche nicht? Woran kann das liegen?

Hinweise

Zum **Verteilen des Kaffeepulvers** können z. B. die Becher aus *Experiment 01: Sandtürme bauen* verwendet werden.

Eine **Halloween-Variante** dieses Versuches lässt sich durchführen, indem ein Einweghandschuh bzw. Gummi-Haushaltshandschuh anstatt eines Luftballons genutzt wird. Alternativ zur Spritze kann der Einweghandschuh auch mit einem Gummi luftdicht verschlossen werden. Er behält, wenn er ausreichend gefüllt wurde, dann die Form bei, in die er gebogen wurde.



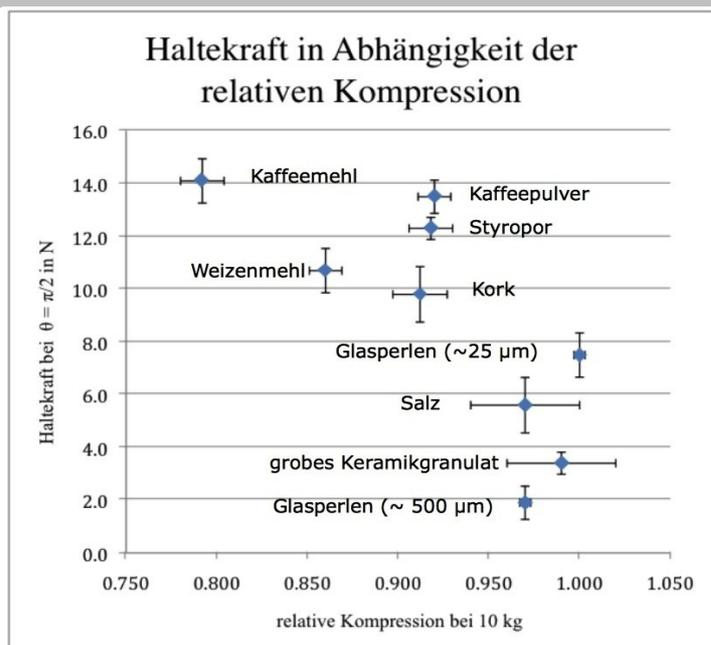
Zusammenhang mit:

- *Experiment 03: Kraftbrücken sichtbar machen*
- *Experiment 08: Aggregatzustände*

Fachlicher Hintergrund

Wird die Luft aus der Spritze gedrückt, so ist der Druck im Ballon größer als der äußere Umgebungsdruck, sodass die Wände des Ballons nach außen gedrückt werden. Die Kaffeeteilchen können in diesem Zustand leicht gegeneinander verschoben werden.

Wird mit der Spritze die Luft aus dem Ballon herausgesaugt, so wird der Ballon fest und lässt sich nur noch schwer verformen. Dadurch, dass Kaffee-Luftgemisch die Luft entzogen wird, nimmt der Druck im Ballon ab und wird durch einen höheren Umgebungsdruck zusammengedrückt.



Quelle: Träger, F. (2014): Realisierung und Analyse eines granularen Greifers. Bachelorarbeit, Freie Universität Berlin, Didaktik der Physik.

Experiment 04: Granularer Greifer

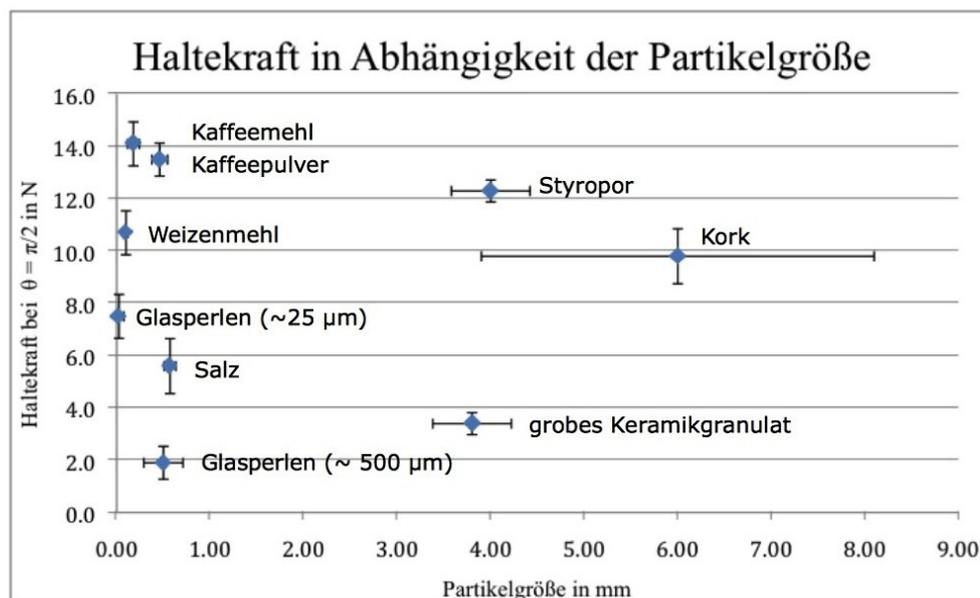
Der Grund für die Festigkeit basiert auf dem Phänomen der sogenannten *Dilatanz* (die nicht sinnidentisch ist mit dem Phänomen der *Dilatanz* bzw. *Scherverzähung* aus der Fluidodynamik).

Das Dilatanzphänomen bei Granulaten beschreibt die Volumenvergrößerung bei der Einwirkung von Scherkräften. Wird granulare Materie (hier: Kaffeepulver) verformt, hat dies immer die Vergrößerung der (meist luftgefüllten) Zwischenräume zur Folge.

Der Luftballon ist ein abgeschlossener Behälter, d. h. ohne Bewegung der Spritze kann keine Luft in den Ballon gelangen und somit auch keine Luft in die Zwischenräume der Kaffeeteilchen dringen. Für eine Verformung müssten sich aber die Zwischenräume im Kaffeepulver vergrößern (Dilatanz) und folglich müsste sich auch das Gesamtvolumen des Ballons vergrößern. Wird in einem abgeschlossenen Behälter bei gleicher Menge ein Volumen vergrößert, so sinkt folglich der Druck in diesem Behälter. Das Kaffeepulver im Ballon widersteht also einer Verformung, da der äußere Luftdruck Widerstand leistet.

Bei diesem Phänomen wird auch von einer „jamming phase transition“ gesprochen. Das Granulat geht über in einen „gestauten“ (engl. *jammed*) Zustand und verfestigt sich.

Bei der Untersuchung verschiedener Granulate zeigt sich, dass die Partikelgröße keinen eindeutigen Einfluss auf die Haltekraft des *Granularen Greifers* hat, sehr wohl aber auf die Kompressibilität. Je komprimierbarer ein Granulat ist, desto größer ist die Haltekraft im *Granularen Greifer*.



Quelle: Träger, F. (2014): Realisierung und Analyse eines granularen Greifers. Bachelorarbeit, Freie Universität Berlin, Didaktik der Physik.

Alltagsbezug / Anwendungen / Kontexte

Robotik-Greifer – Der *Granulare Greifer* findet in der Robotik Anwendung (siehe Hinweise unter *Weiteres Material*). Es lassen sich einfache Greifer konstruieren, die verschiedene Objekte greifen können, ohne sie zu beschädigen. Dabei ist die Form des Objektes nahezu beliebig und die Umsetzung eines solchen Greifers extrem preiswert.

Vakuumverpackter Kaffee zeigt genau das gleiche Verhalten. Wenn die Packung noch verschlossen ist, ist sie hart und kaum verformbar. Sobald sie angeschnitten wird, ist ein Zischen hörbar, das dadurch entsteht, dass Luft eingezogen wird. Danach ist die Kaffeepackung verformbar. Dieser Prozess ist umkehrbar, indem die Luft wieder aus der Packung herausgesaugt wird.

Experiment 04: Granularer Greifer

Vakuumschienenmaterial bzw. Vakuummatratzen nutzen diesen Effekt in der Rettung verunglückter Personen, die z. B. Brüche oder schwere Verletzungen erlitten haben, welche es erforderlich machen, dass der Patient möglichst wenig bewegt wird. Es handelt sich dabei um eine luftdichte Hülle, die mit Kunststoffkugeln gefüllt und im entspannten Zustand formbar ist. Sie passt sich (bei Auflage) an das Körperteil des Patienten an. Danach wird die Luft aus der Hülle herausgesaugt und entsprechend die Form fixiert. Nun ist ein Transport möglich, bei dem der Patient gut stabilisiert ist.

Rahmenlehrplanbezug

Aggregatzustände – In der Thematisierung der Aggregatzustände kann die Besonderheit von Granulaten, wie Sand, genutzt werden. Teils verhält sich Granulat wie eine Flüssigkeit (formbar), andererseits eher wie ein Festkörper (nicht verformbar).

Druck – Zur Thematisierung des Luftdrucks kann der *Granulare Greifer* als mögliche Anwendung genutzt werden, um die Wirkung des Unterdrucks sichtbar zu machen.

Lagerungshinweise / Instandhaltung

Falls fertig gebaute *Granulare Greifer* eingelagert werden, sollten die Spritzen auf ca. 5–10 ml aufgezogen sein, weil der Aufbau auf lange Zeit nicht dicht ist (u. a. diffundiert Luft durch die Luftballonhaut). So kann er dann sofort wieder eingesetzt werden, ohne dass er neu zusammengebaut werden muss.

Bei längerer Lagerung (3 Monate und länger) können die Ballons anfangen, ihre Eigenschaften zu ändern, ggf. müssen neue Luftballons besorgt werden. Es sollten Luftballons mit min. 28 cm Durchmesser bzw. min. 85 cm Umfang genutzt werden.

Weiteres Material auf: www.niliphex.de

Bachelorarbeit *Wissenschaftliche Untersuchung dieses Themas – Träger, F. (2014): Realisierung und Analyse eines granularen Greifers. Bachelorarbeit, Freie Universität Berlin, Didaktik der Physik.* (dt., 42 Seiten)

=> zu finden auf www.niliphex.de

Video *Anwendung des Granularen Greifers – University Chicago Cornell (2013): Robotic grippers based on granular jamming.* (engl., Dauer 2:36)

<https://www.youtube.com/watch?v=txMRGuHpUs8>

(letzter Zugriff: 25.07.2016); ShortLink: <http://v.gd/Z3kdCA>



Video *Granularer Greifer als Handschuh mit Staubsauger – Grains de Bâtisseurs (2013): chap 1 / exp n°6 "l'aspirateur et le gant"* (frz., Dauer 1:51)

<https://www.youtube.com/watch?v=cQy0FFaP2E8>

(letzter Zugriff: 03.05.2016); ShortLink: <http://v.gd/njsaLu>



Webseite *Anwendungen Granularer Greifer und verwandter Phänomene – Jaeger Lab (2012): Soft Robotics* (engl.)

http://jfi.uchicago.edu/~jaeger/group/Soft_Robotics/Soft_Robotics.html

(letzter Zugriff: 03.05.2016); ShortLink: <http://v.gd/3J42ol>



Experiment 04: Granularer Greifer

Text *Verwandte Phänomene und weitere Ideen – Nordmeier, V.; Schlichting, H. J. (2008): Physik beim Frühstück. In: Naturwissenschaften im Unterricht - Physik, 19 (105/106), S. 12–16. (dt., 4 Seiten)*

https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/424_physik_beim_fr_hst_ck.pdf

(letzter Zugriff: 03.05.2016); ShortLink: <http://v.gd/LFIEcN>

=> zu finden auf www.niliphex.de



Video *Brückenbau mit Vakuum – Die Sendung mit der Maus (2013): Vakuumbrücke – Filme – Sachgeschichten. (dt., Dauer 5:55)*

<http://www.wdrmaus.de/sachgeschichten/sachgeschichten/vakuumbruecke.php5>

(letzter Zugriff: 09.05.2016); ShortLink: <http://v.gd/q6zo98>



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