

Lehreranleitung zur

**KNIFFELIX online Experimentierplattform
mit Ketchup-Mission**

www.kinderforscher.de/kniffelix

© KINDERFORSCHER AN DER TUHH
www.kinderforscher.de

Experimentieranleitung: Ketchup & Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten: Wieso kommt Ketchup mit einem Schwall aus der Flasche?

Hinweise zum Verständnis:

-  Schwarzer Text bezieht sich auf Vorschläge, was Sie sagen könnten
-  Roter Text markiert den Versuchsteil und gibt Hinweise zum Versuchsaufbau und -durchführung
-  Blauer Text kennzeichnet Kommentare, Hinweise sowie mögliche Antworten der Kinder

Ziele der Stunde:

- Dazu anregen, Phänomene aus dem Alltag wahrzunehmen, zu hinterfragen und zu erforschen
- Selbstständig in Kleingruppen Arbeitsanleitungen umsetzen
- Erkenntnis, dass Flüssigkeiten verschiedene Fließverhalten aufweisen können
- Auseinandersetzung mit dem Begriff Viskosität
- Unterschied zwischen newtonschen und nicht-newtonschen Flüssigkeiten

1. Einleitung:

 Ist es euch auch schon so gegangen? Ich wollte letztens Pommes mit Ketchup essen. Aber als ich die Ketchup-Flasche über meine Pommes gehalten habe, bewegte sich der Ketchup keinen Zentimeter. Um nachzuhelfen, habe ich dann auf den Flaschendeckel gehauen. Auf einmal schoss der Ketchup mit einem Schwall aus der Flasche und überflutete meine Pommes. Wie konnte das passieren?

Zum Einstieg eignet sich diese Szene aus dem Alltag, die die meisten schon einmal erlebt haben. Lebhafter wird es, wenn man die Situation einmal mit einer Ketchup-Flasche demonstriert. Achten Sie darauf, dass Sie für die Demonstration eine Glasflasche benutzen. Sammeln Sie mit den Kindern Ideen, warum Ketchup sich so verhält.



„Experimentieranleitung: Ketchup & Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten, Wieso kommt Ketchup mit einem Schwall aus der Flasche?“ von Kinderforscher an der TUHH steht unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung 4.0 International. Um eine Kopie dieser Lizenz zu sehen, besuchen Sie <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

F Woran es liegt, dass der Ketchup zunächst gar nicht und dann nach dem Draufschlagen in einem großen Schwall aus der Flasche kommt, das wollen wir heute untersuchen. Dazu wollen wir uns näher mit den Eigenschaften von Flüssigkeiten beschäftigen. Was für Flüssigkeiten kennt ihr?

Mögliche Antworten: Wasser, Öl, Saft, Milch, Honig, Blut

F Ein Mann, der sich näher mit Flüssigkeiten beschäftigt hat, war Isaac Newton. Er hat untersucht, wie Flüssigkeiten fließen und seine Erkenntnisse in seinem Newtonschen Gesetz zum Thema Fluide festgehalten.

Unter dem Link:

<https://kniffelix.rz.tu-harburg.de/begib-dich-auf-spurensuche/projektuebersicht/ketchup/mission-1/mission-1/>

finden Sie ein Video über den Wissenschaftler Isaac Newton und sein Gesetz, welches das Fließverhalten von Flüssigkeiten beschreibt.

Alternativ der Text aus dem Video:

„Newton befasste sich mit der sogenannten Viskosität, die beschreibt wie zäh, also wie dick- oder dünnflüssig eine Flüssigkeit ist. Er stellte fest, dass Flüssigkeiten umso langsamer fließen, desto dickflüssiger sie sind.

Das lässt sich so erklären: Eine Flüssigkeit besteht aus ganz vielen kleinen Teilchen. Je visko- ser, also dickflüssiger, eine Flüssigkeit ist, umso stärker sind die Teilchen aneinandergebunden. Das macht sie weniger beweglich. Die Flüssigkeit kann nur langsam fließen.

Durch Krafteinwirkung kann die Bindung zwischen den Teilchen gelockert werden. Isaac Newton entdeckte, dass Flüssigkeiten umso schneller fließen, je mehr Kraft auf sie ausgeübt wird. Diesen Umstand beschrieb er in seinem Newtonschen Gesetz zum Thema Fluide.

Newtons Gesetz kannst du ganz einfach beobachten, wenn du Wasser aus einer Flasche drückst. Je kräftiger du die Flasche drückst, desto schneller fließt es heraus.“

F Ist Ketchup nun eine Flüssigkeit, wie sie Isaac Newton beschrieben hat? Das wollen wir mit ein paar Tests herausfinden.



2. Versuch: „Verhält sich Ketchup wie Wasser?“

 Material pro Gruppe (2-4 Schüler) oder als Demonstrationsversuch:

- 2 Schüsseln
- 2 Esslöffel,
- 1 Glasflasche mit Ketchup
- 1 Glasflasche mit Wasser (leere Ketchup-Flasche)

 Die Kinder können die kurzen Tests sehr gut selbstständig durchführen.

 Am Ende müssen die Schüsseln gespült werden.

3. Nachbesprechung zum Versuch „Verhält sich Ketchup wie Wasser?“

 Welche Beobachtungen habt ihr gemacht?

Kniffelix
Mission 2

Umdrehtest:

Dreht man die Wasserflasche ganz schnell um, läuft das Wasser sogleich hinaus in die Schüssel. Der Ketchup bleibt hingegen in der Flasche. Er bewegt sich gar nicht oder nur sehr wenig.

Fließtest:

Hält man die Wasserflasche schräg, läuft das Wasser gleichmäßig aus der Flasche. Das Wasser passt sich der Form der Schüssel an. Schüttelt man die Ketchupflasche zunächst und hält sie dann schräg, fällt der Ketchup in Klumpen in die Schüssel. Es bildet sich ein Häufchen.

Rührttest:

Umso mehr man im Wasser herumrührt, umso mehr setzt man die Flüssigkeit in Bewegung. Beim Ketchup bewegt sich immer nur der Teil, der umgerührt wird.

Fazit:

Ketchup verhält sich anders als Wasser. Er folgt nicht Newtons Gesetz. Es handelt sich um eine nicht-newtonsche Flüssigkeit.



F Wie verhalten sich nun nicht-newtonsche Flüssigkeiten? Dazu wollen wir neben Ketchup noch eine andere nicht-newtonsche Flüssigkeit untersuchen: Oobleck, ein Wasser-Maisstärke-Gemisch.

4. Versuch: „Wie verhalten sich nicht-newtonsche Flüssigkeiten“

F Material pro Gruppe (2-4 Schüler) oder als Demonstrationsversuch:

- 2 Schüsseln (ca. 500 ml Fassungsvermögen)
- 2 Esslöffel
- 1 Küchenwaage (100 g Wasser & 150 g Maisstärke) ODER
Messbecher für 100ml Wasser und 150g Stärke
- 1 Glasflasche mit Ketchup
- 100ml Wasser (100ml Wasser = 100g Wasser)
- 150 g Maisstärke

F Die Kinder können die kurzen Tests sehr gut selbstständig durchführen.

F Wenn das Maisstärke-Wasser-Gemisch sich nicht durch festes reingreifen in die Flüssigkeit zu einem Ball formen lässt, geben Sie noch etwas Maisstärke hinzu. Wenn die Flüssigkeit zu fest erscheint (fester als z.B. Jogurt), geben Sie Wasser hinzu. Grundsätzlich können die Kinder mit den Mengenverhältnissen weiter experimentieren oder Lebensmittelfarbe hinzugeben.

F Zum Aufbewahren bitte in den Kühlschrank stellen.
Nicht in einer geschlossenen Schüssel bei Raumtemperatur übernacht stehen lassen, das Gemisch wird dann schnell schlecht.

F Am Ende darf das Maisstärke-Wasser-Gemisch **NICHT** in der Spüle oder der Toilette entsorgt werden - **VERSTOPFUNGSGEFAHR!!!!**
Entsorgen sie das Gemisch im Restmüll.



5. Nachbesprechung zum Versuch „Wie verhalten sich nicht-newtonsche Flüssigkeiten“

 Welche Beobachtungen habt ihr gemacht?

Kniffelix
Mission 3

Je schneller man das Maisstärke-Wasser-Gemisch umrührt, umso fester wird das Gemisch. Die Konsistenz des Ketchups bleibt gleich oder wird dünnflüssiger, je stärker man rührt.

Schlägt man mit dem Löffel auf das Maisstärke-Wasser-Gemisch, wird es fest. Ketchup bleibt flüssig.

Versucht man das Maisstärke-Wasser-Gemisch in der Hand mit Druck zu formen, bildet sich ein Klumpen, solange man ihn unter Druck formt. Ketchup lässt sich nicht formen. Er wird mit der Zeit dünnflüssiger, wenn man ihn bearbeitet.

 Nicht-newtonsche Flüssigkeiten ändern ihre Viskosität, d.h. wie dünn- und dickflüssig sie sind, wenn man Kraft auf sie ausübt. Manche Flüssigkeiten werden **unter Kraftausübung dickflüssiger** wie der Oobleck, dieses Verhalten nennt man **dilatant**. Andere Flüssigkeiten, wie Ketchup, werden **unter Kraftausübung dünnflüssiger**. Dieses Verhalten nennt man **strukturviskos**. Mit dem Verformungs- und Fließverhalten von Stoffen beschäftigt sich die Wissenschaft, wie zum Beispiel der Fachbereich Strömungsmechanik oder die Rheologie. Deren Erkenntnisse werden bei der Herstellung nicht-newtonscher Produkte wie Ketchup, Zahnpasta, Schlagsahne, Farbe und Lacke angewendet.

Die Strukturviskosität hat Einfluss darauf, wie der Ketchup aus der Flasche kommt. Verteilen Sie die Wissensbox an die Schüler. Dort können sie nachlesen, was auf Teilchenebene im Ketchup passiert, wenn man auf den Flaschenboden schlägt.



Materialliste: Ketchup

Material pro Gruppe für alle Versuche:

(Als Demonstrationsversuch Schlüsselgröße, sowie Wasser und Maisstärke-Mengen verdoppeln)

-  Anleitung: „Verhält sich Ketchup wie Wasser?“
-  Anleitung „Wie verhalten sich nicht-newtonsche Flüssigkeiten?“
-  Wissensbox: „Was sind Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten & Rheologie“
-  2 Schüsseln (ca. 500 ml Fassungsvermögen)
-  Küchenwaage (100 g Wasser und 150 g Stärke) ODER
-  Messbecher für Wasser (100 ml Wasser und 150g Stärke)
-  1 Glasflasche Ketchup
-  1 Glasflasche Wasser (z.B. leere Ketchup-Flasche)
-  2 Esslöffel
-  Mindestens 150g Maisstärke
-  Mülltüte, um die Stärke zu entsorgen
-  Mindestens 100 ml Leitungswasser, kalt bis Zimmertemperatur
-  Spüli und Küchenhandtuch zum Spülen am Ende!

WICHTIGER HINWEIS:

Die Schüler dürfen die Maisstärke auf keinen Fall in die Spüle kippen, sondern müssen die Masse im Restmüll entsorgen! Der Abfluss könnte verstopfen!



„Experimentieranleitung: Ketchup & Nicht-Newtonsche Flüssigkeiten, Wieso kommt Ketchup mit einem Schwall aus der Flasche?“ von Kinderforscher an der TUHH steht unter der Creative-Commons-Lizenz Namensnennung 4.0 International. Um eine Kopie dieser Lizenz zu sehen, besuchen Sie <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>.

Versuche: Verhält sich Ketchup wie Wasser?



Material zur Versuchsdurchführung:

2 Schüsseln, 2 Esslöffel, 1 Flasche Ketchup, 1 Flasche Wasser

Umdrehtest

Schraube die Deckel von den beiden Flaschen ab und drehe sie ganz schnell auf den Kopf (nicht draufschiagen). Wie verhalten sich das Wasser und der Ketchup?



Wasser:

Ketchup:

Fließtest

Fülle die Flüssigkeiten bei Bedarf wieder in die Flaschen. Halte beide Flaschen anschließend schräg nach unten. Wie fließen Wasser und Ketchup aus der Flasche?



Wasser:

Ketchup:

Rührttest

Fülle Wasser und Ketchup jeweils in eine Schüssel. Rühre die Flüssigkeiten mit einem Löffel einmal schnell und einmal langsam um. Was kannst du beobachten?



Wasser:

Ketchup:

Versuche: Wie verhalten sich nicht-newtonsche Flüssigkeiten?



Versuchsvorbereitung:

Du benötigst du eine Küchenwaage oder einen Messbecher mit Stärke-Skala in g und Flüssigkeiten-Skala in ml. Vermische 150g Maisstärke mit 100ml Wasser in einer Schüssel. Gebe etwa 5 Esslöffel Ketchup in die andere Schüssel.

Wichtig: Entsorge das Maisstärke-Wasser-Gemisch später NICHT in der Spüle oder Toilette, sondern im Restmüll. Verstopfungsgefahr!

Rührtests

Rühre die Flüssigkeiten einmal schnell und einmal langsam um.
Was kannst du feststellen?



Wasser mit Maisstärke:

Ketchup:



Schlagtest

Lege je einen Löffel vorsichtig auf die beiden Massen. Was passiert?
Haue beim nächsten Test mit je einem Löffel kräftig auf die beiden Flüssigkeiten.
Was kannst du beobachten? Haue mit der Faust auf das Maisstärke-Gemisch!



Wasser mit Maisstärke:

Ketchup:

Formtest

Nehme eine Hand voll Maisstärke-Gemisch und versuche eine Kugel zu formen, indem du die Masse zwischen den Handflächen zu einem Ball reibst. Mache das gleiche mit etwas Ketchup. Was stellst du fest?



Wasser mit Maisstärke:

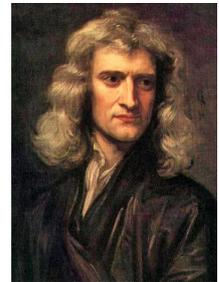
Ketchup:

Wissensbox: Nicht-Newton'sche Flüssigkeiten & Rheologie

Eine Flüssigkeit ist flüssig und ein Feststoff fest, könnte man denken! Aber stimmt dies immer unter allen Umständen? Nein! Und spielt das in unserem Leben irgendwo eine Rolle? Ja, in unserem Alltag, in der Industrie und in der aktuellen Forschung! Die Erfahrung macht jedes Kind und dennoch denkt keiner darüber nach.

Was ist eine newtonsche und was eine nicht-newtonsche Flüssigkeit?

Das Verhalten der meisten Flüssigkeiten, wenn sie fließen, ist gleich. Zum Beispiel: Je dickflüssiger (viskoser) eine Substanz ist, umso langsamer fließt sie. Je steiler die Neigung eines Behälters gehalten wird, umso schneller fließt die enthaltene Flüssigkeit heraus. Die genaueren Gesetzmäßigkeiten wie sich die meisten Flüssigkeiten beim Fließen verhalten wurden von dem Naturforscher und Philosoph Isaac Newton (1643-1727) beschrieben. Die Flüssigkeiten, die sich so verhalten wie in seinen Gesetzen beschrieben, heißen „newtonsche Flüssigkeiten“. Es gibt aber auch Flüssigkeiten, die sich nicht wie in diesen Gesetzen beschrieben verhalten. Diese nennt man „nicht-newtonsche Flüssigkeiten“.

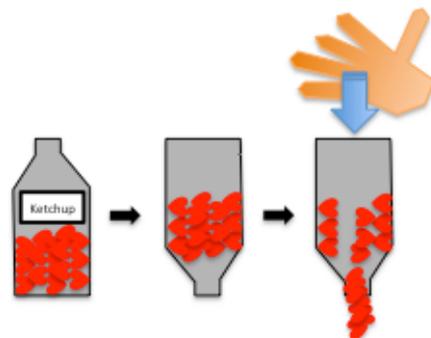


Vielleicht bereits beobachtet, die nicht-newtonsche Flüssigkeit Ketchup:



Wer einen Eimer Ketchup sieht kann diesen umrühren und wird feststellen, Ketchup ist flüssig. Gibt man den Ketchup jedoch in eine Glasflasche und dreht diese auf dem Kopf, so fließt der Ketchup nicht wie eine Flüssigkeit aus der Flasche, sondern bleibt in der Flasche und verhält sich wie ein Feststoff. Erst wenn auf die Glasflasche geschlagen wird, und somit eine Kraft auf die

Flüssigkeit Ketchup ausgeübt wird, verhält sich Ketchup flüssig und fließt aus der Flasche. Das geschieht oft so gut, dass anschließend der ganze Teller voller Ketchup ist! Und warum? Steht die Flasche Ketchup eine gewisse Zeit, dann setzen sich die kleinen Teilchen im Ketchup und verkanten sich etwas. Stellt man die Flasche nun auf den Kopf, bleiben die Teilchen verkantet. Die Reibung der Teilchen aneinander ist zu groß und sie können nicht aneinander vorbeifließen. Wird nun eine Kraft auf die Teilchen ausgeübt, so drückt diese Kraft die verzahnten Teilchenebenen aneinander vorbei. Durch die äußere Krafteinwirkung (schütteln) werden die Feststoffteilchen wieder mit der Flüssigkeit vermischt (Fachwort: emulgiert) und der Ketchup kann aus der Flasche fließen. Sind die ersten verzahnten Teilchen aus der Flasche, so können alle weiteren Ebenen schnell hinterher fließen und der gesamte Teller ist voll mit Ketchup!



Wasser mit Maisstärke: Eine andere Art nicht-newtonsche Flüssigkeit

Werden Wasser und Maisstärke zu fast gleichen Gewichtsanteilen zusammengegeben (etwas mehr Stärke), so ergibt sich eine Flüssigkeit, die man gut zwischen zwei Gläsern hin und her gießen kann. Lässt man einen Gegenstand nur vorsichtig in die Maisstärke-Wassermischung einsinken, haben die Wasserteilchen genug Zeit in die Zwischenräume der Stärketeilchen zu flüchten. Deshalb sinkt beispielsweise ein Löffel in der Maisstärke-Wassermischung beim langsamen auflegen.



Wird mit einem Löffel oder der Faust auf die Maisstärke-Wassermischung geschlagen, werden die Wasserteilchen und die Stärketeilchen zusammengepresst und verhaken sich. Die Flüssigkeit wird bei Krafteinwirkung sofort fest.



Entspannt sich die Masse, verflüssigt sie sich auch wieder, da die Wasserteilchen zurück in die entstehenden Zwischenräume fließen können. So wird ein geformter Kloß nach kurzer Zeit wieder flüssig.



Ketchup und die Maisstärke-Wassermischung verhalten sich bei Krafteinübung entgegengesetzt. Beide verhalten sich NICHT wie in den Gesetzmäßigkeiten von Flüssigkeiten, die seinerzeit Isaac Newton beschrieb. Daher verhalten sich beide Flüssigkeiten **nicht-newtonsch**.

Wissenschaftlich beschäftigt sich die **Rheologie** mit dem Fließverhalten von Substanzen wie z.B. auch von Farben und Lacken. Zur Bezeichnung des Fließverhaltens unterschiedlicher Arten von Farben und Lacken werden spezielle Fachbegriffe der Rheologie verwendet. Ein dünnflüssiger Lack der sich bei Krafteinwirkung dickflüssig (viskos) verhält, jedoch sofort nach Krafteinwirkung wieder dünnflüssig wird, wird als „dilatanter Lack“ bezeichnet. Ein dilatanter Lack verhält sich nicht-newtonsch. Beispiele anderer bekannter Arten von Lacken sind:

Thixotrope Lacke: Bei Krafteinwirkung (z.B. Rühren) wird der vorher dickflüssige Lack dünnflüssig. Nach einer Ruhezeit wird der Lack wieder dickflüssiger.

Strukturviskose Lacke: Der dickflüssige (=viskose) Lack wird bei Krafteinwirkung (z.B. Rühren) flüssig. Sofort nach der Krafteinwirkung wird er wieder dickflüssig.

Rheopexe Lacke: Der dünnflüssige Lack wird bei Krafteinwirkung dickflüssig (=viskos). Nach längerer Ruhezeit wird der Lack wieder dünnflüssig.

Dieses Wissen ist sehr wichtig um Verfahren zu entwickeln um Farbe und Lacke herzustellen und auf Materialien aufzutragen, z.B. durch streichen, rollen oder sprühen. Das Fließverhalten einer Farbe oder eines Lackes bestimmt wie der Lack aufgetragen werden kann.

Links zum Weiterforschen:

www.kinderforscher.de/kniffelix & www.wdr.de/tv/wissenmachtah/bibliothek/newtonschefluessigkeit.php5

Bild-Quellen: Isaac Newton: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/39/GodfreyKneller-IsaacNewton-1689.jpg> und Ketchup: <http://www.seilnacht.com/nano/nanoket2.JPG>