



Konzipierung & Umsetzung einer Physikshow

MARKUS HERBST, SIMON EIBLHUBER, MICHAEL WAGNER, SAMUEL GRADWOHL, CHRISTIAN HASLINGER, ROBERT KNAPP, VERENA AUER, THOMAS MARTINEZ, LUKAS PRAX, GERRIT BROEHNHORST, THERESA BRANDT, MANUELA JAKOBER, MATTHIAS STOCKINGER, CHRISTOPHER HINTERHAUSER, SABRINA SPERINGER, ELMA MULIC, MICHAELA STÖGER, JENNIFER KASTNER, CHRISTOPH THORWARTL

MARKUS.HERBST@SBG.AC.AT

Zusammenfassung

Im Zuge der Übung „Konzipierung und Umsetzung einer Physikshow“ wurde als Endergebnis am 16.12.2016 eine Physikshow vor einem öffentlichen Publikum vorgeführt. Die Übung wurde an der Naturwissenschaftlichen Fakultät (Salzburg, Paris Lodron Universität) unter der Leitung von Mag.rer.nat. Markus Herbst, M.Sc. getätigt.

Im folgenden Dokument sind neben den Experimenten auch die Konzipierung, Berichte der Gruppen sowie viele Tipps zur Durchführung zu finden.

1 Inhalt

2	Einleitung.....	2
2.1	Was ist eine Physikshow?.....	2
2.2	Was sind die Ziele einer Physikshow?	2
2.3	Erwartete Lernergebnisse & erworbene Kompetenzen für Studierende.....	2
2.4	Ziele für das Publikum	2
3	Experimente.....	3
3.1	Feuertornado	3
3.2	Plasmakugel.....	5
3.3	Nebelseifenblase.....	6
3.4	CO ₂ eingießen.....	7
3.5	Kerze ersticken.....	8
3.6	Implodierendes Fass.....	10
3.7	Stickstoff-Rose.....	12
3.8	Schaumexplosion	13
3.9	Feuerkugel.....	14
3.10	Unterwasser Spritzkerzen.....	15
3.11	Trichter & Tischtennisball	16
3.12	Bernoulli-Kanone	18
3.13	Rauchringkanone	19
4	Tipps zur Konzipierung einer Physikshow.....	20
4.1	Checkliste.....	20
4.2	Weitere Tipps.....	20
5	Danksagung.....	21
6	Resümee	22

2 Einleitung

2.1 Was ist eine Physikshow?

Eine Physikshow kann viele Facetten aufweisen. Im Grunde gilt es, Experimente, Versuche oder Phänomene in der Physik einem Publikum zu präsentieren. Dies kann einen großen Showcharakter annehmen, indem man das Vorgezeigte in einem unterhaltsamen Kontext darbietet.

2.2 Was sind die Ziele einer Physikshow?

Für die Showbeteiligten, welche in diesem Kontext Studenten und Studentinnen des Lehramtes Physik an der Universität Salzburg sind, können im Zuge der Konzipierung mannigfaltige Fähigkeiten erworben und ausgebaut werden. So übt man sich unter anderem in der Zielsetzung von Projekten, Teamarbeit, Verantwortung, Aufarbeitung von Experimenten und deren didaktischen Wert zu hinterfragen. Im Folgenden sind die zu erwerbenden Kompetenzen für die Studierenden aufgelistet:

Die Wirksamkeit **methodisch-didaktischer Ansätze** wird auf mehreren Ebenen für die Studierenden erfahrbar gemacht:

- Auffinden geeigneter Themen & Fragestellungen
- Entwicklung passender Antworten auf die Fragestellungen
- Entwicklung & Durchführung einer Reihe von Versuchen
- Konzipieren, Organisieren & Durchführen einer öffentlichen Veranstaltung
- Bewerben einer öffentlichen Veranstaltung
- Bedeutung der Wirksamkeit öffentlicher Arbeit im Hinblick auf die zukünftige Arbeit als Lehrperson
- Schulung der Rhetorik & Präsentationsfähigkeiten
- Vermittlung der fachdidaktischen Grundlagen des Experimentierens

2.3 Erwartete Lernergebnisse & erworbene Kompetenzen für Studierende

- Konzipieren, Organisieren & Durchführen einer Physikshow
- Erarbeitung der begrifflichen und experimentellen Basis für die Durchführung von Experimenten
- Teilnehmerinnen verschaffen sich einen Zugang, der geeignet ist, die teils sehr komplexen Themen im Physikunterricht zu behandeln und verständlich zu machen
- Vermittlung von Fähigkeiten in der Elementarisierung und didaktischen Rekonstruktion fachlicher Inhalte
- Fähigkeiten in der experimentell-anschaulichen Aufarbeitung von Alltagskontexten
- Fähigkeiten in der praktischen Durchführung von Demonstrationsexperimenten
- Fähigkeiten zur multimedialen Unterstützung und Darstellung von physikalischen Experimenten und Fachwissen
- Kommunikationsfähigkeiten
- praktische Erfahrung verschiedener Aspekte der Organisation und Konzipierung einer Großveranstaltung, welche ebenfalls Teile des Lehrberufs sind

2.4 Ziele für das Publikum

Je nachdem wie genau eine Physikshow aufgearbeitet wird, sind die **Ziele für das Publikum** variabel. Für eine Schulklasse arbeitet man die Physikshow im Charakter einer Unterrichtsstunde auf, für ein gemischtes öffentliches Publikum werden Unterhaltungscharakter und „einfachere“ Expe-

perimente aus dem Alltag in den Vordergrund gerückt. Im Folgenden wird kurz zusammengefasst, „was eine Physikshow dem Publikum bieten kann“.

- Unterhaltung
- Lerncharakter
- Vermittlung der physikalischen Sichtweise von Alltagsphänomenen
- Naturwissenschaftliche Vorgänge für jeden nachvollziehbar aufgearbeitet
- Staunen hervorrufen
- Interesse wecken (sowohl bei Kindern als auch Erwachsenen)
- Vorurteile gegenüber der Physik abbauen (Langweilig, Unverständlich, ...)
- Inhalte für jeden verständlich machen
- Weiterempfehlen solcher Veranstaltungen und Bekanntmachen der Universitären Einrichtungen
- Wunsch / Bereitschaft Veranstaltungen ähnlicher Art ebenfalls zu besuchen wird gestärkt

3 Experimente

3.1 Feuertornado

Material

- Drehbarer Untersatz
- Zylindrischer Drahtkäfig
- Brennstoff (Sicherheitsbrennpaste auf Isopropanol-Basis->verläuft nicht)
- Feuerfeste Unterlage für Brennstoff (Bsp. Tongefäß)
- Antrieb? (Bsp. durch Seil, das zuvor um den drehbaren Untersatz gewickelt wurde)

Aufbau

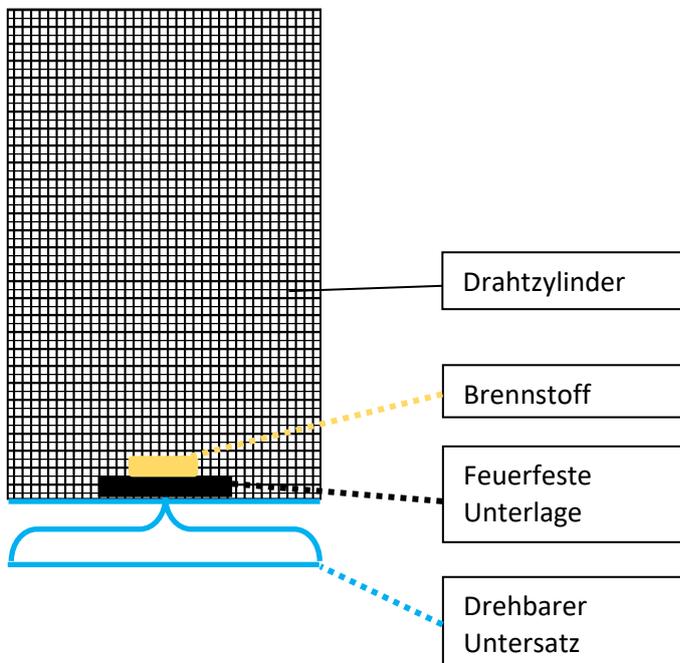


Abbildung 1 – Skizze: Feuertornado.

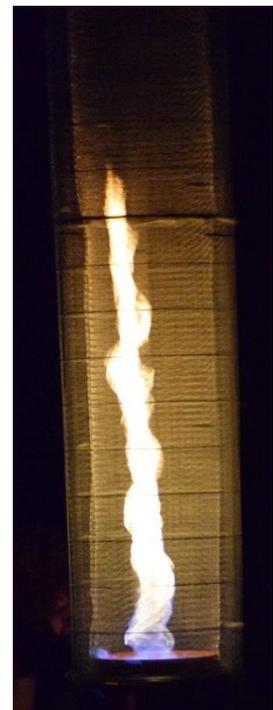


Abbildung 2 – Physikshow: Feuertornado.

Durchführung

Das Experiment wird gemäß dem obenstehenden Aufbau aufgebaut. Auf der Bühne wird der Brennstoff angezündet und der Zylinder in Drehung versetzt (ca. 1 Umdrehung/Sekunde). Aus der Flamme bildet sich ein hoher Flammentornado, der etwa 1 Minute unter ständigem Drehen brennt.

Erklärung (grob)

Die heißen Verbrennungsgase steigen nach oben und ziehen die Luft von außen nach. Je näher die rotierende Luft dem Zentrum des Zylinders kommt, desto schneller dreht sie sich (Pirouetten-Effekt).

⇒ Ganz ähnlich der Pirouette beim Eislaufen oder auf dem Karussell am Spielplatz.

Daher dreht sich der Tornado so schnell und er wird so hoch.

Erklärung (detailliert)

Bei einem sich drehenden Körper bezeichnet man als Pirouetten-Effekt die Steigerung der Rotationsgeschwindigkeit, die sich bei Verlagerung von Masse näher zur Rotationsachse ergibt. Das physikalische Prinzip hinter diesem Effekt ist die Drehimpulserhaltung.

Der Drehimpuls L ist definiert durch:

$$L = J \cdot \omega$$

J ... Trägheitsmoment

ω ... Winkelgeschwindigkeit

Das Trägheitsmoment ergibt sich aus dem Produkt von Masse und dem Abstand zur Drehachse zum Quadrat:

$$J = m \cdot r^2$$

m ... Masse

r ... Abstand

Strömt die Luft nun zur Mitte des Zylinders, so nimmt der Abstand und damit auch das Trägheitsmoment ab. Da der Drehimpuls ohne äußere Einflüsse aber eine Erhaltungsgröße ist, muss im selben Verhältnis, in dem das Trägheitsmoment abnimmt, die Winkelgeschwindigkeit zunehmen.

(In der Praxis gibt es aber äußere Einflüsse durch Reibungseffekte, allerdings sind diese im Vergleich zur Änderung des Trägheitsmomentes klein, sodass trotzdem eine Erhöhung der Winkelgeschwindigkeit erkennbar bleibt)

Somit ergibt sich im Zentrum des Zylinders eine nach oben gerichtete Spiralbewegung des Windes mit hohen Geschwindigkeiten. Dadurch wird die Flamme zu einem langgezogenen Tornado gezogen.

Quellen

<http://www.physikanten.de/experimente/feuertornado>

<http://www.wetter.de/cms/wetter-lexikon-so-entsteht-ein-feuertornado-1899145.html>

Abbildung 2: Michael Vasar (2017). Physikshow "phys-X-periment".

3.2 Plasmakugel

Material

- Plasmakugel
- 2 x Neonröhre
- Tuch zum Abdecken
- Stromversorgung

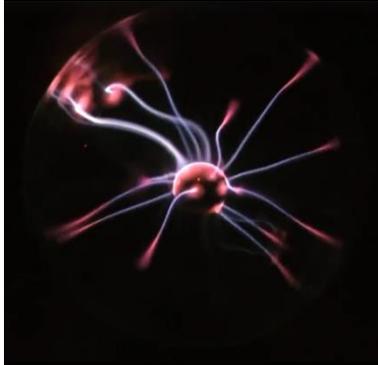


Abbildung 3 – Plasmakugel.

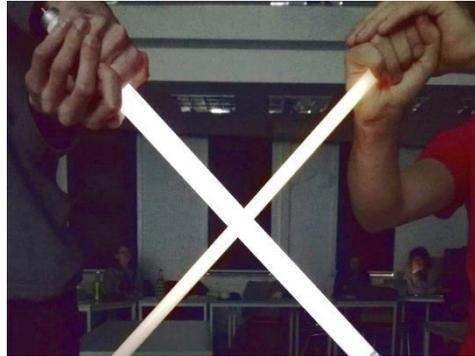


Abbildung 4 – Neonröhren.

Aufbau

Gut sichtbar platzierte Plasmakugel unter dem Tuch. Neonröhren bereithalten.

Durchführung

Moderatorenversuch. Eher als Showelement. Moderatoren „schalten“ ihre „Laserschwert-Leuchtstoffröhren“ an der unter dem Tuch verborgenen Plasmakugel ein und veranstalten einen Showkampf.

Erklärung

In einer Plasmakugel (Nikola Tesla) werden Ladungsträger (Ionen/freie Elektronen) in einem elektrischen Feld beschleunigt. Ein Transformator erzeugt eine Wechselspannung, wobei die Kugel in der Mitte dann als eine Elektrode und die Kugeloberfläche als zweite Elektrode fungiert. Durch Stoßionisation kommt es zur Glimmentladung, die dann auch sichtbar ist. Da die Kugeloberfläche nicht leitfähig ist entstehen diese Entladungen an einzelnen Fäden, sog. Filamenten. Wird ein Finger oder die Hand an die Kugel gelegt, kann der Strom dort besser abfließen und es entsteht ein großes Filament. Anstatt eines Fingers kann auch eine Leuchtstoffröhre (Neonröhre) verwendet werden. Das durch die Plasmakugel entstehende elektrische Feld ist stark genug die Röhre anzuregen, auch ohne direkten Kontakt.

Quellen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Plasmalampe>

3.3 Nebelseifenblase

Material

- große Plastikschüssel
- kleine Plastikschüssel
- Stofftuch (Geschirrtuch)
- Wasser (heiß und kalt, Wasserkocher)
- Trockeneis (1-2 Handvoll)
- Seife
- Glycerin (muss nicht, aber besser ist es mit)



Abbildung 5 – Physikshow: Nebelseifenblase.



Abbildung 6 – Skizze: Nebelseifenblase.

Durchführung

In der kleineren Plastikschüssel Wasser, Glycerin und Seife mischen. Das Tuch in der Mischung tränken. In die große Schüssel Trockeneis geben und heißes Wasser darüber gießen. Sobald sich viel Nebel bildet, mit dem getränkten Tuch über den Rand der Schüssel fahren, damit ein Seifenfilm entsteht. Dieser Film bläst sich mit dem Nebel auf und platzt dann.

Erklärung

Trockeneis geht bei normalem Atmosphärendruck und Raumtemperatur (ca. 22°C) vom festen direkt in den gasförmigen Aggregatzustand über. Dabei nimmt CO_2 das 760-fache seines Volumens zu.

Trockeneis wird hergestellt, indem unter Druck stehendes flüssiges CO_2 entspannt wird. Ein Teil des Kohlenstoffdioxids verdampft, wobei es dem Rest die für die Verdampfung erforderliche Wärme entzieht und damit abkühlt. Dabei entsteht gefrorener Kohlenensäureschnee. Nach diesem Prinzip funktionieren auch CO_2 -Feuerlöscher.

Quellen

<https://de.wikipedia.org/wiki/Trockeneis>

<https://www.youtube.com/watch?v=2LTdoltVnU>

Abbildung 5: Michael Vasar (2017). Physikshow "phys-X-periment".

3.4 CO₂ eingießen

Material

- 3-4 Kerzen mit abtufender Größe
- Längliches Gefäß ähnlich Aquarium (oben offen)
- Gefäß mit Trockeneis (Oder CO₂ Gas)
- Feuerzeug

Aufbau

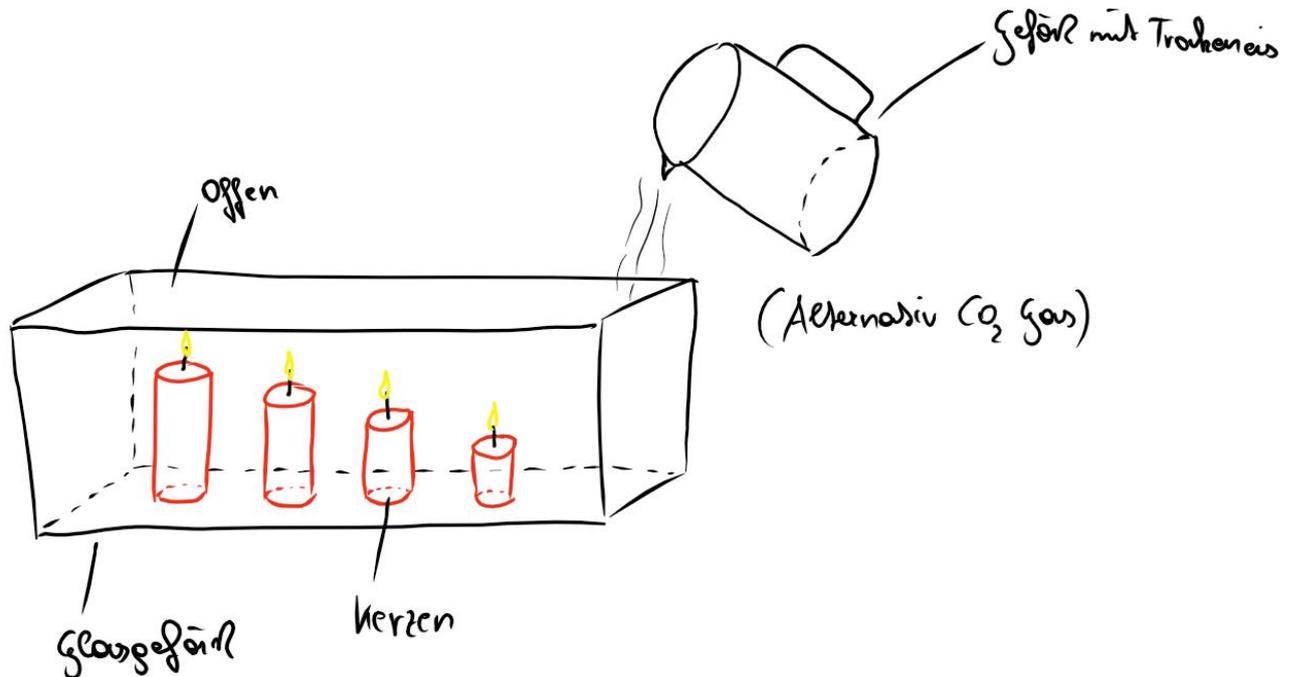


Abbildung 7 – Skizze: CO₂ eingießen.

Durchführung

Zuerst wird die Erklärung gegeben, das Publikum befragt und der Versuch durchgeführt.

Erklärung (grob)

Jeder kennt klassische Feuerlöscher von der Feuerwehr, die mit Schaum oder Wasser Feuer löschen. Es gibt aber auch Feuerlöscher mit Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxid kennt man als Abgas von Autos, man kann also mit Endprodukten von einer Verbrennung Feuer bekämpfen? Um das chemische Prinzip dahinter zu verstehen, muss man zunächst wissen, was benötigt eigentlich eine Kerze, um zu brennen? Was macht ein Feuer überhaupt aus?

Drei Dinge müssen zusammenkommen, damit ein Feuer brennt:

- Sauerstoff
- Wärme
- Und ein Brennstoff (in unserem Fall ist es das Wachs der Kerze)

Der Docht brennt nur sehr kurz, aber ausreichend um das Wachs zu schmelzen, dies steigt dann auf und lässt die Flamme weiter brennen.

Wenn wir nun in dieses Gefäß CO₂ eingießen, verdrängt das CO₂ den Sauerstoff und lässt die Kerzen eine nach der anderen ausgehen. Nun die Frage ins Publikum, welche Kerze wird als erstes erlöschen sein?

Antwort: Die kleinste Kerze! Da das CO₂ eine höhere Dichte als der Sauerstoff aufweist und sich deshalb am Boden ansammelt. (Dies gilt nur, wenn beide Gase, also Sauerstoff und Kohlendioxid,

kalt sind (genau genommen bei 0°C – sonst würde es tatsächlich aufsteigen und die längste zuerst ablöschen).

Erklärung (detailliert)

Verbrennung ist eine Redoxreaktion, also eine chemische Reaktion, bei der ein Reaktionspartner Elektronen auf den anderen überträgt (Oxidation), die unter Abgabe von Energie in Form von Wärme und Licht abläuft, also exotherm. Allgemein versteht man darunter die Oxidation eines Materials mit Sauerstoff unter Flammenbildung.

Beim brennbaren Material kann es nur zur Oxidation kommen, wenn ein Atom oder Molekül des Brennstoffs mit Sauerstoff in direkten Kontakt kommt. Daher ist die Verfügbarkeit von Sauerstoff und sein Kontakt mit dem Brennmaterial maßgeblich.

Kohlenstoffdioxid ist aufgrund seiner höheren Dichte ($1,98 \text{ kg/m}^3$) schwerer als Luft und lagert sich in einem Sauerstoff/Kohlendioxid-Gemisch am Boden ab. Weiters hat Kohlendioxid eine in dem Experiment entscheidende Eigenschaft, es verdrängt den Sauerstoff in dem Behälter und stoppt die Verbrennung.

Quellen

<http://netexperimente.de/chemie/32.html>

<http://www.physikanten.de/experimente/kerzentreppe>

3.5 Kerze ersticken

Material

- Durchsichtiges Gefäß (Aquarium)
- Deckel für das Aquarium
- Min. 3 verschieden hohe Kerzen
- Zündhölzer/Feuerzeug

Aufbau

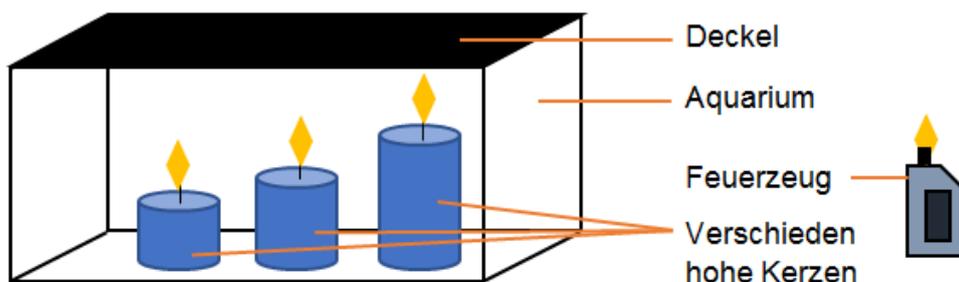


Abbildung 8 – Skizze: Kerzen ersticken.

Durchführung

In einem kleinen Aquarium befinden sich drei brennende Kerzen unterschiedlicher Größe. Die Kerzen werden angezündet, und anschließend wird das Aquarium mit einem Deckel verschlossen. Danach stellt man eine Frage an das Publikum: Welche der drei Kerzen erlischt zuerst, wenn man das Kerzenaquarium verschließt? Man lässt das Publikum antworten und erhält im besten Fall als Antwort: „Die längste Kerze erlischt zuerst“. Man wartet so lange, bis alle drei (oder mehrere) Kerzen erloschen sind und erklärt die Funktionsweise.

Erklärung (grob)

Wie wir alle wissen, erlöschen Kerzen, wenn die Sauerstoffzufuhr, zum Beispiel durch ein Wasserglas, unterbrochen wird. Doch warum ist das so?

Wenn Kerzen abbrennen, entsteht Wachs-Gas am Docht. Das Gas reagiert mit dem Sauerstoff in der Luft und es entsteht Kohlendioxid. In Kohlendioxid können Kerzen nicht brennen, deshalb erlöschen die Kerzen. Warum gibt aber gerade die längste Kerze zuerst auf?

Kohlendioxid ist eigentlich „schwerer“ als Luft, müsste also nach unten sinken. Tatsächlich hat Kohlendioxid eine deutlich höhere Dichte als Luft. Dies gilt aber nur, wenn beide Gase kalt sind, genau genommen bei 0°C. Direkt nach der Verbrennung ist das CO₂ natürlich heiß und damit deutlich leichter als die Luft. Es sammelt sich oben im Gefäß und erstickt dort erst die oberste Flamme, dann die mittlere und zu guter Letzt, die untere.



Abbildung 9 – Physikshow: Kerzen ersticken.

Erklärung (detailliert)

Wenn Kerzen abbrennen, entsteht Wachs-Gas am Docht. Das Gas reagiert mit dem Sauerstoff in der Luft, es entsteht Wasserdampf, Ruß und Kohlendioxid. Letzteres ist entscheidend für das Erlöschen der Kerzen, da in Kohlendioxid Kerzen nicht brennen können. Warum gibt aber gerade die längste Kerze zuerst auf? Kohlendioxid ist eigentlich schwerer als Luft, müsste also nach unten sinken. Tatsächlich hat Kohlendioxid mit 1,98 Gramm pro Liter eine deutlich höhere Dichte als Luft (1,29 g/l). Dies gilt aber nur, wenn beide Gase kalt sind, genau genommen bei 0°C. Direkt nach der Verbrennung ist das CO₂ natürlich heiß und damit deutlich leichter als die Luft. Es sammelt sich oben im Gefäß und erstickt dort erst die oberste Flamme, dann die mittlere und zu guter Letzt, die untere.

Quellen

<http://www.physikanten.de/experimente/kerzen-aquarium>

<http://www.physik.de.rs/images/document/914141/TrinkglasD.pdf?t=1419657986.7481>

Abbildung 9: Michael Vasar (2017). Physikshow "phys-X-periment".

3.6 Implodierendes Fass

Material

- Ölfass mit Verschluss (60l oder auch 200l)
- Wasser (ca. 1l)
- 10 kW Hockerkocher mit Propangas Versorgung ideal → mehrere Bunsenbrenner?
- Aufstellvorrichtung für das Fass
- Wasserauffangbehälter (evtl. Pool oder großes Behältnis (Blumentrog))
- Gießkanne (kaltes Wasser) möglicherweise auch 2
- Handschuhe (Hitzebeständig)
- Schutzbrille

Aufbau

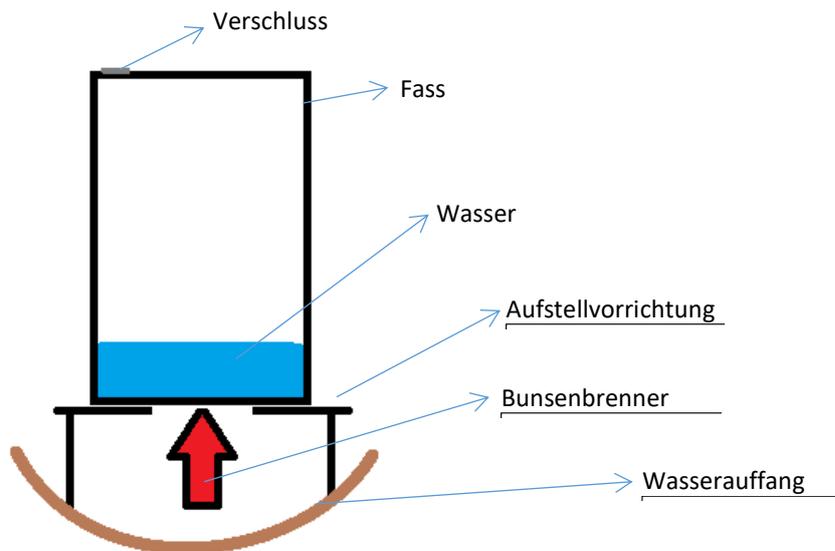


Abbildung 10 – Skizze: Implodierendes Fass.



Abbildung 11 – Physikshow: Implodiertes Fass.

Das Fass ist mit Wasser gefüllt und wird mit Hilfe des Bunsenbrenners erhitzt. Der Deckel des Fasses und eine Auffangvorrichtung für das Wasser werden bereitgelegt.

Durchführung

Als Vorbereitung muss je nach Fassgröße eine gewisse Menge Wasser (bei 200l ca. 1l Wasser) im Fass zum Kochen gebracht werden. Für 200l muss das Wasser mind. 10min kochen (→ der Fassdeckel ist nicht geschlossen!!!!). Das Fass sollte auf einer Vorrichtung stehen, die unter dem Fass Wasser auffangen kann.

Hier kann der Versuch in der Show beginnen: Das Fass wird nun nach ca. 10min fest verschlossen. Nun wird das Fass von außen mit kaltem Wasser begossen. Das Fass implodiert nach 10-30sec mit einem gewaltigen Rums.

Erklärung (grob)

Durch das 10min Auskochen des Wassers im Fass, befindet sich beim Verschließen so gut wie KEINE Luft mehr im Fass, sondern nur mehr Wasserdampf. Mit der Gießkanne kühlt man nun das Fass herunter und der Wasserdampf beginnt zu kondensieren (d.h. der Wasserdampf geht in den flüssigen Zustand über). Dabei sinkt die Temperatur ab und der Druck im Fass fällt enorm ab! Auf das Fass wird also von innen her ein kleinerer Druck als von außen ausgeübt. Der Luftdruck außen (Umgebungsdruck) wirkt nun so stark auf das Fass ein, dass es dadurch zerquetscht wird.

Erklärung (detailliert)

Isochore Zustandsänderung nach Gay-Lussac → Das Volumen bleibt hier konst.

$$\frac{p}{T} = konst.$$

p ... Druck

T ... Temperatur

→ Modellsystem! Nicht im realen System

Zustandsgleichung Idealer Gase:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

V ... Volumen

n ... Stoffmenge

R ... Universelle Gaskonstante

Was bleibt konstant? Was wird verändert?!

- Durch Verschließen des Fasses bleibt das Volumen im Fass konst. → Isochor!
- Durch die Änderung der Temperatur (Abkühlung) ändert sich auch der Druck!
- Luftdichte = $\frac{kg}{m^3}$
- Wasserdichte = $1000 \frac{kg}{m^3}$
- Volumszunahme Wasser: Aus 1l Wasser entstehen 1673l Wasserdampf.

Das Fass ist mit Wasserdampf gefüllt. Beim Abkühlen sinkt neben der Temperatur auch der Druck des eingeschlossenen Wasserdampfes gemäß dem Gesetz von Gay-Lussac. Von außen kann keine Luft eindringen, was einen Unterdruck im Fass im Vergleich zur Umgebung erzeugt. Auf das Fass wird also von innen her ein kleinerer Druck, als von außen ausgeübt, was zur Deformation führt.

Quellen

<http://www.physikanten.de/experimente/das-zerknautschte-oelfass>

https://de.wikipedia.org/wiki/Isochore_Zustands%C3%A4nderung

Abbildung 11: Michael Vasar (2017). Physikshow "phys-X-periment".

3.7 Stickstoff-Rose

Material

- Langstielige Rose
- Flüssiger Stickstoff in kältebeständigem Gefäß (Dewargefäß)
- Lange Zange (Grillzange)/ Tiegelzange fürs Eintauchen in den Stickstoff
- Tisch / harte Oberfläche: Wasserfeste Unterlage / Holzbrett / Plastikfolie
- Kleiner Hammer
- Schutzbrille
- Cryohandschuhe (Kälteisolierende Schutzhandschuhe)

Aufbau

Ein Gefäß, das nicht ganz voll mit Stickstoff gefüllt wird, wird für alle gut sichtbar im Raum auf einem Tisch aufgestellt. Die benötigten Materialien liegen in Reichweite.

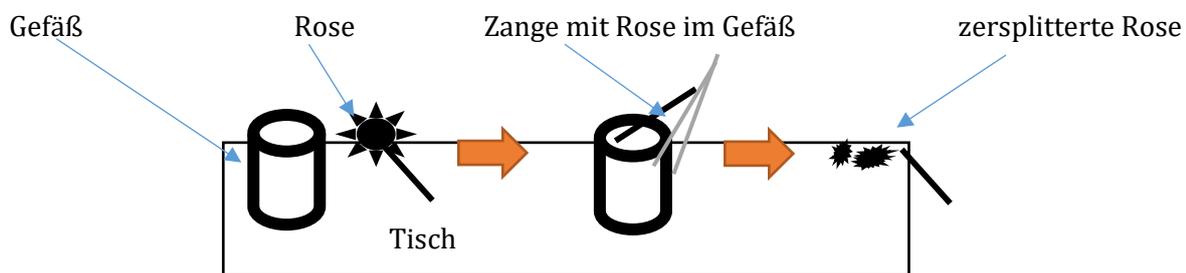


Abbildung 12 – Skizze: Stickstoff-Rose.

Durchführung

Man nimmt die Rose mit Hilfe der Zange am Stiel und hält sie mit dem Blütenkopf nach unten hängend in den Stickstoffbehälter für länger als 30 Sekunden. Die Rose ist dann gefroren und soll mit Schwung auf den Tisch geschlagen werden (den Stiel noch festhalten) oder leicht mit dem Hammer geschlagen werden. Die Blütenblätter zersplittern. Die Rose wird ganz steif und lässt sich nach dem Kühlen in hunderte von kleinen Stücken zerschlagen.

Erklärung (grob)

Flüssiger Stickstoff hat eine Temperatur von -196°C . Werden Stoffe oder Gegenstände in flüssigen Stickstoff gehalten, ändern sie durch die Abkühlung ihre Eigenschaften. Das Wasser gefriert in den lebenden Zellen und wird zu hartem Eis. Die Zellen verlieren ihre Elastizität bei der niedrigen Temperatur. Außerdem bilden sich innerhalb der Zelle Eiskristalle, die die Zellwand beschädigen. Auch wenn man die Rose wieder langsam auftauen würde, wäre sie ganz weich und instabil. Dasselbe würde mit unseren Fingern passieren und sie müssten im schlimmsten Fall amputiert werden. Wenn man z.B. Spermien oder Zellkulturen einfriert, muss man Zusatzstoffe und spezielle Verfahren anwenden, damit diese Zellen später wieder funktionstüchtig sind.

Quellen

- <http://www.seilnacht.com/versuche/experin2.html>
<http://flexikon.doccheck.com/de/Kryokonservierung>
<https://lp.uni-goettingen.de/get/text/2578>
<http://www.seilnacht.com/Lexikon/7Stickst.htm>

3.8 Schaumexplosion

Material

- flüssiger Stickstoff
- Cryohandschuhe (Kälteisolierende Schutzhandschuhe)
- gut schließende Schutzbrille
- heißes Wasser
- billiges Spülmittel (das stark schäumt)
- „Explosionsvorrichtung“, bestehend aus einem fest stehenden Zylinder (bei uns: Mistkübel) und einer darin befestigten Röhre (bei uns: aus Karton)
- großes Planschbecken
- Stehleiter

Aufbau

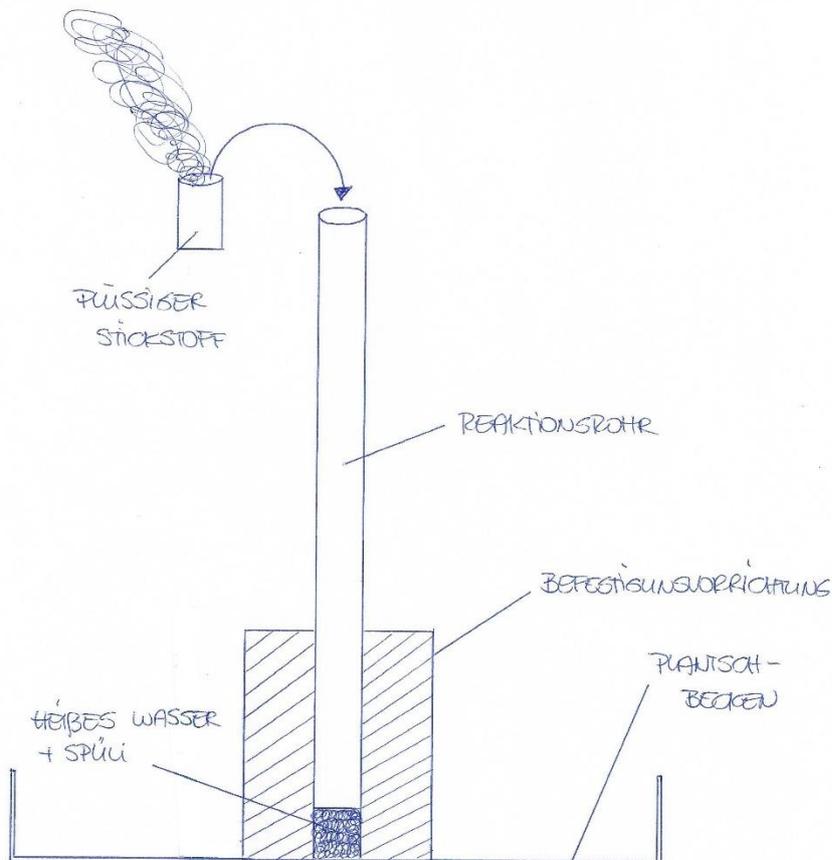


Abbildung 13 – Skizze: Schaumexplosion.

Durchführung

Der Wasserkocher muss rechtzeitig eingeschaltet werden, damit bei Versuchsbeginn das Wasser heiß ist. Das Rohr kann direkt auf der Bühne mit Wasser-Spüli-Gemisch befüllt werden. Der flüssige Stickstoff sollte erst danach aus dem Aufbewahrungsbehälter ins das kleine Dewar und schließlich ins Rohr zur „Explosion“ geleert werden.

Erklärung (grob)

Durch den großen Temperaturunterschied zwischen flüssigem Stickstoff und heißem/kochendem Wasser verdampft der Stickstoff sehr schnell und wird explosionsartig gasförmig. Dabei reißt er die Wassertropfen und die Spülmitteltropfen mit in die Luft und es entsteht eine Wolke aus kondensiertem Wasserdampf und Spülmittelschaum.

Erklärung (detailliert)

Flüssiger Stickstoff siedet unter Normaldruck bei einer Temperatur von 77 K (-196°C), folglich siedet er auch bei Raumtemperatur. Durch die Kühlung der Luft und dadurch Kondensieren des Wasserdampfes bildet sich in der Luft einen Stickstoffgas-Nebel.

Bei unserem Schaumexplosion-Experiment wird die Nebelbildung verstärkt – und dadurch der Showeffekt - durch einerseits Verwendung von heißem/kochendem Wasser (ΔT wird sehr groß) und andererseits Zugabe von Spülmittel, dass durch die Reaktion als Schaum mit in die Luft gerissen wird. Da ein langes Rohr verwendet wird, kann die Reaktion nur nach oben entweichen und es entsteht eine imposante Fontäne aus Wasserdampf und Spülmittelschaum. (Würde man das Ganze in einer Schüssel am Boden machen, würde der Nebel + Spülmittelschaum seitlich entweichen, und das ganze wäre nicht so spektakulär.)

Quellen

<http://www.seilnacht.com/versuche/experin2.html>

<http://www.physikanten.de/experimente/stickstoff-wolke>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Fl%C3%BCssigstickstoff>

3.9 Feuerkugel**Material**

- 2 Große Schüsseln mit Wasser
- Spülmittel
- Feuerzeugnachfüllgas (Butan-Propan-Gasgemisch)
- Feuerzeug

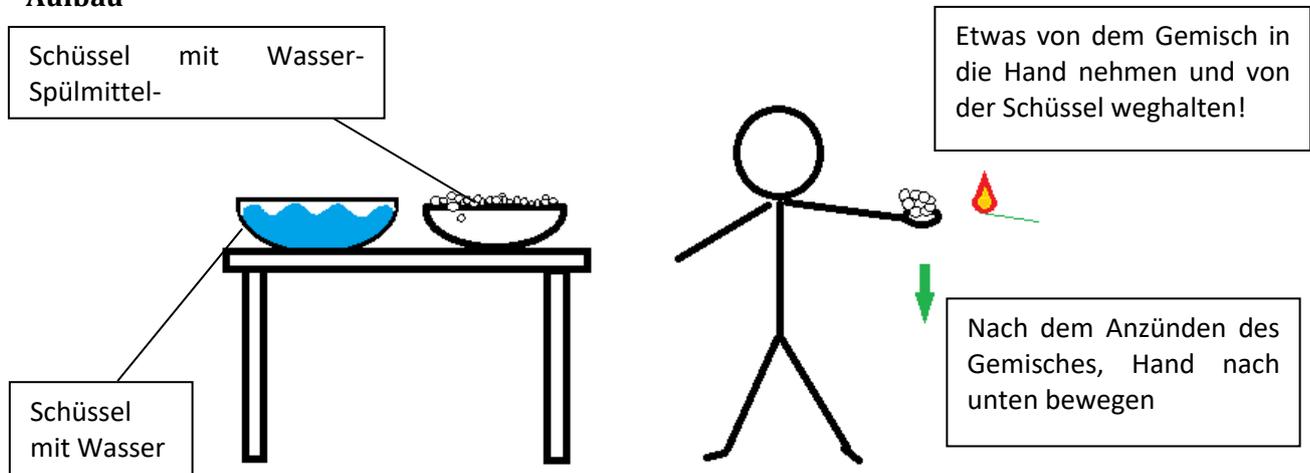
Aufbau

Abbildung 14 – Skizze: Aufbau Feuerkugel.

Durchführung

Als Vorbereitung werden 2 Schüsseln bereitgestellt.

Großzügig Spülmittel in eine der beiden Schüsseln geben und sorgfältig verrühren.

!!! Die Hand ca. bis zum Ellbogen mithilfe der 2. Schüssel befeuchten.!!!

Es ist unbedingt auf die Kleiderwahl zu achten, da gewisse Kleidung leichter Feuer fängt.

Schaum in die Hand nehmen und von der Schüssel weghalten.

Den Schaum nach oben heben und anzünden, dabei die Hand nach unten wegziehen.

Erklärung (grob)

Wasser hat eine sehr hohe Wärmekapazität. Das heißt, dass viel Energie zum Erhitzen benötigt und dementsprechend die Wärme langsam abgibt. (Vergleich: Wasserkocher)

Durch das Eintauchen der Hand ins Wasser entsteht eine Schutzschicht, welche die Haut vor Verbrennungen schützt.

Zusätzlich breitet sich die Hitze des Feuers nach oben aus, wodurch die Hand auch vor der großen Wärme geschützt ist. (Vergleich: Bei einer Kerze kann man seitlich ganz nah an die Flamme herankommen, während man sich von oben sehr schnell verbrennt.)

Erklärung (detailliert)

Das Spülmittel im Wasser sorgt dafür, dass die Oberflächenspannung des Wassers geschwächt wird. Dieses wird dadurch „dehnbarer“ und kann somit dünne Häute bilden, wie zum Beispiel bei Seifenblasen. Durch das Sprühen des Propan-Butan-Gasgemisches in die Spülmittellösung entstehen somit Blasen, die das Gasgemisch in sich einschließen.

Dieser Brenngas-Schaum ist leicht entzündlich. Wenn man mit dem Feuer nahe an den Schaum herankommt, entzündet sich das Gas in den Blasen und eine Flamme entsteht. Die Hitze breitet sich nach oben aus. Die Hand ist zusätzlich durch den Schaum etwas angefeuchtet und dadurch etwas geschützt.

Aufgrund der hohen Wärmekapazität des Wassers ist die Hand vor dem Feuer geschützt.

Quellen

<https://www.youtube.com/watch?v=j7pIOhG2v90>

<http://www1.wdr.de/radio/wdr5/sendungen/leonardo/kuechenexperimente/feuerschaum102.html>

3.10 Unterwasser Spritzkerzen**Material**

- Spritzkerzen
- Klebeband
- Wasserbecken, großes Glas
- Streichhölzer/Feuerzeug

Aufbau

Aquarium/Glas mit Wasser füllen. Auf einem Tisch aufstellen, so dass man von oben noch hineingreifen kann. 5 Spritzkerzen mit Klebeband umwickeln und zusammenkleben. Die Spitze der Kerzen (ca. 1 cm) frei lassen. Anzünder bereitlegen.

Durchführung

„Feuer braucht normalerweise ja Luft zum Brennen. Hah! Das hier nicht, das kann auch Unterwasser brennen.“

Glühkerzen herzeigen: „Ganz normale Spritzkerzen sind das. Ich wickle nur etwas Dixo drumherum damit die auch gut zusammenhalten“

Mit Klebeband einwickeln: „So! Und jetzt zünde ich die an und lasse es dann Unterwasser brennen!“

Raum verdunkeln.

Kerzenbündel anzünden und ins Wasser legen, einen Schritt zurückgehen.

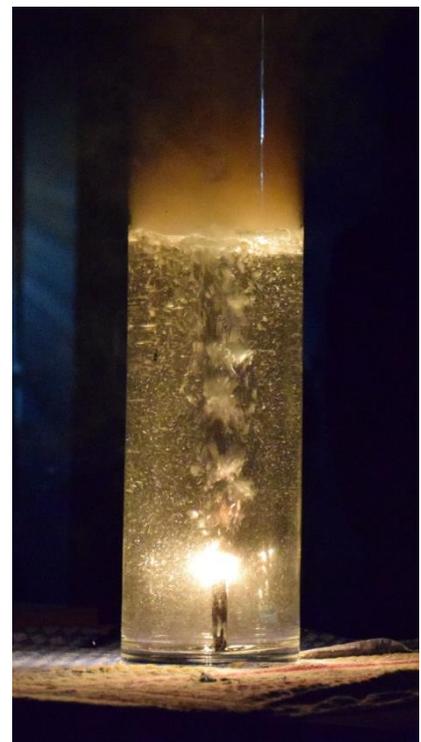


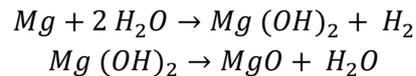
Abbildung 15 – Physikshow: Unterwasser Spritzkerzen

Erklärung (grob)

Wunderkerzen sind was ganz Besonderes, die brauchen keinen Docht oder Wachs zum Brennen, nicht mal Luft, da in dem Metall, dass die Kerze umgibt auch Gase entstehen die dann mit verbrennen. Die Kerze versorgt sich also sozusagen selbst. Trotzdem, mit nur einer einzigen Kerze würde das Unterwasser nicht funktionieren, eine einzelne Kerze hat nicht genug Energie, aber 5 reichen aus um das Wasser zu verdampfen. Das wird so heiß, dass es sich, sobald es aus der Wasseroberfläche austritt sogar entzündet! Das Klebeband ist dazu da um erstens die Kerze nicht nass werden zu lassen und zweitens um den entstehenden Gasen genug Raum zu lassen.

Erklärung (detailliert)

Chemisch gesehen passiert das:



(In Worte gefasst: Das Magnesium verbindet sich mit 2 Wassermolekülen und wird zu Magnesiumhydroxid und Wasserstoff. Der Wasserstoff steigt als Gas auf. Danach wird das Magnesiumhydroxid zu Magnesiumoxid, das verbrennt, und Wasser.)

Ein Bündel Wunderkerzen brennt auch unter Wasser während über dem Wasser Flammen brennen. Das Wasser leitet die Wärme zwar sehr gut ab, aber die vielen Kerzen entwickeln hohe Temperaturen, die das Wasser im Glas nicht sofort abkühlen kann. Die sauerstoffhaltigen Salze in den Kerzen (wie etwa Bariumnitrat) versorgen die Kerze vorerst mit dem benötigten Sauerstoff. Das Klebeband schützt zudem die Kerzen auch vor dem Nasswerden.

Dann reagieren heiße Eisen und Magnesiumbestandteile der Kerze mit dem Wasser. Die Verbrennung wird dadurch weiter erhalten. Das aufsteigende Wasserstoffgas entzündet sich an der Wasseroberfläche selbst.

Quellen

<https://www.youtube.com/watch?v=4fOdB1RKlME>

<http://netexperimente.de/chemie/36.html>

Abbildung 15: Michael Vasar (2017). Physikshow "phys-X-periment".

3.11 Trichter & Tischtennisball**Material**

- Trichter
- Tischtennisbälle

Aufbau

Abbildung 16 – Physikshow: Trichter und Tischtennisball.

Durchführung

- Leute aus dem Publikum bitten (ca. 3-4 Personen)
- Es wird erklärt was zu tun ist: „Halte den Trichter mit der großen Öffnung nach oben und lege den Tischtennisball hinein. Puste kräftig durch die kleine Öffnung des Trichters, ohne den Trichter schräg zu halten.“
- Versuch wird durchgeführt, Moderator tauscht seinen Trichter „heimlich“ gegen einen größeren aus

Erklärung (grob)

Solange man von unten in den Trichter hineinbläst, wird es nicht gelingen, den Ball hinaus zu pusten. Verantwortlich dafür ist der Bernoulli-Effekt. Bernoulli entdeckte, dass überall, wo Luft sich schnell bewegt, ein Unterdruck entsteht. Wenn nun jemand in den Trichter bläst, strömt Luft aus dem Rohr heraus und streicht sehr schnell zwischen Balloberfläche und der Trichterwand entlang, um dann hinter dem Ball den Trichter zu verlassen. Durch den Bernoulli-Effekt entsteht dabei ein Unterdruck zwischen der Trichterwand und der Balloberfläche, der den Ball an die Trichterwand heransaugt und so verhindert, dass der Ball fortfliegen kann.

Erklärung (detailliert)

Druck in einer strömenden Flüssigkeit oder in einem strömenden Gas, den man senkrecht zur Strömungsrichtung misst, wird als statischer Druck bezeichnet. Dieser statische Druck hängt von der Strömungsgeschwindigkeit ab. Diese wiederum vergrößert sich mit Verkleinerung des Rohrquerschnitts. Der Zusammenhang zwischen Strömungsgeschwindigkeit und Druck wird durch das bernoullische Gesetz beschrieben. Es lautet: „Je größer die Strömungsgeschwindigkeit einer Flüssigkeit oder eines Gases ist, desto kleiner ist der statische Druck.“ Das bernoullische Gesetz gilt nicht nur, wenn Flüssigkeiten oder Gase durch Röhren strömen. Es gilt auch, wenn sich ein Körper, z. B. ein Flugzeug oder ein Schiff, gegenüber dem umgebenden Medium (Luft, Wasser) bewegt. Entscheidend ist immer die Relativgeschwindigkeit zwischen einem Körper (Rohrwandung, Flugzeug, Auto) und der Flüssigkeit bzw. dem Gas.

Quellen

http://www.explorhino.de/templates/files/documents/2013-09-28_BallTri.pdf

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik/artikel/bernoullisches-gesetz>

<http://grund-wissen.de/physik/mechanik/festkoerper-fluessigkeiten-gase/fluessigkeiten.html>

Abbildung 16: Michael Vasar (2017). Physikshow "phys-X-periment".

3.12 Bernoulli-Kanone

Material

- Föhn oder Laubbläser
- Tischtennisbälle
- Aufsatz ähnlich einem „Gewehrlauf“ (eine Öffnung für die Tischtennisbälle ist nötig)

Aufbau

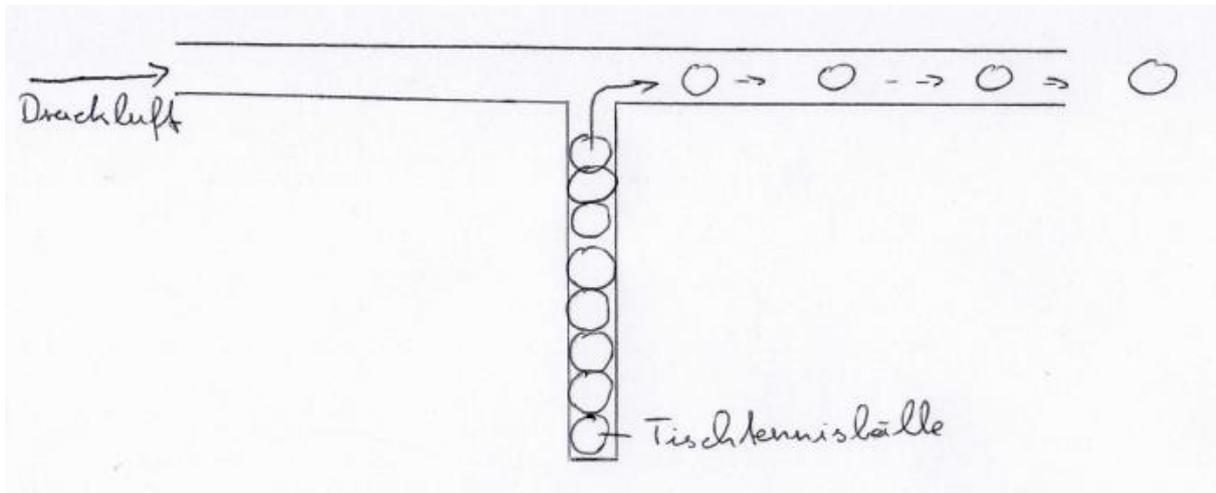


Abbildung 17 – Skizze: Bernoulli-Kanone.

Durchführung

Um die Spannung des Versuchs zu erhöhen, könnten für die ersten 3 Reihen Schutzbrillen ausgeteilt werden. Ansonsten sind für die Durchführung keine speziellen Vorbereitungsmaßnahmen notwendig.

Danach muss die Bernoulli-Kanone nur mehr in Betrieb genommen werden.

Möglicherweise wäre es mit mehreren Kanonen lustiger.

Erklärung (grob)

Daniel Bernoulli entdeckte die Beziehung zwischen der Fließgeschwindigkeit einer Flüssigkeit bzw. eines Gases und dessen Druck. Hat eine Flüssigkeit oder auch ein Gas wenig Platz, so fließt es schneller – und umgekehrt. Durch die Verkleinerung des Durchmessers durch den Tischtennisball wird in unserem Experiment genau dieses Prinzip ausgenutzt und der Tischtennisball mithilfe des Bernoulli Prinzips beschleunigt.

Die Luft bewegt sich vom Bereich des höheren Drucks in Richtung des niedrigeren Drucks. Druckunterschiede verursachen eine Beschleunigung, die Luft wird vom Bereich des höheren Drucks in Richtung des niedrigeren Drucks beschleunigt und hat dadurch im Bereich des niedrigeren Drucks eine höhere Geschwindigkeit. Der Tischtennisball wird durch diesen Effekt im Rohr beschleunigt.

Erklärung (detailliert)

Daniel Bernoulli entdeckte die Beziehung zwischen der Fließgeschwindigkeit einer Flüssigkeit bzw. eines Gases und dessen Druck. Das Bernoulli-Prinzip ist ein physikalisches Gesetz, nach dem in einem strömenden Fluid (d. h. in einem Gas oder einer Flüssigkeit) der Druck umso mehr abnimmt, je schneller die Strömung wird. Das Bernoulli-Prinzip besagt, dass die Gesamtenergie in einer stationären Strömung über den ganzen Strömungsweg konstant ist. Es lässt sich zeigen, dass als Konsequenz daraus eine Steigerung der Strömungsgeschwindigkeit immer von einem geringeren Druck begleitet wird.

Quellen

<https://www.youtube.com/watch?v=TqB2-FRZy0s>

<http://www.experimentis.de/experimente-versuche/gas-wasser-luft/ball-luftstrom-bernoulli-effekt/>

<https://www.lernhelfer.de/schuelerlexikon/physik-abitur/artikel/bernoullisches-gesetz>

<http://flettner-rotor.de/physikalisches/bernoulli-effekt/>

3.13 Rauchringkanone

Material

- Zylindrischer Behälter mit Boden (Mülleimer, Becher, Regentonne)
- Plane oder Folie (Duschvorhang, Luftballon)
- Gummiring oder Klebeband
- Schere oder Cuttermesser
- Nebelmaschine

Aufbau

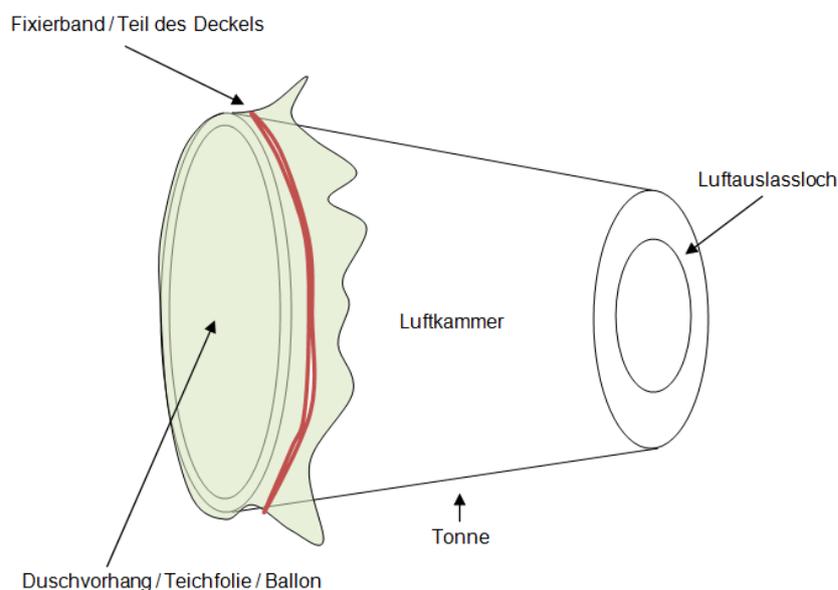


Abbildung 18 – Skizze: Rauchringkanone (<http://www.sciencefriday.com/wp-content/uploads/2016/03/anatomy-vortex-cannon.jpg>).

Durchführung

Kanone mit Rauch befüllen und auf die Membran schlagen.

Erklärung (grob)

Der Großteil der Luft wird mithilfe der Membran einfach aus der Kanone herausbeschleunigt. Die Seiten des austretenden Luftstroms jedoch, werden durch die Reibung an der Lochkante, sowie an der langsamen Außenluft gebremst. Da im Inneren des Luftstroms die Luft aber sehr schnell ist, entstehen Wirbel von innen nach außen. So entsteht der in sich stabile Donut/Torus.

Weil der Rauch noch immer einen Impuls nach vorne besitzt, beginnt der Ring sich durch den Raum zu bewegen. Normalerweise müsste der Rauchring sich in der Luft auflösen, doch durch die Eigenrotation ist er stabil. Dies ist auf das Bernoulli Prinzip zurückzuführen, welches besagt, dass der Luftdruck kleiner wird, je schneller die Luft sich bewegt. Das bedeutet, dass der Luftdruck im Inneren des Ringes kleiner ist, als auf den Außenseiten, die ja unbewegt sind. Dadurch wird der Rauchring sozusagen von außen zusammengehalten.

Erklärung (detailliert)

Wenn die Luft durch die schmale Öffnung gepresst wird, erfährt der Teil nahe der Lochkante Widerstand im Vergleich zu der Luft, die in der Mitte des Luftstroms austritt. Folglich bewegt sich die Luft innerhalb des Luftstroms schneller, als die am Rand.

Dieser Unterschied in der Geschwindigkeit erzeugt Strömungswirbel. Dies lässt sich gut anhand von drei gedachten Schaufelrädern erklären, die in diese Strömung eingebaut werden.

Alle drei Schaufelräder werden von der Öffnung weggedrückt und erlangen so einen linearen Impuls. Bei Schaufelrad A ist das der einzige Effekt. B und C hingegen werden an einer Seite stärker beschleunigt als auf der anderen, wodurch sie gegengleich zu drehen beginnen. Allgemein formuliert, diese Scherwirbelbildung, kombiniert mit den verbundenen Druckunterschieden und anderen Viskositätseffekten, bewirkt, dass sich die Luft als Vortex zu bewegen beginnt.

Quellen

<https://skullsinthestars.com/2012/08/28/physics-demonstrations-vortex-cannon/>

<http://io9.gizmodo.com/5953929/the-physics-of-vortex-cannons>

Abbildung 18: <http://www.sciencefriday.com/wp-content/uploads/2016/03/anatomy-vortex-cannon.jpg> (aufgerufen am 20.01.2017)

4 Tipps zur Konzipierung einer Physikshow

4.1 Checkliste

Eine Checkliste ist für die Vorbereitung unerlässlich.

- ✓ Datum der Show für Zeitplanung
- ✓ Termine finden für Treffen und Ideenaustausch sowie Proben ein paar Tage vor der Show
- ✓ Konzept finden – spannend machen (Moderatoren leiten durch die Show wie in Quizshows, Publikum wird nach jedem Experiment befragt wie in Quizshow, Schüler und Schülerinnen können nach der Stunde alles besser als zuvor der Lehrer/ die Lehrerin,...)
- ✓ Thema der Physikshow an das erwartete Publikum anpassen (Schulgartenphysik, Physik Rund ums Feuer, Weihnachtsphysik, Themen rund um das Auto, ...)
- ✓ Gruppenbildung und Einteilung: je nach Größe der Physikshow sollten Mitwirkende eingeteilt werden, damit einerseits nichts vergessen wird, andererseits es aber auch Experten gibt.

Hier sind zum Beispiel Gruppeneinteilung zu den folgenden Schwerpunkten von Nutzen:

- Materialien und Geräte
- Kosten und Budget
- Sicherheit und Technik
- Skriptführung und Zusammenfassung
- Werbung und Sponsorensuche
- ✓ Experimente werden ausgewählt und auf deren Kosten, Sicherheit, Durchführung, Dauer und Interessantheit mit Erklärung geprüft.
- ✓ Rollen WÄHREND der Show müssen ausgemacht werden. Wer steht auf der Bühne? Außerdem sind Nebenrollen wie Musik, Licht, Technik, unerlässlich.

4.2 Weitere Tipps

- Gerechte Aufgabenverteilung soweit als möglich.
- Am besten die Entscheidungen immer im PLENUM entscheiden
- Jeder sollte sich an großen Themen beteiligen und seine Meinung und Ideen einbringen. So ist es sinnvoll, dass sich jeder und jede ein Experiment ausdenkt mit allen Facetten (Zeit, Materialien, Erklärung...)

- Wer sich einer Rolle/Gruppe angenommen hat, ist verpflichtet diese zuverlässig bis zum Ende durchzuführen, da ansonsten das ganze Team scheitern könnte.
- Ersatzpersonen sollten gewählt werden. Was macht man, wenn am Showtag jemand krank wird?

5 Danksagung

Der Dank gilt allen mitwirkenden Personen. So haben sich die Studenten und Studentinnen im Rahmen der Übung auch außerhalb des vereinbarten Rahmens getroffen, um zu Bauen und vieles weiteres zu Organisieren und somit eine spannende, interessante und gut aufbereitete Show durchführen zu können. Folgende Liste der mitwirkenden Studierenden ist alphabetisch gereiht:

- Verena Auer
- Theresa Brandt
- Gerrit Broehenhorst
- Simon Eibelhuber
- Samuel Gradwohl
- Christian Haslinger
- Christopher Hinterhauser
- Manuela Jakober
- Jennifer Kastner
- Robert Knapp
- Thomas Martinetz
- Elma Mulic
- Lukas Prax
- Sabrina Springer
- Matthias Stockinger
- Michaela Stöger
- Christoph Thorwartl
- Michael Merkur Wagner

Großen Dank gebührt den **Sponsoren**, der Stadt Salzburg und der Industriellenvereinigung, ohne deren Unterstützung hätten wir vieles ändern müssen.

Dank gilt auch dem **Fotografen**, Michael Vasar, der uns am Tag der Physikshow begleitete.



Abbildung 19 – Physikshow-Team 2016 (Michael Vasar, 2017).

6 Resümee

Die Physikshow war aus mehreren Gründen ein großer Erfolg. Die Zuschauerinnen und Zuschauer konnten auf der einen Seite gut unterhalten werden. Auf der anderen Seite war es auch möglich einige physikalische Sachverhalte in einer verständlichen Art und Weise zu vermitteln.

Auch die Studentinnen und Studenten konnten dieses Projekt mit einem erweiterten Horizont abschließen. Durch die vielfältigen Aufgaben konnten alle eingebunden werden. Dabei war es für jeden möglich entweder eine Aufgabe zu wählen, die seinen / ihren Begabungen entspricht, oder sich in einem ganz neuen Bereich zu probieren. So wurden ganz neue Erfahrungen gesammelt. Hinzu kommt, dass durch das Arbeiten in einer Gruppe die soziale Kompetenz gefördert wurde. Obwohl es in der Gruppe hin und wieder zu Kommunikationsproblemen gekommen ist, die sich durch ein ungeordnetes durcheinanderreden geäußert haben, wurde die Organisation mehr als zufriedenstellend abgeschlossen. Durch eine bessere Kommunikation könnte sogar ein noch größeres Erfolgspotential abgeschöpft werden.

Zusammenfassend lässt sich also sagen, dass der Verlauf der Organisation und der Show selbst ein großer Erfolg war. Dabei gibt es aber auch Verbesserungspotential das erkannt wurde und in zukünftigen Veranstaltungen gleicher Art wahrgenommen werden kann.