

Die Kerze unter dem Trinkglas

[Zum Anfang](#) [Zur Übersicht](#)

Einführung

In einem wassergefüllten Teller steht eine brennende Kerze.

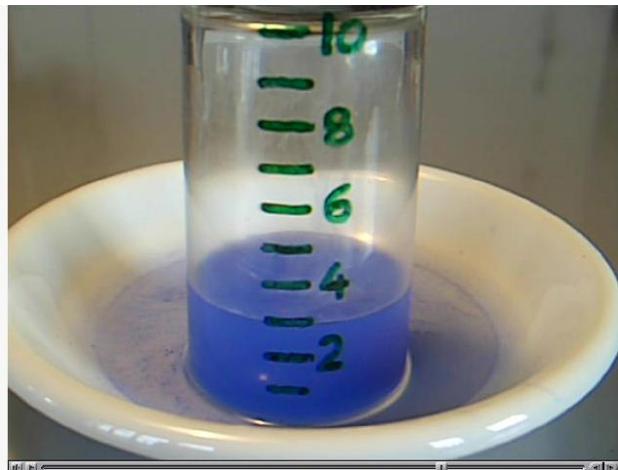
Wird über sie ein Trinkglas gestülpt, so verbraucht die Flamme den Sauerstoff, sie erlischt und der Wasserspiegel im Inneren des Trinkglases steigt.

Es gibt zwei verbreitete Vorstellungen, warum das Wasser im Glas hochsteigt:

- Die vorher erwärmte Luft kühlt wieder ab. Dabei verringert sich ihr Volumen.
- Der Sauerstoff wird verbrannt und es bleibt Leere zurück.

Die folgenden Versuche sollen

- zeigen, dass die zweite Vorstellung falsch ist und
- eine Erklärung für das Phänomen geben.



Tipps

Die Abschnitte 1 bis 4 sind wichtig zum Verständnis, 5 bis 9 geben Hintergrundinformation.

In jedem Abschnitt stehen die **schwarzen** Textteile für einen ersten Überblick, die **grauen** Absätze geben eine optionale Vertiefung, in den **grünen** stehen Hinweise zum Versuch und in den **goldenen** Hinweise zur Didaktik oder Methodik.

Die **Bilder** zu jedem Abschnitt zeigen den zeitlichen Ablauf des Versuchs.

Christbaumkerzen können Sie unten beschweren oder mit einem Wachstropfen am Tellerboden festschmelzen. Einfacher ist es, Sie verwenden Teelichte; sie schwimmen.

Achten Sie wegen der Vergleichbarkeit der Versuche auf eine einheitliche Flammengröße und -höhe! Bei Teelichten mit ihrer kleinen Flamme steigt das Wasser weniger hoch.

Füllen sie das Wasser

- so hoch in den Teller, dass beim Abkühlen keine Luft von außen ins Glas gesaugt wird,
- so niedrig, dass das Wasser im Trinkglas später gut erkennbar über die Höhe des äußeren Wasserspiegels steigt ⁶.

Je größer der Teller ist, desto leichter ist dieser Kompromiss zu ermitteln.

Das Ziel dieser Sammlung ist es, genügend verschiedene Versuchsvarianten zu bieten,

- um Ihnen ausreichend Erfahrung für Verständnis und Erklärungen zu vermitteln,
- damit Sie differenzierende Untersuchungsaufträge für gute Schüler vorschlagen können,
- die Ihnen einen Überblick geben, um Forschungsfragen Ihrer Schüler in verschiedene Richtungen weiterzuführen.

Übersicht

[Einführung, Tipps, Übersicht](#)

Vorwort und Inhaltsverzeichnis

[1. Der Grundversuch](#)

Die Kerze brennt, bis der Sauerstoff verbraucht ist.

[2. Große oder kleine Flamme?](#)

Wärme: Je größer die Flamme ist, desto heißer wird das Trinkglas.

[3. Magie oder Wissenschaft - Der Geist in der Flasche](#)

Stoffhaltung: Erst blubbert die erwärmte Luft heraus, dann strömt das Wasser hinein.

[4. Föhn statt Kerze](#)

Gasgesetz: Zusammenziehen beim Abkühlen.

[5. Noch einmal ohne Kerze im Glas](#)

Eine weitere Version: Ziehen Sie die Kerze kurz vor dem Eintauchen weg.

[6. Lange oder kurze Kerze?](#)

Position der Flamme: Es kommt darauf an, in welcher Höhe die Kerze brennt.

[7. Wasserdampf kondensiert](#)

Wassertemperatur: Auch dieser Effekt hat einen Anteil an der Verringerung des Volumens.

[8. Löst sich Kohlenstoffdioxid in Wasser?](#)

pH-Wert: Die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid hat keinen erkennbaren Effekt.

[9. Warum steigt das Wasser überhaupt ins Glas?](#)

Druckunterschied: Vakuum saugt nicht, sondern die umgebende Luft drückt.

[Ergänzungen](#)

zu den Abschnitten [3a](#) : sehr schnelles Überstülpen des Trinkglases,
[5a](#) : Erhitzen mit einer Heißluftpistole und
[8a](#) : der Versuch in der Badewanne.

[10. Literatur](#)

Beispiele: Richtige und falsche Vorstellungen in Büchern und im Internet.

1. Der Grundversuch

[Zur Einführung](#) [Weiter >](#) [Zur Übersicht](#)

Das [Kerzenwachs verbrennt](#).

Es ist eine Verbindung aus Kohlenstoff und Wasserstoff. Wenn diese beiden mit dem Sauerstoff der Luft reagieren, entstehen Kohlenstoffdioxid (CO_2) und Wasserdampf.

Sobald der Sauerstoffanteil in der Luft zu gering ist, erlischt die Flamme.

Genauer zur Verbrennung:

Frische Luft besteht zu 21% ihres Volumens aus Sauerstoff O_2 . Für die Verbrennung von [Paraffin](#) sind mindestens 16% Sauerstoff nötig¹. Es wird also nie der gesamte Sauerstoff verbraucht, die Flamme erstickt bereits vorher. Zum [Vergleich](#): Unsere [Atmung](#) funktioniert bei 16% Sauerstoffanteil noch.

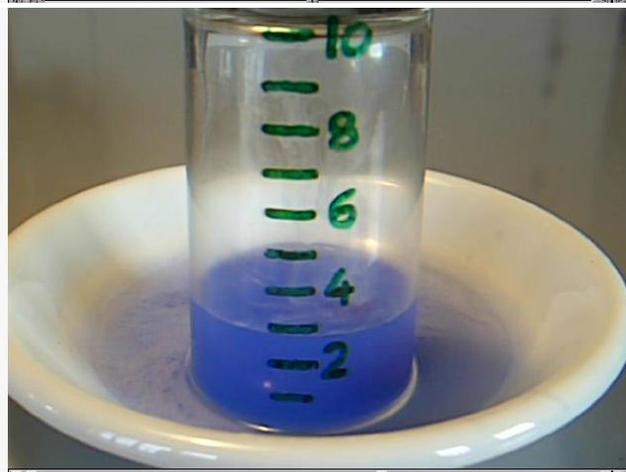
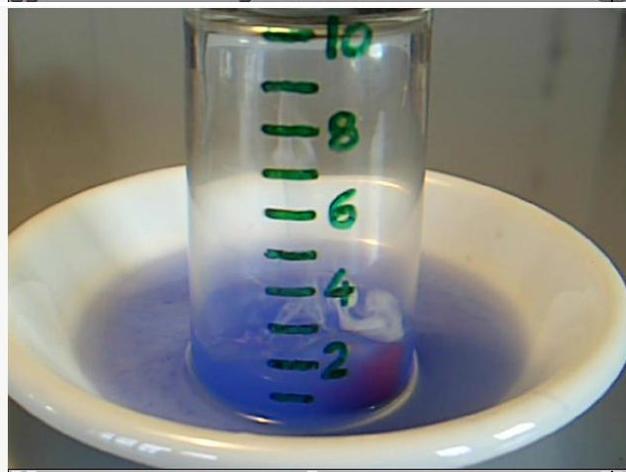
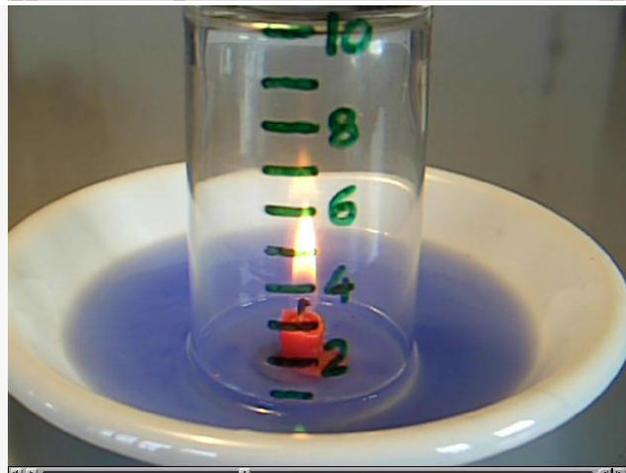
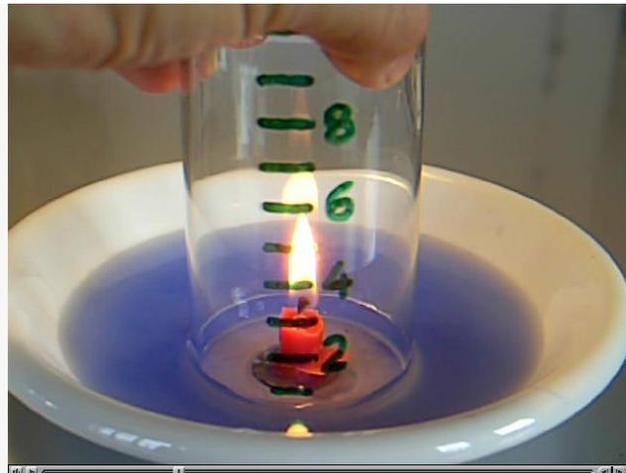
Eine geringfügig weitergehende Verbrennung zu Kohlenmonoxid CO ändert an diesem Prinzip nichts. Der Stickstoff N_2 , der mit ca. 78% den größten Anteil der Luft ausmacht, hat keinen Anteil an der Reaktion.

Mehr zur chemischen Reaktion finden Sie unter [Abschnitt 3](#), mehr zum Anteil von CO_2 im Restgas unter [Abschnitt 8](#). Entscheidend für unseren Versuch ist, dass bei der Verbrennung Energie frei wird, die die Luft im Trinkglas kurzfristig aufheizt.

Aus dem gleichen Versuch stammen auch je zwei Bilder aus der [Einführung](#) und dem [Abschnitt 6](#). Sie sind alle in gleichem Zeitabstand aufgenommen. Klicken Sie sich durch die Sequenz aus acht Bildern ([Start](#))!

Mit einer typischen Kerzenflamme und einem typischen Trinkglas steigt das Wasser auf eine bestimmte Höhe. Wie in den folgenden Versuchen zu sehen ist, hängt diese Höhe von allerlei Faktoren ab und lässt [keinen Schluss](#) darauf zu, wie groß der Sauerstoffanteil in der Atemluft ist, selbst wenn diese irrige Vorstellung häufig durch die [Literatur](#) geistert.

Besser geeignet, um das Ersticken der Flamme zu demonstrieren, erscheint dafür ein anderer Versuch ohne Wasser, aber mit [verschieden großen Gläsern](#)². Was sich für die Schüler korrekt folgern lässt, wird dadurch einfacher.



2. Große oder kleine Flamme?

[Zum Film](#) [< Zurück](#) [Weiter >](#) [Zur Übersicht](#)

Steigt das Wasser bei einer größeren Flamme höher?

Lassen Sie uns das Ergebnis theoretisch vorhersagen. Und wenn dann aus zwei verschiedenen Überlegungen unterschiedliche Ergebnisse folgen, lassen wir das Experiment entscheiden, welche von beiden [falsch](#) ist.

Die Kerzenflamme erlischt, wenn der Sauerstoffgehalt in der Luft etwa 16%¹ unterschreitet ([Abschnitt 1](#)). Selbst wenn anfangs drei Flammen zugleich gebrannt haben: Sind sie erstickt, beträgt der Sauerstoffgehalt am Ende etwa 16%.

a) Gemäß der Fehlvorstellung würde der verbrannte Sauerstoff durch Wasser ersetzt. Wir folgern:

Wenn sowohl bei großer als auch bei kleiner Flamme schließlich gleich viel Sauerstoff verbraucht wurde, müsste das Wasser beide Male gleich hoch steigen.

b) Nach der anderen Vorstellung steigt das Wasser deswegen hoch, weil die Luft sich nach dem Erhitzen wieder abkühlt und dann weniger Platz braucht.

Dann müsste eine größere, heißere Flamme einen höheren Wasserspiegel nach sich ziehen.

Genauer zur Flammengröße:

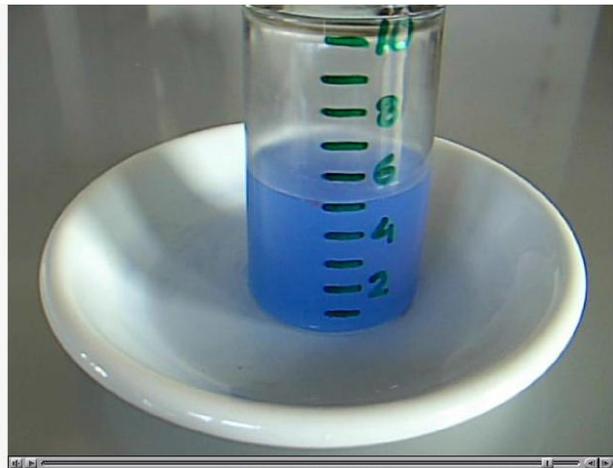
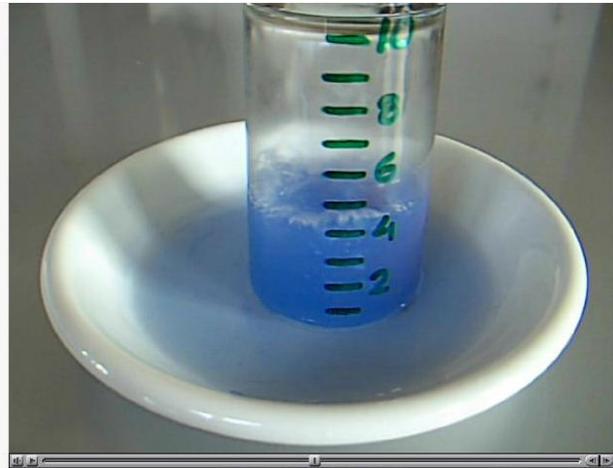
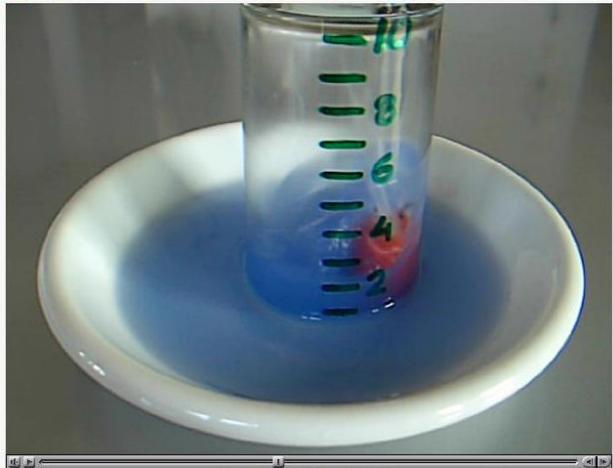
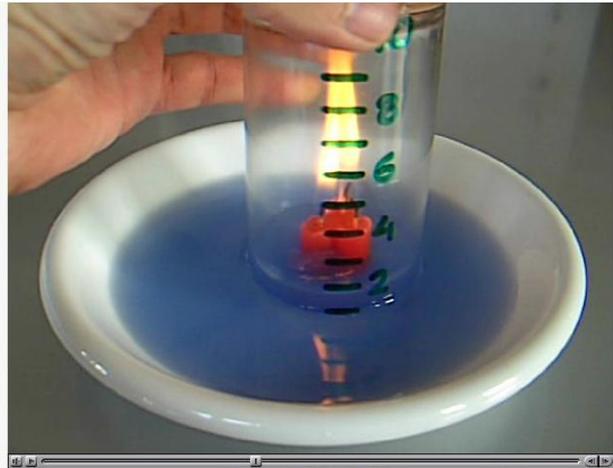
Wollen Sie untersuchen, ob ein Versuchsergebnis verlässlich ist oder ob noch weitere Faktoren mitspielen, können Sie den Versuch mehrmals unter verschiedenen Bedingungen durchführen.

Wenn sie bei unserem Experiment zu jeweils unterschiedlichen Ergebnissen kommen, liegt es häufig daran, dass die Kerzenflamme nicht immer gleich groß war.

Lassen Sie den Docht eine Weile brennen, bevor Sie das Glas überstülpen. Achten Sie aber auch auf die gleiche [Höhe](#) der Kerzen!

Der Versuch zeigt: Bei der großen Flamme steigt das Wasser höher. Die erste Vorstellung muss also falsch sein.

Im abgebildeten Versuch mit den drei Flammen war das Volumen, das ins Glas strömen musste, sogar größer als die Wassermenge im Teller. Deutlich sieht man an den Blasen, wie zusätzlich noch viel Luft von außen ins Glas geströmt ist.



3. Magie oder Wissenschaft - Der Geist in der Flasche

[Zum Film](#) [< Zurück](#) [Weiter >](#) [Zur Übersicht](#)

Es ist natürlich nicht so, dass die Kerzenflamme den Sauerstoff ersatzlos verschwinden ließe.

Wenn, vereinfacht gesagt, ein Teil Sauerstoff von einem Teil Kohlenstoffdioxid ersetzt wird, ändert sich das Volumen des Gases nicht!

Es ist entscheidend für unser Weltbild, dass Stoffe nicht einfach her- oder weggezaubert werden. Diese Vorstellung legt die Basis für weitere grundlegende, wichtigste Prinzipien wie den Energieerhaltungssatz und andere.

Genauer zur chemischen Reaktion³:

[Paraffin](#), der Hauptbestandteil von Kerzenwachs, verbrennt zu Wasserdampf und Kohlenstoffdioxid, z.B.



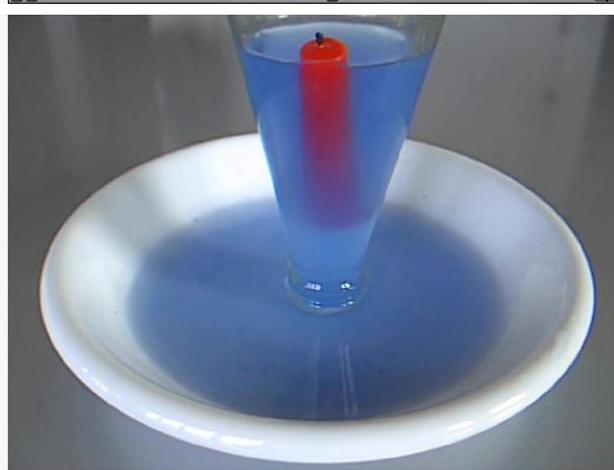
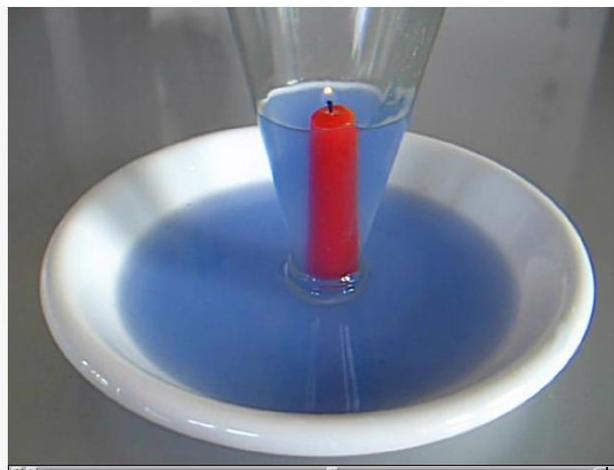
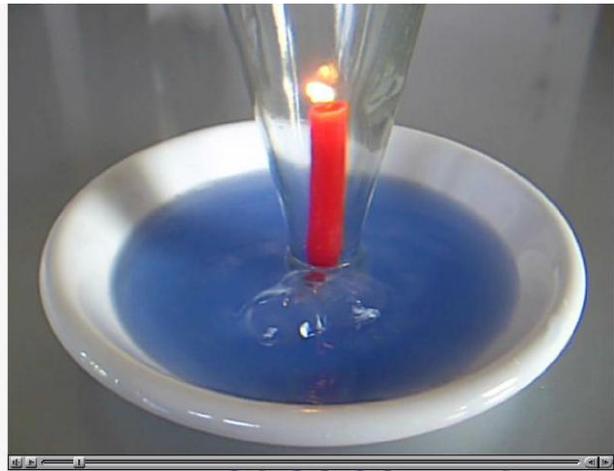
Welches [Volumen](#) die Produkte einnehmen, hängt auch davon ab, wie viel Wasserdampf kondensiert ([Abschnitt 7](#)) und wie viel Kohlenstoffdioxid sich im Wasser löst ([Abschnitt 8](#)).

Verwenden Sie anstelle eines kleinen Trinkglases eine große Flasche, dann sehen Sie, wie anfangs sogar ausgiebig Gas aus der Flasche blubbert. Dieses Gas fehlt hinterher in der Flasche, wenn das Wasser hochsteigt.

Einige Blasen können Sie ebenfalls beobachten, wenn Sie ein Trinkglas sehr schnell über die Kerze stülpen, siehe [Abschnitt 3a](#).

Ganz wichtig und in diesen Versuchen untrennbar verbunden mit dem Phänomen ist, dass sich das Gas beim Erhitzen ausdehnt, siehe folgenden [Abschnitt 4](#).

Kleiden Sie den Kerzenversuch in einen Zaubertrick⁴, wie man trocken einen Gegenstand greifen kann, der anfangs noch unter Wasser im Teller liegt!



4. Föhn statt Kerze

[Zum Film](#) < [Zurück](#) [Weiter](#) > [Zur Übersicht](#)

Je wärmer Luft wird, desto größer wird ihr Volumen. Umgekehrt wird das Volumen kleiner, wenn die Luft abkühlt. Und genau dann, wenn das Luftvolumen im Glas kleiner wird, steigt das Wasser hoch. Dazu ist im Grunde überhaupt keine Flamme nötig, der Effekt bleibt auch dann bestehen, wenn die Luft von außen erhitzt wird, zum Beispiel mit einem Föhn.

Genauer zum Ausdehnen beim Erwärmen:

Wenn die Temperatur nicht in Grad Celsius, sondern in [Kelvin](#) angegeben wird, ist der Zusammenhang beim idealen Gas ganz einfach:

Wird die Temperatur verdoppelt, so verdoppelt sich auch das Volumen (sofern sich wie in diesem Versuch der Druck nicht ändert). Oder umgekehrt: Kühlt man Gas von 600 K (= 327 °C) auf die Hälfte, also 300 K (= 27 °C) ab, so halbiert sich sein Volumen.

Allgemein gilt: Das Volumen eines [idealen Gases](#) ist bei konstantem Druck proportional zur Temperatur (denn $pV/T = \text{const}$).

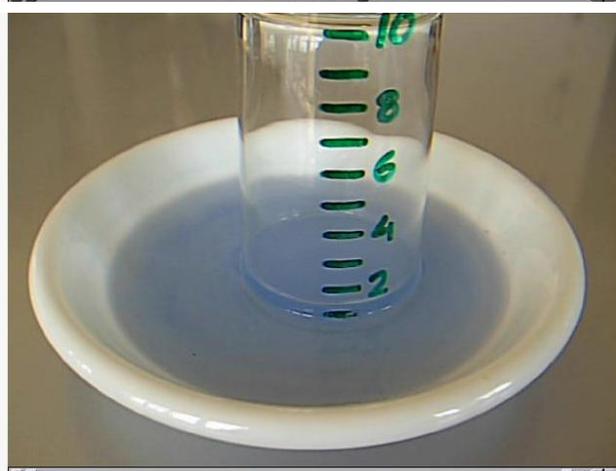
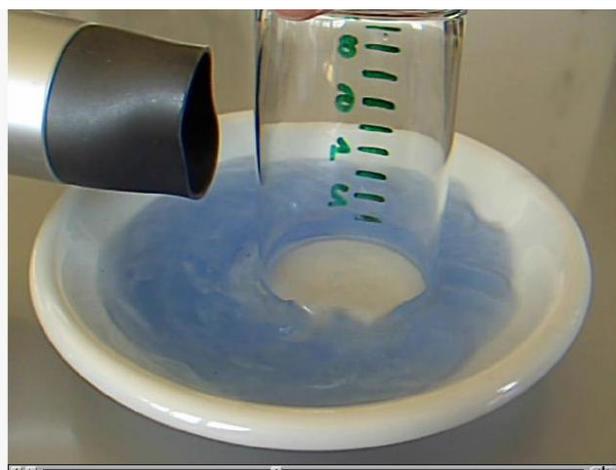
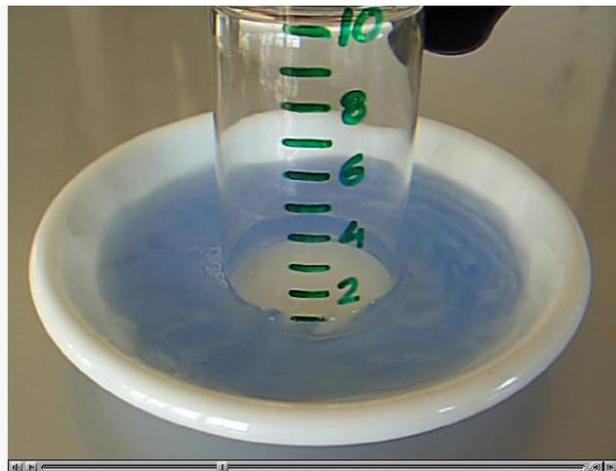
Je weiter das Glas erhitzt wird, je mehr Blasen also beim Erhitzen aus dem Trinkglas hervorperlen, desto höher steigt das Wasser beim Abkühlen.

Dieser Versuch braucht mehr Zeit als die anderen: Das Glas muss erst so weit erhitzt werden, dass man es kaum mehr anfassen kann, das dauert mindestens fünf Minuten.

Anschließend müssen Sie über eine Viertelstunde warten, bis das Abkühlen einigermaßen abgeschlossen ist. Andernfalls mag das Wasser im Trinkglas zwar ein wenig steigen, aber vielleicht den äußeren Wasserspiegel nicht erreichen.

Dagegen wird mit der Flamme nicht das ganze Glas, sondern nur die Luft erhitzt, die dann am noch kalten Glas schnell wieder abkühlen kann.

[Abschnitt 4a](#) zeigt, wie das Glas effektiver mit einer Heißluftpistole erhitzt wird.



5. Noch einmal ohne Kerze im Glas

[Zum Film](#) [< Zurück](#) [Weiter >](#) [Zur Übersicht](#)

Schneller und weniger aufwändig als mit dem Föhn lässt sich der Versuch wieder mit einer Kerze durchführen:

Sie halten die Kerzenflamme unter die Öffnung des Trinkglases, um die Luft im Glas zu erhitzen. Unmittelbar bevor Sie das Glas schnell in den Teller setzen, ziehen Sie die Kerze weg.

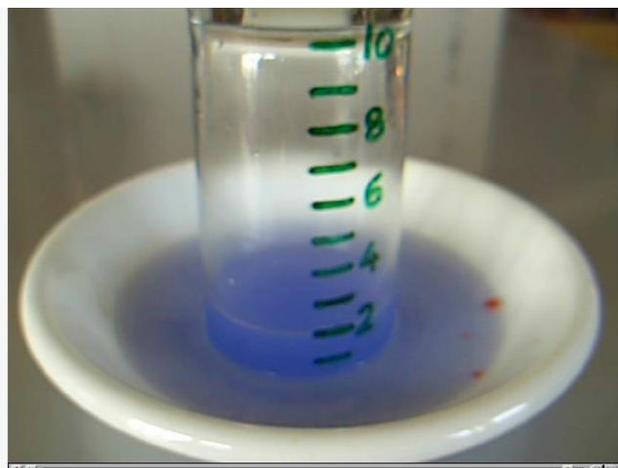
Läge die Volumenabnahme an der Verbrennung des Sauerstoffs, so müsste sie abgeschlossen sein, nachdem die Kerze weggezogen ist.

Liegt sie dagegen an der Abkühlung, so müsste das Wasser noch hochsteigen. Das Experiment zeigt, dass die erste der Vorstellungen falsch ist.

Didaktisch klarer erscheint der Versuch mit dem Föhn (siehe [Abschnitt 4](#)), weil er ohne Verbrennung oder Kohlenstoffdioxid auskommt und nur auf der Temperaturänderung beruht.

Hier wie da ist der Effekt davon abhängig, ob das Gas im Trinkglas genau so weit aufgeheizt wird wie beim Grundversuch, dessen Wasserpegel ja ebenfalls von der [Flammengröße](#) abhängt.

Die Temperaturen im Inneren des Trinkglases sind allerdings ungleichmäßig und in diesem Schülerexperiment schlecht abschätzbar.



6. Lange oder kurze Kerze?

[Film kurz](#) < [Zurück](#) [Weiter](#) > [Zur Übersicht](#)
[Film lange Kerze](#)

Steigt das Wasser höher, wenn die Kerzenflamme im oberen oder im unteren Teil des Glases brennt?

Die warme Luft steigt nach oben, über der Flamme ist es heißer als unter ihr. Eine tief gelegene Flamme kann also die Luft im gesamten Glas erwärmen, eine hohe nur einen Teil.

Im Fall der tieferen Flamme muss hinterher das gesamte Luftvolumen abkühlen, nicht nur der obere Teil. Also sich wird bei ihr das Volumen stärker ändern.

Es folgt: Bei der kürzeren Kerze wird das Wasser höher steigen.

Genauer zum Aufsteigen der Luft:

Das Aufsteigen von warmer Luft liegt daran, dass sie eine geringere Dichte als kalte Luft hat, denn warme Luft braucht bei gleichem Druck ein größeres Volumen als kalte (mehr zum Gasgesetz siehe [Abschnitt 4](#)).

„Geringere Dichte“ lässt sich kindgemäß formulieren als „die gleiche Menge braucht mehr Platz“.

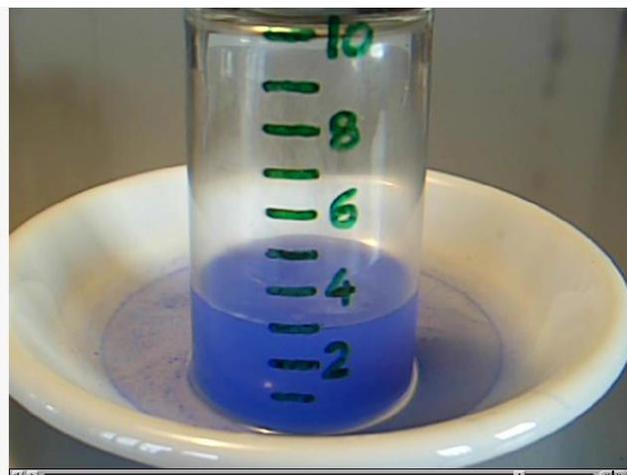
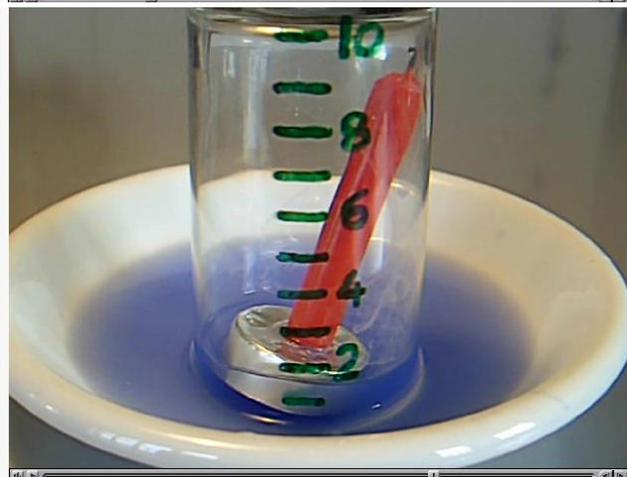
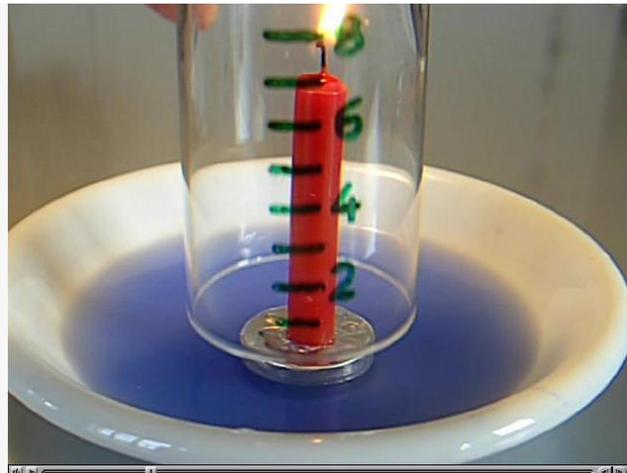
Der Versuch zeigt:

Bei der kürzeren Kerze steigt das Wasser deutlich höher.

Der breite Kerzensockel im Bild übertreibt den Wasseranstieg sogar noch. Andere Autoren ^{5, 6} messen nicht die Höhe des Wasserspiegels über der Unterkante des Glases, sondern den Höhenunterschied zwischen innerem und äußerem Wasserstand. Dafür schlagen sie Methoden vor, beide Wasserstände vor Versuchsbeginn anzugleichen.

Genauer zum Ersticken der Flamme:

Die höhere Kerzenflamme erstickt schneller als die tiefere. Zwar hat [Kohlenstoffdioxid](#) eine größere Dichte als Sauerstoff und müsste sich [unten ansammeln](#), aber dafür bräuchte es viel mehr Zeit und Ruhe. Stattdessen steigen die heißen Verbrennungsgase zuerst nach oben.



7. Wasserdampf kondensiert

[Film kochend](#) < [Zurück](#) [Vor](#) > [Zur Übersicht](#)
[Film Eiswasser](#)

Alle Gase ziehen sich beim Abkühlen zusammen, aber hier kommt noch dazu, dass Wasserdampf beim Abkühlen außerdem kondensiert. Das bedeutet, das Volumen verringert sich stärker als bei einem idealen Gas (vgl. [Abschnitt 4](#)).

Oft können Sie erkennen, dass das Glas innen beschlägt. Dann hat sich der Wasserdampf an der Glasoberfläche niedergeschlagen.

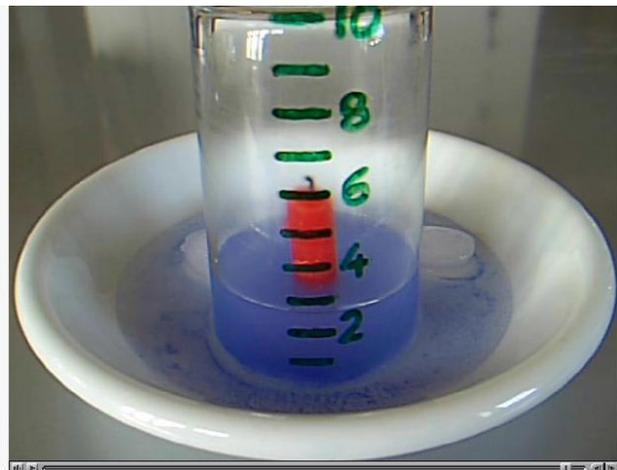
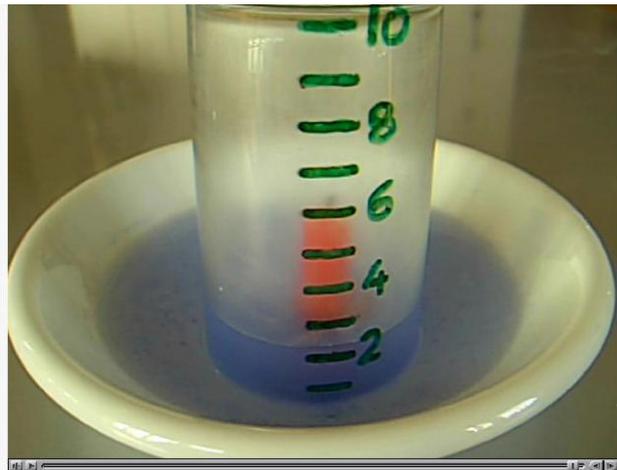
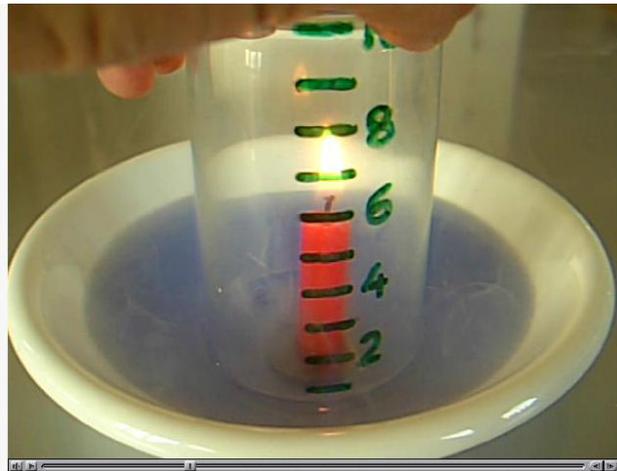
Genauer zum Gas:

- a) Dass Wasserdampf entsteht, können Sie der Reaktionsgleichung in [Abschnitt 3](#) entnehmen.
- b) Mehr zum idealen Gas finden Sie im [Abschnitt 4](#).
- c) Wie viel Wasserdampf die Luft aufnehmen kann und bei welcher Temperatur er kondensiert, finden Sie unter den Stichworten Dampfdruck und [Luftfeuchtigkeit](#). Thematisch damit verwandt sind die Wetterphänomene Nebel, Wolkenbildung und Regen.

Im [Film](#) ist sichtbar, wie das kochende Wasser das Kerzenwachs anschmilzt.

Die oberen beiden Bilder zeigen einen Versuch, der mit kochendem Wasser durchgeführt wurde. Hier kondensiert der zusätzliche, bei der Verbrennung entstandene Wasserdampf kaum, er vergrößert daher das Gasvolumen am Schluss.

Die unteren beiden Bilder zeigen den Versuch mit Eiswasser. Hier kondensiert der Wasserdampf, das Gasvolumen am Schluss ist kleiner, das Wasser steigt höher.



8. Löst sich Kohlenstoffdioxid in Wasser?

[Film Kohlensäure](#) < [Zurück](#) [Vor](#) > [Übersicht](#)
[Film Natronlauge](#)

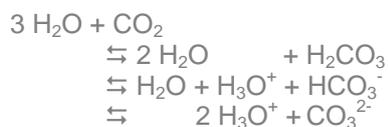
Es **löst** sich nur ein Bruchteil des entstehenden Kohlenstoffdioxids im Wasser, so dass dieser Effekt hier kaum eine Rolle spielt.

Selbst wenn sich alles Kohlenstoffdioxid lösen würde, beträfe das nur etwa 5% des Gasvolumens, denn der Sauerstoffanteil, der sich in Kohlenstoffdioxid umwandelt, sinkt von 21% nur auf etwa 16%¹ (siehe [Abschnitt 1](#)).

Das trifft auch dann zu, wenn die Wassermenge groß ist (siehe [Abschnitt 8a](#), in der Badewanne). Was passiert aber, wenn das Wasser basisch ist?

Genauer zu Säuren und Basen:

Die Löslichkeit hängt vom pH-Wert ab. Es stellt sich das folgende Puffergleichgewicht zwischen physikalisch gelöstem CO₂, Kohlensäure, Hydrogencarbonat und Carbonat ein.



Je mehr H₃O⁺ vorliegt, das heißt je saurer die Lösung ist, desto mehr verschiebt sich das Gleichgewicht nach links. Desto mehr bleibt das CO₂ im Gas und löst sich nicht im Wasser.

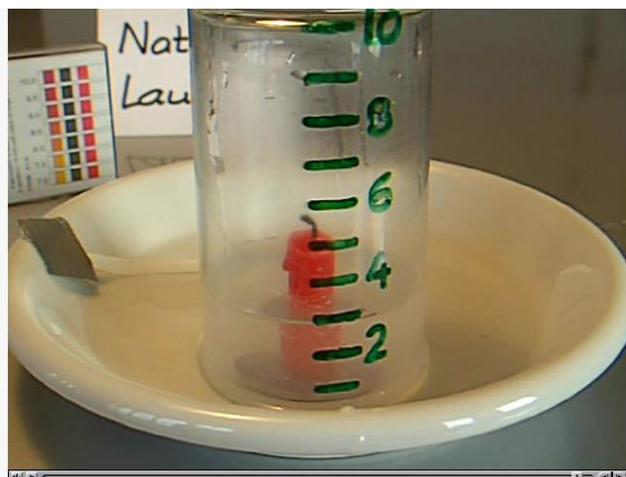
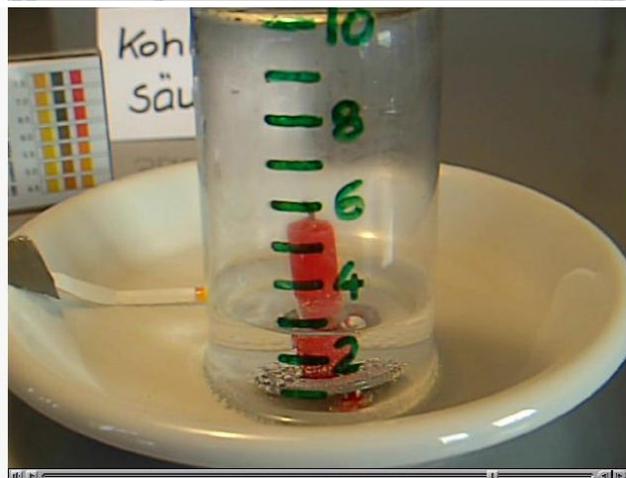
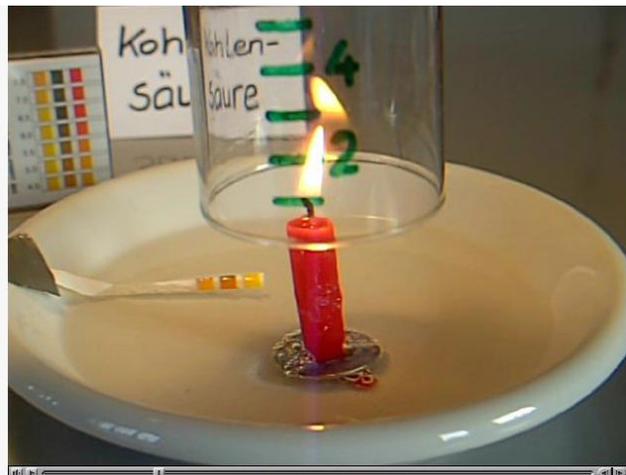
Entsprechend gilt: Je basischer die Lösung ist, desto mehr CO₂ kann sich lösen.

Aber das Experiment und die Bilder zeigen: Dieser Effekt spielt hier kaum eine Rolle.

[Eine gravierende Rolle dagegen spielt der Effekt bei der Versauerung der Ozeane: In zunehmendem Maße werden vom globalen Kohlenstoffdioxidanstieg Kalkbildner wie Korallen u.a. zerstört \(mp3 vom 20.4.2006 im Deutschlandfunk\)](#)⁸.

Am **Indikatorstreifen** im Teller lässt sich ablesen: In den oberen beiden Bildern ist die Kohlensäure sauer, in den unteren die Natronlauge stark basisch.

Der Versuch mit Kohlensäure, das heißt spritzigem Mineralwasser, lässt sich gefahrlos durchführen. Im Fall von **Natronlauge** informieren Sie sich bitte über die Sicherheitsbestimmungen!



9. Warum steigt das Wasser ins Glas?

[< Zurück](#) [Zur Literatur](#) > [Zur Übersicht](#)

Eine groteske Fehlvorstellung steht in der Veröffentlichung „Warum schwimmt Eis auf dem Wasser?“⁹:

„Erklärung: Der Wasserspiegel im Glas steigt, weil das Vakuum, das durch den Verbrauch des Sauerstoffs beim Brennen der Kerze entstanden ist, das Wasser aus der Glasschüssel nach oben zieht (horror vacui).“

Selbst wenn Vakuum entstünde (siehe [Abschnitt 3](#)): Etwas nicht Vorhandenes kann auch nichts nach oben ziehen, denn es kann natürlich keine Kräfte übertragen. Diese Fehlvorstellung war im Mittelalter unter dem Namen „[horror vacui](#)“ verbreitet.

In Wirklichkeit ist der äußere Luftdruck größer als der Luftdruck im Glas. Die Kraft des äußeren Luftdrucks drückt das Wasser ins Trinkglas.

Genauer zum Luftdruck:

Ohne äußeren Luftdruck könnten kein Mensch und keine Pumpe am Wasser „saugen“, so wenig wie man an einem Sandhaufen ziehen kann.

Stattdessen würde das Wasser bei geringerem Luftdruck [verdampfen](#).

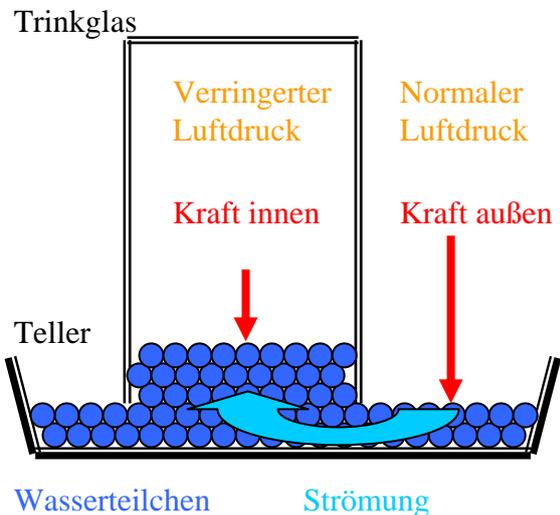
Bei Zimmertemperatur kocht Wasser bei [ca.](#) 20 hPa = 20 mbar.

In der dünnen Luft in [19 km](#) Höhe würde in einem Flugzeug ohne [Druckkabine](#) das Blut in den Adern der Passagiere kochen.

Die Kohäsion von Wasser, die für die Oberflächenspannung verantwortlich ist, ist hier vernachlässigbar.

Selbst wenn die Vorstellung beim Trinken mit dem Strohhalm stark vom Umgangssprachlichen „saugen“ geprägt ist: Im Mund erzeugt man lediglich einen Unterdruck. Der äußere Luftdruck hebt das Getränk dann im Strohhalm hoch.

Modellvorstellung zum Anstieg des Wasserspiegels:



Die Kraft auf das Wasser pflanzt sich von [Teilchen](#) zu Teilchen fort.

Das Wasser strömt ins Trinkglas, bis der Schweredruck des angehobenen Wassers so groß ist wie die Differenz der beiden Luftdrucke.

3a. Das Trinkglas wird sehr schnell über die Kerze gestülpt

[Zum Film](#) [< Zurück](#) [Weiter >](#) [Zur Übersicht](#)

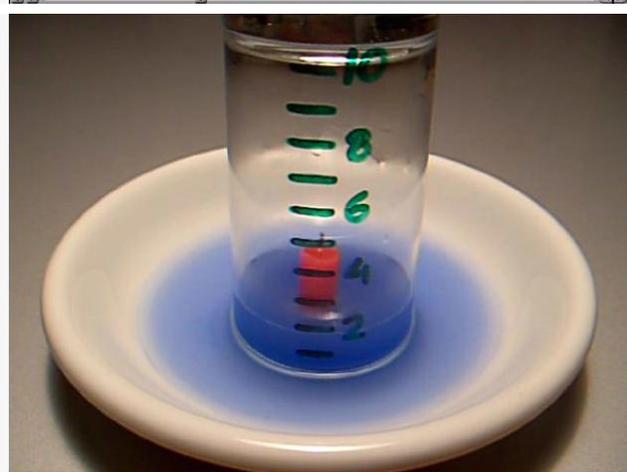
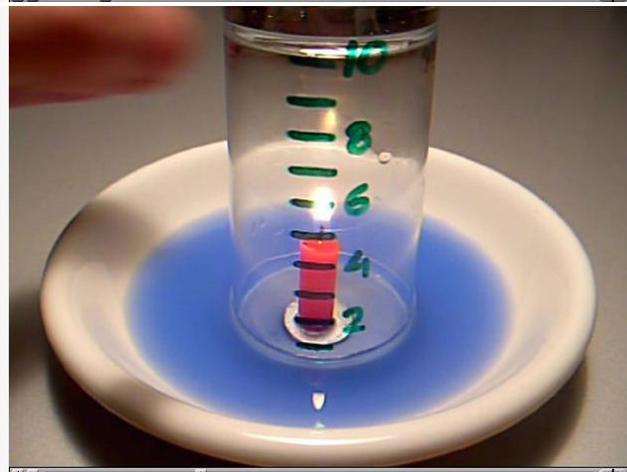
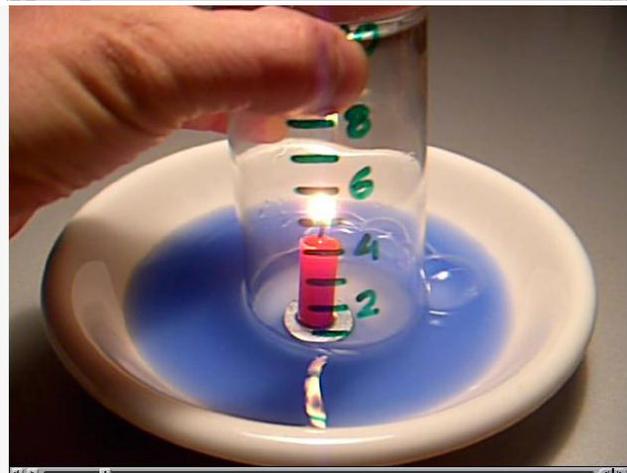
Anfangs erhitzt die Kerze die Luft, sie strömt aus dem Becher.

Einige Blasen können Sie beobachten, wenn Sie ein Trinkglas sehr schnell über die Kerze stülpen.

Am Ende steigt das Wasser nicht so hoch, wie wenn Sie das Trinkglas langsam über die Kerzenflamme senken und sie mehr Zeit hat, die Luft zu erhitzen.

Besser erkennbar ist eine länger anhaltende Blasenentwicklung, wenn Sie anstelle des Trinkglases eine größere Glasflasche verwenden, siehe [Abschnitt 3](#).

Ganz wichtig und in diesem Versuch untrennbar verbunden mit dem Phänomen ist, dass sich das Gas beim Erhitzen ausdehnt, siehe [Abschnitt 4](#).



4a. Das Trinkglas wird mit einer Heißluftpistole erhitzt

[< Zurück](#) [Weiter >](#) [Zur Übersicht](#)

Je wärmer ein Gas wird, desto größer wird sein Volumen. Umgekehrt wird das Volumen kleiner, wenn das Gas abkühlt. Und genau dann, wenn das Gasvolumen im Glas kleiner wird, steigt das Wasser hoch.

Genauer dazu im [Abschnitt 4](#):

Das Volumen eines idealen Gases ist bei konstantem Druck proportional zur Temperatur in Kelvin.

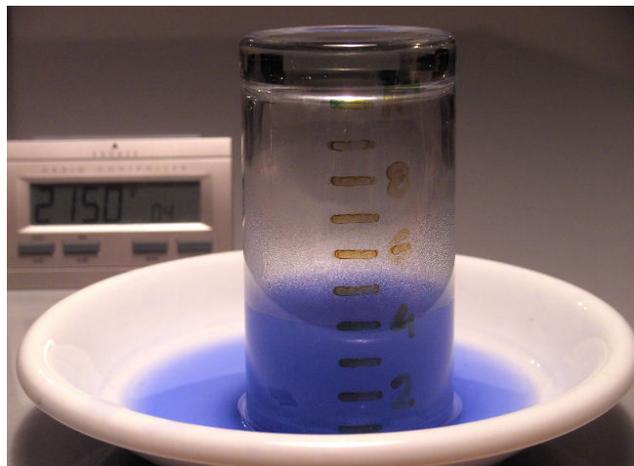
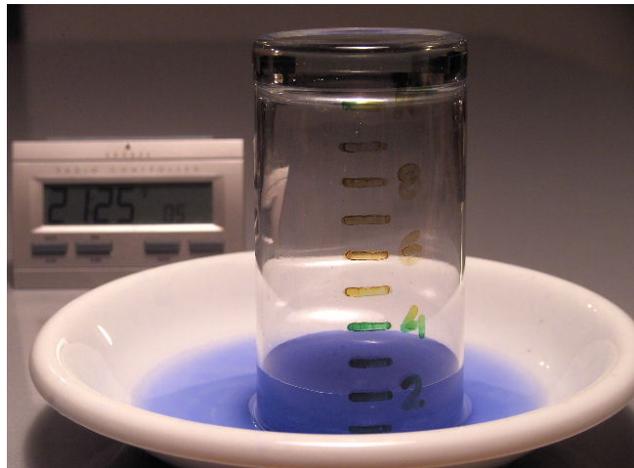
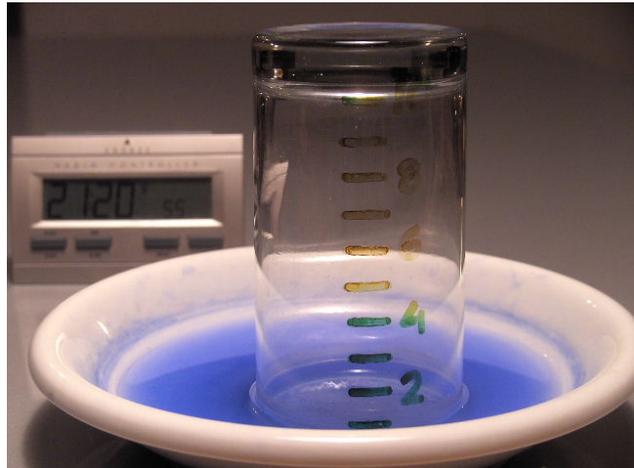
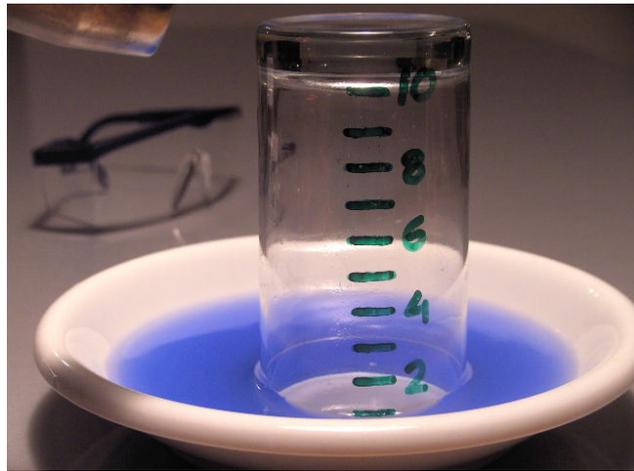
Im [Abschnitt 4](#) wird das Glas mit einem Haarföhn erhitzt, das Wasser steigt im Anschluss gut 10% des Volumens im Trinkglas hoch.

Hier im Abschnitt 4a wird das Glas mit einer [Heißluftpistole](#) von 2000 W erhitzt, das Wasser steigt über 40% hoch.

Je höher das Glas erhitzt wird, desto überzeugender zeigt sich das Ergebnis, aber desto länger dauert der Versuch. Sie sehen die Zeit auf der abgebildeten Uhr.

Verwenden Sie mit der Heißluftpistole eine Schutzbrille für den Fall, dass das Glas zerspringt, und achten Sie auf die Verbrennungsgefahr!

Zum [Abschnitt 5](#), noch einmal ohne Kerze im Glas.



8a. In der Badewanne

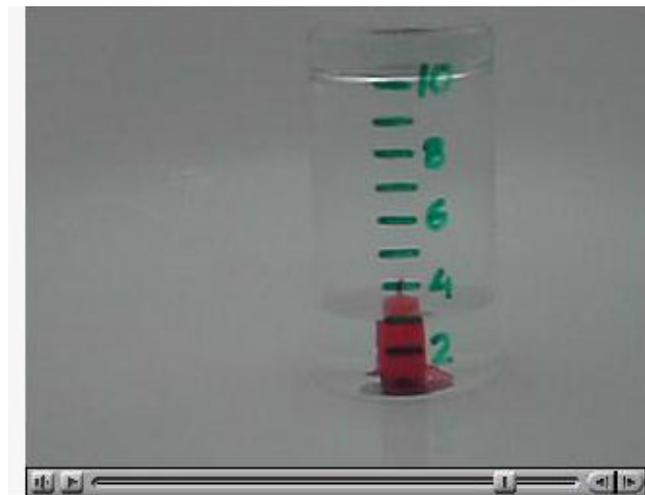
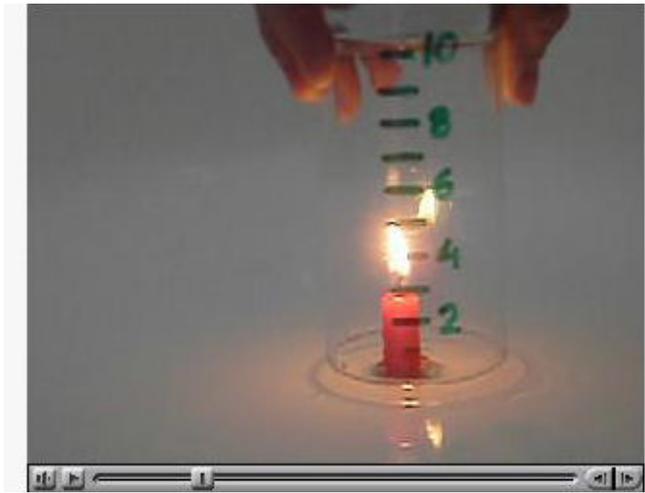
[Zum Film](#) [< Zurück](#) [Weiter >](#) [Zur Übersicht](#)

In einer größeren Wassermenge müsste sich mehr Kohlenstoffdioxid lösen lassen. Hat das einen Einfluss auf das Versuchsergebnis?

Sie werden das Wasser im Glas nicht systematisch höher steigen sehen, wenn Sie den Versuch in einer Badewanne statt in einer Untertasse durchführen.

Zum [Abschnitt 8](#), löst sich CO_2 in Wasser?

Zum [Abschnitt 9](#), warum steigt das Wasser ins Glas?



10. Literatur

[< Zurück](#) [Zum Anfang](#) [Zur Übersicht](#)

a) Zeitschriften und Bücher

¹ Wiederholt, E., Plempel, M.: Gegen den Kerzenversuch zur Sauerstoffbestimmung der Luft, [ChidS](#) (= Chemie in der Schule) (7) 1996 S.279-S.283. [Zum Memotext](#)

³ van Saan, Anita: 365 Experimente für jeden Tag. Moses-Verlag, Kempen 2002.
Ein empfehlenswertes Jugendbuch mit vielen [Experimenten](#), das klare, richtige [Erklärungen](#) mit optionaler fachlicher Vertiefung verbindet.

⁵ Berthold, Hiebl: Naturwissenschaften in der Grundschule, [Nr. 404](#), Dillingen 2005, S.193.
Experimente mit fachlichem Hintergrund und Anregungen zur praktischen Umsetzung.

⁹ Lück, Gisela: Warum schwimmt Eis auf dem Wasser? Aachen 1997.
Eine Sammlung von Experimenten für den Kindergarten. Nicht alle Erklärungen sind richtig.

Viele der auf dem Markt reichlich vertretenen Experimentierbücher bemerken korrekt, dass der Sauerstoff verbraucht wird, lassen aber den Leser dann mit dem verschwundenen Volumen alleine. Sie provozieren so die Fehlvorstellung, dieses würde durch das thematisierte Wasser und nicht durch das im Text oft unerwähnte Kohlenstoffdioxid ersetzt.

b) Internet

² http://www.old.uni-bayreuth.de/departments/ddchemie/experimente/04_kerze_abgeschlossen.htm
reduziert in einer Versuchsanordnung ohne Wasser die Fragestellung so weit, dass Kinder eine richtige Antwort geben können.

⁴ <http://www.physik.uni-augsburg.de/~ferdi/fragen/frage40.html>
gibt eine gute Erklärung und schöne Videobeiträge zu den Experimenten.

⁶ http://chemieunterricht.de/dc2/tip/02_04.htm
Ein gut durchdachter Beitrag mit weiteren Versuchen zu diesem Thema. Bei „Versuch 2“ schlägt er eine andere Messmethode für den Wasserspiegelanstieg vor: Er betrachtet nicht den Pegel über der Glasunterkante, sondern den Unterschied zwischen innen und außen.

<http://www.schmidt-sielex.de/lug/lug2.htm>
thematisiert die Fehlvorstellung als Rätselserie zu „Lügenmärchen im Web“.

<http://www.wer-weiss-was.de/theme50/article2187155.html>
ist ein Beispiel für eine sich langsam klärende Diskussion in einem Internetforum.

Das ganze Qualitätsspektrum von richtigen bis zu falschen Vorstellungen auch in namhaften Quellen findet sich unter den Ergebnissen beim Googeln nach „[Kerze Wasser Sauerstoff](#)“ oder ähnlichem.

⁸ <http://www.podster.de/view/536/episodes#start>
stellt viele interessante Podcasts des Deutschlandfunks bereit, mit denen Sie nebenbei Ihre Allgemeinbildung in Natur-, Gesellschaftswissenschaften, Medizin etc. auffrischen können.