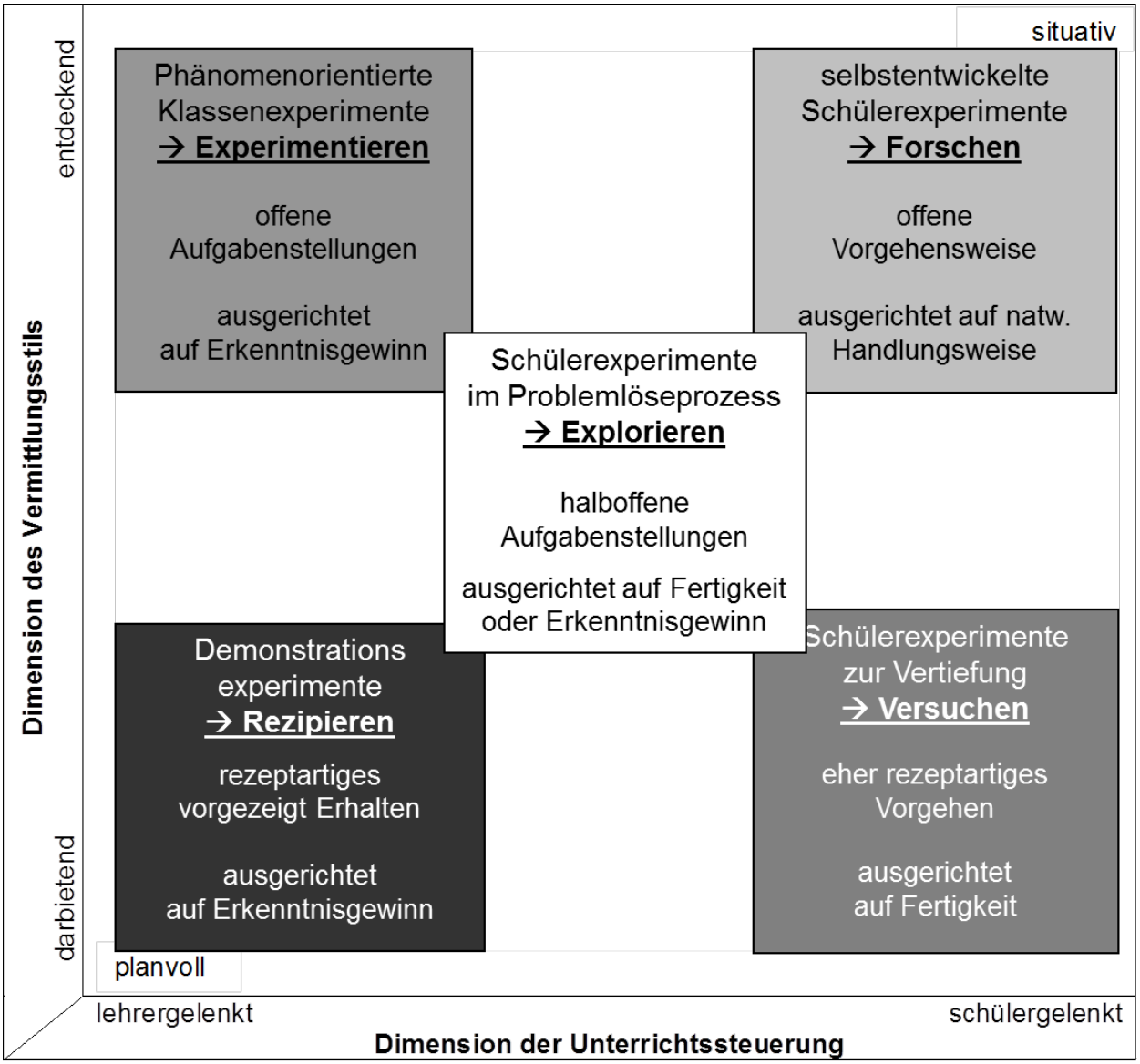
PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

Zaubertrickexperimente zu den Aggregatzuständen

1 Experimentieren und Forschen

Experimentieren bedeutet mit Sicherheit Aktivität, oft aber nicht Lernen. Experimentieren wird dann zum Aktivismus. Schülerexperimente müssen kompetenzorientiert ausgewählt werden. Weniger, dafür vertiefter, ist mehr (Olff 2009). Sowohl ein induktiver (vom Einzelexperiment ausgehend und danach verallgemeinernd) als auch ein deduktiver Zugang (von der Regel ausgehend am Experiment erlebend) ist möglich und sinnvoll. Entscheidend sind die Vorkenntnisse der Schülerinnen und Schüler und die zu erlernenden Kompetenzen. Auf den gleichen Parametern (Vorkenntnisse und Kompetenzerwerb) beruht der Entscheid, welche Dimension naturwissenschaftlichen Handelns im Unterricht verfolgt wird.



Phase VOR dem Experimentieren bzw. Forschen:
- Von einem Problem bzw. Phänomen ausgehen und somit auch die Präkonzepte der Lernenden einbeziehen.
- Das Formulieren anspruchsvoller Fragen und damit verbundener Hypothesen ist schwierig (nicht nur für Schülerinnen und Schüler)!

Phase WÄHREND des Experimentierens bzw. Forschens:
- Begleiten und Strukturieren der Vorgehensschritte unterstützt die Lernenden beim verstehenden Experimentieren und schützt vor Aktivismus.
- Kontrollversuche sind das halbe Experiment, werden aber meistens vernachlässigt (evtl. Variablen aufteilen in der Klasse).

Phase NACH dem Experimentieren bzw. Forschen:
- Der Auswertung mit Rückbezug zur Ausgangsfrage bzw. zu den Präkonzepten muss genügend Zeit beigemessen werden.

Literatur

Olff, S. (2009). Kopf an: Grübeln statt Pauken. Sonntagszeitung 12.10.09, 67-69.

1.1 Demonstrationsexperimente → *Rezipieren*

a) Beschreibung

Was allgemein als "Demonstration" bezeichnet wird, kennzeichnet einen Vorführversuch, bei dem ein bestimmter Effekt oder eine bestimmte Wirkung demonstriert werden soll. Die zu erwartenden Effekte stehen in der Regel fest, da die Vorführperson den Versuch schon im Vorfeld ausprobiert hat. Die Demonstrationen werden unter bestimmten Fragestellungen betrachtet und diskutiert, wobei sich neue Erkenntnisse über die Abhängigkeiten und Zusammenhänge ergeben. Für ein gutes Gelingen der Demonstrationen sollten die Zuschauer mit einbezogen werden. Orientiert sich ein Effekt zunächst an der bekannten Lebenswelt der Zuschauer oder gelingt es, Assoziationen zu wecken, dann wird der Effekt als Phänomen wahrgenommen, das es später dann rational zu ergründen gilt. Besonders wirkungsvoll ist es, Zuschauer bei der Durchführung mit einzubeziehen. Dies gelingt beispielsweise, wenn die vorführende Person zu der Demonstration, die sie gleichzeitig durchführt, eine lebensnahe Geschichte erzählt:
"Stellt euch vor, ich war neulich für eine Woche alleine zu Hause und musste mir selbst kochen. Am Montagmittag hatte ich Hunger und beschloss, mir ein Schnitzel zu braten. Ich gab in eine Bratpfanne etwas Fett und schaltete die Herdplatte ein. Nach einer Weile läutete das Telefon im Wohnzimmer und ich verließ die Küche. Dabei vergaß ich völlig das heiße Fett auf dem Herd. Als ich in die Küche zurückkehrte, brannte das Fett in der Pfanne lichterloh. Ich füllte einen Becher mit Wasser und wollte damit den Brand in der Pfanne löschen..."
Natürlich wird die erzählende Person diese Geschichte noch etwas ausschmücken. Die Geschichte in Verbindung mit der Demonstration, die beispielsweise in einem kleinen Metalltiegel vorgeführt wird, reizt die Beobachter zunächst emotional und erzeugt dann Interesse, sich mit den Wirkungszusammenhängen des Geschehens weiter zu beschäftigen. Zum guten Gelingen der Demonstration tragen einige weitere Regeln bei:

- Sie sollte einen deutlich sichtbaren Effekt zeigen.
- Zur Verbesserung der Beobachtbarkeit wird man nicht zu kleine Stoffmengen und Geräte einsetzen. Trotzdem ist das Gesetz der Sparsamkeit einzuhalten.
- Reaktionen, bei denen gefährliche Gifte frei werden, sind zu vermeiden. Dennoch eignen sich für Demonstrationsexperimente Experimente, die für SuS zu gefährlich, zu teuer oder zu aufwändig in der Durchführung wären.
- Alle Beobachter sollten sich etwa im gleichen Abstand zum beobachtbaren Effekt aufhalten. In Fachräumen empfiehlt sich, die Schülerinnen und Schüler hinter der ersten Stuhlreihe aufzubauen (Sicherheitsabstand einhalten lassen!). Dies kann im Unterricht zu einem festen Ritual werden. Durch Rituale wird eine höhere Aufmerksamkeit erreicht.
- Die Demonstration kann durch Medien unterstützt werden. Eine Videokamera oder eine digitale Schwanenhalskamera verdeutlicht den Effekt in besonderem Maße.

- Auch digitale Fotografien sind hilfreich. Auf diese Weise kann ein Effekt auch mehrfach vorgeführt oder unter einem vergrößerten Blickwinkel betrachtet werden. Hier könnte man evtl. auch eine Schülerin oder einen Schüler auswählen, die/der den Film dreht. Oder mehrere Lernde, die fotografieren dürfen.
- Der Hintergrund und die Raumbeleuchtung spielt eine entscheidende Rolle. Ein Versuch wie die Fettexplosion erfordert eher einen leicht abgedunkelten Raum mit dunklem Hintergrund, während farbige, chemische Fällungsreaktionen helles, weißes Licht mit hellem Hintergrund benötigen.
- Der Geräteaufbau erfolgt so einfach wie möglich von links nach rechts. Dabei ist es von Vorteil, wenn die Zuschauer den Aufbau und das Zusammenstellen der Geräte miterleben können. Glasgeräte werden möglichst in gleicher Höhe aufgestellt und mit gerade durchlaufenden Rohren oder Schläuchen miteinander verbunden (Pfeifer, Lutz & Bader 2002).

Der didaktische Zeitpunkt einer Demonstration ist vielfältig. Beim Einstieg in ein Thema eignet sich in besonderem Maße die Vorführung eines Phänomens, das zum Staunen anregt.
Eine Demonstration kann auch einen Sachverhalt erarbeiten, beispielsweise bei dem forschend-entwickelnden Unterrichtsverfahren (Schmidkunz & Lindemann 1999):

Hierzu folgendes Beispiel: An einer Düse wird ausströmender Wasserstoff nach negativer Knallgasprobe entzündet. Nun hält man für kurze Zeit einen kalten Rundkolben in die Flamme. Auf der Außenseite bildet sich ein Beschlag, der nach einigen Sekunden wieder weggeht oder mit einem Lappen weggewischt werden kann.
Die Schülerinnen und Schüler äußern nun Vermutungen über den Beschlag. Dabei ergeben sich Fragen, zum Beispiel:

- Handelt es sich bei dem Beschlag um Wasserdampf?
- Woher kommt der Beschlag, aus der Luft oder aus der Flamme?
- Wie lässt sich beweisen, dass es sich um Wasserdampf handelt?
- Wie lassen sich größere Mengen des Produktes herstellen?

Zur Beantwortung der Fragen sind weitere Demonstrationen notwendig. Hält man ein Becherglas mit der Öffnung nach unten in die Flamme, tritt der Beschlag im Becherglas auf. Dies weist darauf hin, dass das Phänomen mit der Flamme zu tun hat. Vielleicht äußern die Schülerinnen und Schüler die Vermutung, dass der Beschlag ein Verbrennungsprodukt des Wasserstoffs ist. Gemeinsam mit den Schülerinnen und Schülern wird dann eine Apparatur entwickelt, die das Herstellen einer größeren Menge dieses Verbrennungsprodukts ermöglicht. Ein Kühlgefäß zum Kondensieren eines Gases kennen die Schülerinnen und Schüler bereits von der Destillationsapparatur her.
Variationen verdeutlichen in besonderem Maße die Abhängigkeit der Demonstration von den Ausgangsbedingungen oder bestätigen geäußerte Vermutungen. Das Zaubertrick-Experiment regt die Fantasie an und stellt eine Demonstration dar, die evtl. nur unvollständig erklärt wird (bei den Versuchen zur. Er wird gelegentlich eingesetzt, um zu zeigen, dass noch Rätselhaftes in der Natur existiert. In einer Demonstration zur Übung oder Wiederholung versuchen die Schülerinnen und Schüler, bisher Gelerntes anzuwenden und den Effekt zu erklären.

Demonstrationen können durch gezielte Aufgabenstellungen an die Schülerinnen und Schüler didaktisch begleitet werden. Ein eigener Erlebnisbericht mit Zeichnungen und Interpretationen verfestigt das Wissen.

b) Stärken / Schwächen

-

c) Literatur

Pfeifer, P., Lutz, B., Bader, H.J. (Hrsg.) (2002). Konkrete Fachdidaktik Chemie, 3. Auflage. München: Oldenbourg Verlag.
Seilnacht, T. (2004). Naturwissenschaftliches Arbeiten mit Schülerinnen und Schülern, Bern.
Schmidkunz, H. & Lindemann H. (1999). Das forschend-entwickelnde Unterrichtsverfahren. Magdeburg: Westarp Wissenschaften.

1.2 Schülerexperimente zur Vertiefung → *Versuchen*

a) Beschreibung
Das Experiment zur Vertiefung und Repetition hat zwei Aufgaben, nämlich die Bestätigung von Sachverhalten, die den Schülerinnen und Schülern bereits bekannt sind und die vertiefende bzw. veranschaulichende Repetition.
Grundsätzlich können dabei verschiedenste Experimenttypen angewendet werden. Wichtig dabei ist jedoch, dass der bereits gelernte Stoff in irgendeiner Weise angewendet und vertieft verstanden werden kann. Bringt das Experiment insofern keinen Mehrwert, fragt es sich, ob es nicht auch weggelassen werden kann.

b) Stärken / Schwächen
Die Stärken sind, dass die Lehrperson anhand des Experiments sieht, wie gut der behandelte Stoff verstanden und angewendet werden kann. Weiter könnte diese Art von Experiment auch dazu genutzt werden, das Experiment als Prüfung durchzuführen und zu benoten. Bei Schülerexperimenten sind aber – oft von der Lehrperson provoziert – die folgenden häufigen Fehlerquellen zu beachten (Hammann et al. 2003):

1) Hypothesen: Oft werden nicht alle relevanten Hypothesen in Erwägung gezogen, sondern nur diejenigen getestet, die den eigenen Erwartungen entsprechen.
2) Testvariablen: Testvariablen werden unsystematisch variiert bzw. mehrere miteinander. Ansätze einer Testreihe unlogisch bzw. zufällig zueinander in Beziehung gesetzt.
3) Kontrollvariablen (Negativ- und Positivkontrolle): Beim Planen von Experimenten fehlt häufig der Kontrollansatz. Falls er doch eingeplant wird, kommt es oft zu Verwechslungen zwischen den Testvariablen und den Kontrollvariablen.
4) Datenanalyse: Schlüsse über Ursache und Wirkung werden gezogen, obwohl nur eine Korrelation nachgewiesen werden konnte (d.h. nicht klar ist, was die Ursache und was die Wirkung ist). Umdeuten von Ergebnissen im Sinne der eigenen Erwartungen.

Literatur
Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M., Bayerhuber, H. (2006): *Fehlerfrei Experimentieren*. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 59 (5), 292-299.

1.3 Phänomenorientierte Klassenexperimente → *Experimentieren*

a) Beschreibung
Das Schülerexperiment (genetisch – sokratisch – exemplarisch) im Sinne von Wagenschein (1995) kann idealerweise an einem konkreten Beispiel erklärt werden. Die vorliegende Beschreibung stammt aus Wilhelm (2008) und ist leicht gekürzt.

Die Lernenden erhalten den Auftrag zu erklären, was mit einem brennenden Teelicht geschieht, über das sie ein umgedrehtes Becherglas stellen. Der Alltagsbezug ist die bekannte „Löschglocke“ für Kerzen.
Das Verstehen von naturwissenschaftlichen Alltagsphänomenen braucht Zeit, denn genaues Beobachten und intensives Nachdenken sind erforderlich. Rasch gefundene Erklärungen bergen die Gefahr einem Alltagsphänomen nicht in seiner Gesamtheit gerecht zu werden.

- Genetisches Lernen der Teilnehmenden: Historisch grundlegende Schritte, die zum Verstehen von Verbrennungsprozessen geführt haben, werden von den Lernenden nachvollzogen.
- Sokratisches Gespräch zwischen Lernenden und der Kursleitung: Die Lehrperson regt zum genauen Beobachten und kritischen Denken an.
- Exemplarisch für naturwissenschaftliches Arbeiten: Die angewandte Methode erlaubt einen Transfer auf unzählige weitere Alltagsphänomene.

Material: Teelichter, Feueranzünder, Bechergläser (500 ml), Messzylinder (500 ml), Kunststoffbecken
Individuell: Jeder TN erhält ein Teelicht, ein Becherglas (500 ml) und einen Feueranzünder mit dem Auftrag, zu erklären, was im Innern des umgedrehten Becherglases mit dem brennenden Teelicht geschieht. Vor der Durchführung des Experimentes muss jeder Lernende seine persönliche Vermutung aufschreiben. Im Anschluss an das Experiment notiert jeder Lernende seine Beobachtungen, um am Ende seine Schlussfolgerungen zu ziehen.

Partner: Die entstandenen vereinfachten Laborjournale werden unter den Tischnachbarinnen und Tischnachbarn ausgetauscht, um sie zu vergleichen und über das Phänomen zu diskutieren, ohne aber jegliche Korrekturen vorzunehmen.
Plenum: Die Lehrperson lässt von den Lernenden Vermutungen, Beobachtungen und Schlussfolgerungen formulieren. Sie fragt bei Bedarf nach und regt zum genauen Formulieren der Beobachtungen und Interpretationen an. Die Lehrperson achtet genau darauf, ob die Teilnehmenden ihre Beobachtungen sauber von Interpretationen trennen, die sie auf Grund von Vorwissen haben.
Partner: In Partnerarbeit wird der im Plenum aufgeworfenen Frage nachgegangen, ob aus dem Ausguss des Becherglases Gas aus- oder einströmt. Dazu füllt jede Gruppe ca. 2 cm hoch Wasser in ein Kunststoffbecken. Über das darauf schwimmende Teelicht wird ein umgedrehter Messzylinder gestellt. Das gleiche Experiment soll in der Folge zusätzlich mit einem Becherglas durchgeführt werden.
Plenum: Das sokratische Gespräch wird fortgesetzt. Wiederum werden genaue Beobachtungen eingefordert. Wann steigt das Wasser? Sinkt es zuerst? Sind in jedem Fall Blasen zu beobachten? Wie erklären wir uns das Phänomen: physikalisch, chemisch oder wie? Helfen uns bei der Erklärungsfindung die Beobachtungen aus der ersten Experimentierrunde? Inwiefern decken sich die Beobachtungen und Schlussfolgerungen mit Reaktionsgleichungen zur Verbrennung von Stearin?
Die Teilnehmenden werden angeleitet, ihren Weg der Erkenntnisgewinnung schriftlich festzuhalten (Metakognition). Was glaubten sie über die Verbrennung zu wissen? Was wissen sie jetzt? Welche Schritte haben zu einem vertieften Verstehen geführt? Wie kommt es möglicherweise dazu, dass die meisten Schulbucherklärungen das Phänomen nur oberflächlich oder falsch erklären?

b) Stärken / Schwächen
Dem Experimentieren, Nachdenken, Diskutieren und somit dem Verstehen wird Zeit gelassen. Hier kommt kein Aktivismus auf, denn je einfacher das Experiment, desto mehr Fragen wirft es auf. Die Kunst ist das metakognitive Fragen der Lehrperson. Deshalb muss sie sich gut auf das Gespräch vorbereiten und trotzdem spontan reagieren können. Es besteht latent die Gefahr einen fragendentwickelnden Unterricht zu generieren, statt eines sokratischen Gesprächs.

c) Literatur
Wagenschein M. (1995): *Naturphänomene sehen und verstehen*. Stuttgart: Klett.
Wilhelm, M. (2008). Das Teelichtexperiment: genetisch – sokratisch – exemplarisch. In: Adamina M. et al., Lernwelten. Bern: schulverlag blmv.

1.4 Schülerexperimente im Problemlöseprozess → *Explorieren*

a) Beschreibung
Das Explorieren zeichnet sich durch halboffene Fragestellungen und dadurch halboffene Materialbereitstellung aus. Es eignet sich besonders beim Verstehen und nachvollziehen von technischen Prozessen.
Beim Experimentieren im Problemlöseprozess bzw. dem Explorieren sind folgende Punkte zu beachten, damit der Ablauf möglichst reibungslos abläuft und die Schülerinnen und Schüler auch tatsächlich einen Erkenntnisgewinn erreichen können:

- Vor dem Experimentieren mit der Klasse hat die Lehrperson das Experiment bzw. die Beobachtung unter genau den gleichen Bedingungen (Material, Zeit usw.) ausprobiert!
- Beim Experimentierbeginn liegt alles Material für die Klasse (evtl. gruppenweise) bereit.
- Die Anlage des Experimentes / der Beobachtung ist mehr als blosse Veranschaulichung. Sie dient den Schülerinnen und Schülern zum Erkenntnisgewinn.
- Um den Erkenntnisgewinn anzustossen, machen die Schülerinnen und Schüler Vorüberlegungen zum Experiment / zur Beobachtung und formulieren ihre Fragen und Hypothesen.
- Um den Erkenntnisgewinn zu fördern, schreiben die Schülerinnen und Schüler ein persönliches Laborjournal, dessen Form sehr unterschiedlich sein kann.
- Zentrale Bedeutung kommt dem abschliessenden metakognitiven Gespräch zu (Siehe z. B. 1.3). Individuelle Beobachtungen und Schlussfolgerungen werden ausgetauscht und an ihnen gelernt: Das präzise naturwissenschaftliche Denken wird gefördert.
- Die gemeinsam ausgehandelte Erkenntnis muss gesichert werden, z. B. als Hefteintrag oder als „Brief“ an eine Drittperson.

b) Stärken / Schwächen

Der Vorteil dieser Herangehensweise ist, dass sich die Schülerinnen und Schüler explorierend mit bewusst eingeschränkten Mitteln und grundlegenden Hilfestellungen selbst an einen naturwissenschaftlichen oder technischen Prozess herantasten können. Zu Beginn ist für sie noch nicht ganz klar wie sie vorgehen müssen oder was das Ergebnis sein wird.

Somit unterscheidet sich diese Experimentierart von der immer noch meist verbreiteten Art des Schülerexperiments als Repetition und Vertiefung. Durch das Explorieren übernehmen die Schülerinnen und Schüler teilweise selbst die Verantwortung, etwas Neues herauszufinden und üben sich sowohl im naturwissenschaftlichen Arbeiten als auch in der Selbstdisziplin.

c) Literatur

Chang H.-Y. & Krajcik C.Q (2009). *The Impact of Designing and Evaluating Molecular Anima-tions on How Well Middle School Students Understand the Particulate Nature of Matter*. Science Education, 73-94.

Möller K. (2000). Kinder auf dem Wege zum Verstehen von Technik – Zur Förderung technikbe-zogenen Denkens im Sachunterricht. In: Hinrichs, W. & Bauer H.F. (Hrsg.). *Zur Konzeption des Schunterrichts*. Donazwörth: Auer, 328-348.

Wilhelm, M. (2010). *Mit der Black-Box an den Kompetenzen im Bereich Technik arbeiten*. NaTechInfo 01/10, 3-4.

1.5 Selbst entwickelte Schülerexperimente → *Forschen*

a) Beschreibung

Bei selbstentwickelten Schülerexperimenten haben die Lernenden den Auftrag, eine Fragestellung bzw. eine Problemstellung völlig selbständig zu lösen. Gut dazu eignen sich Fragestellungen aus dem Alltag wie: Gibt es einen Hausbrand, wenn ich eine leere Pfanne auf der angestellten Herdplatte liegen lasse? Dabei können Sie mit gewissen vorgegebenen oder frei wählbaren Materialien die aus ihrer Sicht nötigen Experimente entwickeln.

Den Lernenden werden in der Regel Hilfestellungen angeboten, die sie bei Bedarf nutzen können, damit sie auch dann arbeiten können, wenn sie mit ihren Ideen nicht weiter kommen. Die Hilfestellungen (in der Regel mehrere Teilhinweise) sind in verschlossenen Umschlägen bei der Lehrperson deponiert.

b) Stärken / Schwächen

Durch das selbstständige entwickeln von Schülerexperimenten können die Schülerinnen und Schüler sich im eigenverantwortliche Arbeiten in der Selbstdisziplin wie auch und v.a. im naturwissenschaftlichen Forschen üben. Sie erkennen, dass es oft mehrere Begründungen gibt, die plausibel sind, und erst das Durchführen der Experimente Klarheit darüber verschafft, welche Forschungsansätze den Vorrang erhalten. Sie sehen jedoch auch, dass Forschen keine Schwarz-Weiss-Aktion ist und sich Theorien verändern können, falls ein neues Experiment zu einem anderen Schluss kommen sollte, als ein bereits bekanntes.

Beim Experimentieren sind die folgenden häufigen Fehlerquellen zu beachten (Hammann et al. 2003):

1) Hypothesen: Oft werden nicht alle relevanten Hypothesen in Erwägung gezogen, sondern nur diejenigen getestet, die den eigenen Erwartungen entsprechen.
2) Testvariablen: Testvariablen werden unsystematisch variiert bzw. mehrere miteinander. Ansätze einer Testreihe unlogisch bzw. zufällig zueinander in Beziehung gesetzt.
3) Kontrollvariablen (Negativ- und Positivkontrolle): Beim Planen von Experimenten fehlt häufig der Kontrollansatz. Falls er doch eingeplant wird, kommt es oft zu Verwechslungen zwischen den Testvariablen und den Kontrollvariablen.
4) Datenanalyse: Schlüsse über Ursache und Wirkung ziehen, obwohl nur eine Korrelation nachgewiesen werden konnte. Umdeuten von Ergebnissen im Sinne der eigenen Erwartungen.

c) Literatur

Hammann, M., Phan, T.T.H., Ehmer, M., Bayerhuber, H. (2006): *Fehlerfrei Experimentieren*. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht 59 (5), 292-299.

Wilhelm, M. (2008). Die Tupperware-Frage – Bakterien und Pilze. Vielfalt der Arten I, Skript

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

2 Die Zaubertrickexperimente

Zaubertrick 1: Flüssiges Eis

→ Rezipieren

Materialien

Man kauft einige Flaschen Volvic-Wasser ohne Kohlensäure (Fiji-Wasser geht zwar noch besser, aber ist schwerer zu bekommen und ökologisch fragwürdig).
Oder man zeige das Video…

Versuchsdurchführung

1. Die Wasserflaschen auf einem Küchentuch für 5 Stunden ins Tiefkühlfach (ca. -17 °C) legen.
2. Flaschen vorsichtig aus dem Tiefkühler holen.
3. Flasche auf den Tisch schlagen oder Wasser in ein gekühltes Glas schenken.
4. Der Vorgang kann beliebig oft wiederholt warden.

Beobachtung

Erklärung (vgl. Kapitel 3.3)

Alltagsbezug (vgl. Kapitel 5)

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

Zaubertrick 2: Brennendes Taschentuch

→ *Versuchen*

Materialien

Geräte	1 Becherglas (ca. 200ml) 1 Tiegelzange Zündhölzer 1 feuerfeste Unterlage 1 Spatel 1 Glasstab
Chemikalien	Ethanol (Brennsprit, 50 ml) Destilliertes Wasser (50 ml) Natriumchlorid (1 g) 1 Papiertaschentuch, Papier vom Händetrockner oder dünnes Stofftaschentuch

Versuchsdurchführung

1. In einem Becherglas wird ein Gemisch aus 50 ml Ethanol (Brennsprit) und 50 ml Dest. Wasser erstellt,
2. eine Spatelspitze Natriumchlorid dazugegeben
3. und mit dem Glasstab gemischt.
4. Ein Taschentuch wird in die Flüssigkeit getränkt und mit Hilfe einer Tiegelzange herausgenommen
5. und im nassen, tropfenden Zustand angezündet.

Beobachtung

Erklärung (vgl. Kapitel 5)

Alltagsbezug (vgl. Kapitel 5)

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

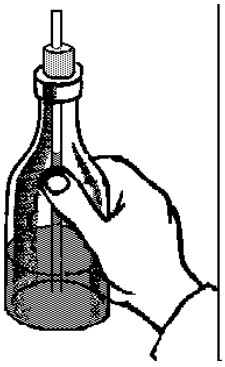
Zaubertrick 3: Liebesthermometer

→ *Versuchen*

Materialien

Geräte 1 sog. Liebesthermometer

Versuchsdurchführung
Halten Sie ihre Hände um das Liebesthermometer. Beobachten Sie möglichst genau.



Beobachtung

Erklärung (vgl. Kapitel 3.3)

Alltagsbezug (vgl. Kapitel 5)

Tipp: Sie können ein solches „Liebesthermometer“ mit den Schülerinnen und Schülern selbst bauen, indem Sie einen Trinkhalm durch einen Korken schieben, so dass er in den rot gefärbten Alkohol (z.B. Sprit) in der Flasche ragt. Der Korken wird mit Klebstoff oder Wachs abgedichtet.

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

Zaubertrick 4: Geduldiger Ballon

→ *Versuchen*

Materialien

Geräte 1 Feuerzeug
1 Tiegelzange

Chemikalien 1 Luftballon
1 Kerze

Versuchsdurchführung

1. Ziehen Sie den Luftballon über den Wasserhahn, drehen Sie das Wasser auf und füllen Sie den Ballon ca. bis zu einem Viertel mit Wasser.
2. Knoten Sie ihn zu.
3. Zünden Sie die Kerze an und halten Sie den Luftballon mit der Tiegelzange über die Kerze.

Beobachtung

Erklärung (vgl. Kapitel 3.3, 3.4)

Alltagsbezug (vgl. Kapitel 5)

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

Zaubertrick 5: Kochwettbewerb

→ *Experimentieren*

Materialien

Geräte
- 1 Kochplatte
- 2 Bechergläser (300 ml)
- 1 Polylöffel (aus Aluminium)
- 1 Infrarotthermometer (austauschen mit anderen Gruppen)

Chemikalien: Wasser, evtl. Kochsalz

Versuchsdurchführung

1. In beide Bechergläser 200 bis 300 ml Wasser füllen und auf die Kochplatte stellen.
2. In ein Becherglas den Polylöffel stellen.
3. Bevor die Kochplatte auf Maximaltemperatur gestellt wird, die begründete Vermutung aufstellen (vgl. unten).
4. Wenn das Wasser kocht, etwas Kochsalz dazugeben

Begründete Vermutung Wo siedet das Wasser früher?

Beobachtungen

Erklärung (vgl. Kapitel 3.3, 3.4)

Alltagsbezug (vgl. Kapitel 5)

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

Zaubertrick 6: Bei welcher Temperatur siedet Wasser? → *Explorieren*

Materialien

Geräte	1 Vakuumglocke mit Vakuumpumpe 1 Becherglas (200 ml) 1 Wasserkocher 1 Thermometer (evtl. im Austausch mit anderen Gruppen)
Chemikalien	Wasser

Versuchsdurchführung

1. Wasser auf ca. 60 bis 70 °C erhitzen.
2. Das Becherglas zu Zweidrittel mit dem heissen Wasser befüllen und unter die Vakuumglocke stellen (Achtung: Loch in der Mitte muss frei bleiben).
3. Vakuum ansetzen.

Beobachtung

Erklärung (vgl. Kapitel 3.3, 4.2)

Alltagsbezug (vgl. Kapitel 5)

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

Zaubertrick 7: Wasser mit Eis zum Kochen bringen → *Explorieren*

Materialien

Geräte
1 Glasflasche mit möglichst breitem Metalldeckel (z. B. Biotomatensaftflasche)
1 Thermometer
1 Wasserkocher

Chemikalien 2-3 Eiswürfel

Versuchsdurchführung

1. Wasser wird zum Kochen gebracht.
2. Das heisse Wasser in die Flasche giessen und bis über den Rand hinaus füllen.
3. Wer beim Versuch die Temperatur messen möchte, legt ein passendes Thermometer (Skala 0-100 °C) in die Flasche.
4. Nun wird die Flasche mit dem Deckel verschlossen und ein Eiswürfel auf den Deckel gelegt.
5. Ist dieser Eiswürfel geschmolzen, werden weitere Eiswürfel darauf gelegt.

Beobachtung

Erklärung (vgl. Kapitel 3.3, 4.2)

Alltagsbezug (vgl. Kapitel 5)

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

Zaubertrick 8: Eis schmelzen

→ *Experimentieren*

Materialien

Geräte
- 2 verschiedene schwarze Experimentiertische
- 2 Gummiringe
- 1 Infrarotthermometer

Chemikalien
- 2 Eiswürfel

Versuchsdurchführung

Vor-Test: Welcher Experimentiertisch ist wärmer?

Vorfrage: Auf welchem Experimentiertisch schmilzt der Eisblock schneller?

Eiswürfel auf die Experimentiertische legen. Beobachtung?

Bedingungen kontrollieren.

Erklärung (vgl. Kapitel 3.4)

Alltagsbezug (vgl. Kapitel 5)

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

Zaubertrick 9: Eisfischen

→ *Explorieren*

Materialien

Geräte 1 Behälter (300 ml)
1 dicker Wollfaden (20 cm)
Kochsalz

Chemikalien 1 Eiswürfel

Aufgabe
Holen Sie einen Eiswürfel mit den gegebenen Hilfsmitteln aus einem mit Wasser gefüllten Becherglas, ohne Ihre Hände nass zu machen oder das Glas zu bewegen.

Vorgehen
1. Entwickeln Sie zuerst eine Idee, wie die Lösung sein könnte und schreiben Sie diese unten in das Raster, z.B. „Ich fasse den Eiswürfel seitlich mit den Fingern an und hole so den Eiswürfel hinaus“ (ist hier leider nicht erlaubt).
2. Führen Sie den Versuch nach Ihrem erstellten Plan durch.
3. Notieren Sie die Beobachtung. Erklären Sie naturwissenschaftlich, warum die Idee (nicht) geklappt hat. (z.B. Die Reibungskraft, die durch das Drücken der Finger auf den Eiswürfel entsteht, ist grösser als die Gewichtskraft des Eiswürfels, so dass der Eiswürfel aus dem Wasser gehoben werden kann).

	1. Versuch	**2. Versuch**
1. Lösungsidee		
2. Beobachtung		
3. Nat.-wiss. Erklärung, warum Idee (nicht) geklappt hat.		

Rückblick: Wie bin ich bei der Lösungsfindung vorgegangen? Hat sich die Vorgehensweise bewährt?

Alltagsbezug (vgl. Kapitel 5)

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

Zaubertrick 10: Kühlschrank ohne Eis

→ *Versuchen*

Um sich einen mobilen Kühlschrank zu machen, eignet sich eine Mischung aus Wasser und Gülle oder Waser und Schiesspulver (Ammonium-Nitrat) hervorragend.

Material

Geräte 1 Reagenzglas
1 Gummistopfen

Chemikalien 20 g Ammonium-Nitrat

Versuchsdurchführung

1. Kaltes Wasser aus dem Wasserhahn entnehmen (ca. 20 ml).
2. Das Ammonium-Nitrat dazugeben
3. Das Reagenzglas mit dem Stopfen schliessen und kräftig schütteln

Beobachtung

Erklärung (vgl. Kapitel 3.2, 4.1)

Alltagsbezug (vgl. Kapitel 5)

Rezepte für Kältemischungen

Kälte-Substanz	Zusammensetzung	Niedrigste erreichbare Temperatur (°C)
NH_4NO_3	60 g/100 g Kaltwasser	-16,8
NaCl	33 g/100 g Eis	-21,3
$CaCl_2 \cdot 6\ H_2O$	81 g/100 g Eis	-21,5
Ethanol	105 g/100 g Eis	-30
$CaCl_2 \cdot 6\ H_2O$	143 g/100 g Eis	-55
$MgCl_2 \cdot 6\ H_2O$	85 g/100 g Eis	-94

PH LUZERN
PÄDAGOGISCHE
HOCHSCHULE

Zaubertrick 11: Tiefkühltruhe ohne Strom

→ *Forschen*

Um sich eine mobile Tiefkühltruhe zu machen, eignet sich eine Mischung aus Eis und Kochsalz hervorragend.

Forschungswettbewerb: Versuchen Sie, anhand eines Eiswürfels, Kochsalz und evtl. Wasser einen möglichst kalten Kühlschrank zu erstellen.

Material

Geräte
1 Becherglas 100 ml<
1 Glasstab
weitere Materialien aus dem Alltag

Chemikalien
1 Eiswürfel
Kochsalz

Beobachtung

Welche Temperatur erreichen Sie? (gemessen mit der Infrarotpistole oder dem Thermometer)

Wie sind Sie beim Optimieren vorgegangen? D.h. wie sind Sie vorgegangen, um möglichst schnell einen möglichst guten Kühlschrank zu erstellen?

Erklärung (vgl. Kapitel 3.2, 4.1)

Alltagsbezug (vgl. Kapitel 5)

Hintergrundinfos zu Wasser u. Aggregatszuständen

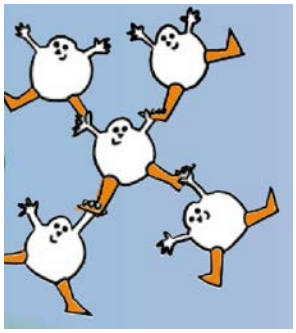
3 Wasserwissen

Die Erde sollte eigentlich Planet Wasser heissen. Denn mehr als zwei Drittel der Erde sind mit flüssigem Wasser bedeckt, ein Zwanzigstel mit Eis. H_2O ist wohl die einzige chemische Formel, die jedermann kennt. Sie steht für Wasser, die häufigste Verbindung im Universum: zwei Wasserstoffatome und ein Sauerstoffatom. Wasserstoff (H) ist das häufigste Element im Universum, Sauerstoff (O) das dritthäufigste.

3.1 Wasserstoffbrücken

Aus: *Wilhelm, M. & Diener M., 2003: Durst auf Wasser. Pick up 12, 6-7.*

Wasser hat u.a. aufgrund seiner Polarität bildlich gesprochen «Hände» und «Füsse». Die Wassermoleküle (H_2O) sind über sogenannte Wasserstoffbrücken aneinander gebunden. Man kann sich Wasserstoffbrücken wie Arme und Beine von einzelnen Wasserstoffmolekülen vorstellen. Ein Wassermolekül hält mit jeder «Hand» einen «Fuss» eines anderen Moleküls und es wird von weiteren Molekülen an seinen «Füssen» festgehalten.



Im gefrorenen Zustand sind alle «Hände» und «Füsse» – in alle drei Dimensionen besetzt, 100% Wasserstoffbrücken sind vorhanden. Bei 25°C sind es 80%, beim Verdampfen keine mehr.
Die Eigenschaften des Wassers sind besonders von der dreidimensionalen Verkettung der Wassermoleküle über Wasserstoffbrückenbindungen bestimmt, ohne die eine Substanz mit einer so geringen molaren Masse wie Wasser ganz andere Eigenschaften hätte. Das gilt besonders für den hohen Schmelz- und Siedepunkt sowie für die Dichte, die unter Normaldruck bei 3,98 °C mit 0,999975 kg/dm3 am höchsten ist (Dichteanomalie).
Wasser ist hoch «reissfest». Eine Eigenheit der Wasserstoffbrücken ist ihre hohe Kohäsion, der starke Zusammenhalt der Wasserstoffmoleküle. So können sich in den Teilen der Pflanzen, die das Wasser leiten, Wasserfäden aus aneinander hängenden Wasserstoffmolekülen bilden, die bis zu 120 Meter lang sind.

3.2 Anomalie des Wassers

Wasser hat seine grösste Kompaktheit, d.h. seine grösste Dichte ($\text{Dichte} = \frac{\text{Masse}}{\text{Volumen}}$) bei 4°C. Dann ist 1Liter Wasser genau 1 kg schwer. Das bedeutet, dass sich 4°C warmes Wasser beim Erwärmen *und* beim Abkühlen ausdehnt und die Dichte in beide Richtungen sinkt. Normal wäre, dass sich der Stoff beim Abkühlen weiter zusammen zieht und dadurch sich seine Dichte erhöht.

Vorkommen im Alltag
Die Anomalie des Wassers hat zur Folge, dass Eis auf Wasser schwimmt und die Seen nicht, wie es normal wäre, von unten nach oben, sondern von oben nach unten gefrieren.

Süss- und Salzwasser im Vergleich
Gibt man dem Wasser Kochsalz hinzu, ist die Dichte der Kochsalzlösung grösser als die von reinem Wasser, d.h. ein Liter Kochsalzlösung ist schwerer als ein Liter reines Wasser. Dies, weil Kochsalz eine grössere Masse besitzt als Wasser.

Vorkommen im Alltag
Meerwasser besitzt eine höhere Dichte, als Seewasser. Dies merkt man, wenn man Schwimmen geht. Man kann im Meerwasser einfacher an der Oberfläche bleiben. Das Extrem bildet das Tote Meer, in welchem so viele Salze gelöst sind, dass die Leute auf dem Wasser sitzen können. Der Salzgehalt des Toten Meeres liegt bei bis zu 33 %, im Durchschnitt rund 28 % (zum Vergleich: der Salzgehalt des Mittelmeeres liegt bei etwa 3 %). Die Mineralzusammensetzung des Salzes des Toten Meeres unterscheidet sich deutlich von der Salzzusammensetzung von *Meerwasser*. Neben Kochsalz (Natriumchlorid) enthält es grosse Mengen an Magnesium-, Calcium- und Kaliumchlorid.

Abb: Person im Toten Meer

Verständnisfragen:
Ein Tankwart in Marokko überlädt seinen Öltanker, um mehr Öl transportieren zu können als mit diesem Schiff erlaubt. Er sagt sich, solange das Schiff noch schwimmt, kann nichts geschehen. Dieses Schiff fährt in Richtung Köln los. Es geht alles gut, bis das Schiff in Rotterdam beginnt den Rhein hochzufahren. Was ist das Problem?

3.3 Aggregatszustände von Wasser

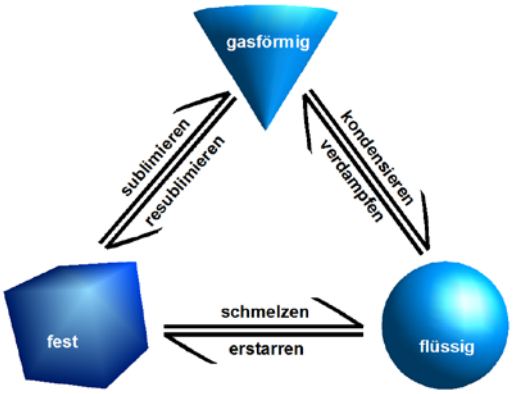
Wasser ist die einzige chemische Verbindung auf Erden, die in der Natur in allen drei Aggregatzuständen (als Eis/Schnee, als Wasser und als Wasserdampf) vorkommt.

Veränderung der Aggregatszustände durch Salz
Wasser besitzt bei Normaldruck bei 0°C seinen Gefrierpunkt und bei 100°C seinen Siedepunkt. Gibt man nun bis zur gesättigten Lösung Salz ins Wasser, hat die Salzlösung neu einen Gefrierpunkt von -21°C und einen Siedepunkt von 108°C.

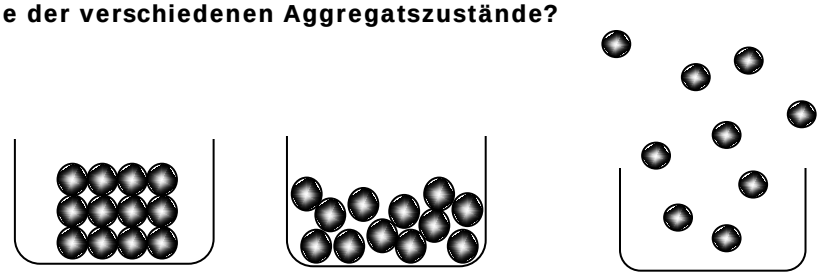
Verständnisfrage
Im Winter salzt man die Strassen und Gehsteige, damit das Eis sich verflüssigt. Bis zu welcher Temperatur macht das Salzen im Winter Sinn?

Nice to know
Wenn Meerwasser friert, hat das Eis praktisch kein Salz darin. Dies, weil das Salz beim Gefrierprozess kaum ins Eis eingebaut wird, weil es die regelmässige Struktur des Eises stören würde. Dadurch sind die Eisschollen im Meer nahezu aus Süsswasser.

Aggregatszustände kurz erklärt
Jeder Stoff kann durch Erhitzen bzw. Abkühlen in den festen, flüssigen oder gasförmigen Zustand überführt werden. Diese drei Zustandsformen (fest – flüssig – gasförmig) nennt man Aggregatszustände.



Was sind die Merkmale der verschiedenen Aggregatszustände?



Aggregatszustand	Fest	Flüssig	Gasförmig
Form und Teilchenbewegung eines Stoffes in diesem Aggregatszustand	Der Körper besitzt immer diejenige Form, die er besass, als er in diesen Aggregatszustand kam. Dies, weil sich die Teilchen kaum bewegen.	Der Körper passt sich immer der Form des Gefässes an. Dies, weil sich die Teilchen innerhalb ihres Teilchenverbandes frei bewegen können.	Die Teilchen bewegen sich frei (unabhängig voneinander) und breiten sich soweit aus, wie es nur möglich ist. Sie bleiben nicht in einem offenen Gefäss, sondern nehmen den ganzen ihnen zur Verfügung stehende Raum ein.
Volumen eines Stoffes in diesem Aggregatszustand	Das Volumen ist konstant.	Das Volumen ist konstant.	Die Teilchen nehmen dasjenige Volumen ein, welches ihnen zur Verfügung steht.
Kompressionsfähigkeit	Feste Stoffe kann man nicht zusammendrücken.	Flüssige Stoffe kann man nur unmerklich zusammendrücken.	Gase kann man gut zusammendrücken, dabei erhöht sich der Druck im Gas.

Vorkommen im Alltag
Wir treffen im Alltag ständig Aggregatszustandsänderungen von Wasser an, beim Kochen, bei der Wolkenbildung, beim Schneien….

Verständnisfrage
Man kann alle Aggregatszustandsänderungen im Alltag anhand von Wasser beobachten. Wie heissen die folgenden Aggregatszustandsänderungen?

_____ holt man Eis aus dem Kühlschrank, so fängt es an flüssig zu werden.
_____ wird Wasser abgekühlt, so bilden sich erst Eiskristalle, die dann immer grösser werden.
_____ wird Wasser über seine Siedetemperatur erhitzt, wird das Wasser gasförmig. Das Blubbern kommt dadurch zu Stande, dass der gasförmige Wasserdampf unter der Wasseroberfläche entsteht.
_____Durch Abkühlen entstehen aus dem gasförmigen Wasserdampf kleine Wassertröpfchen, die man z.B. an Fensterscheiben im Winter sehen kann.

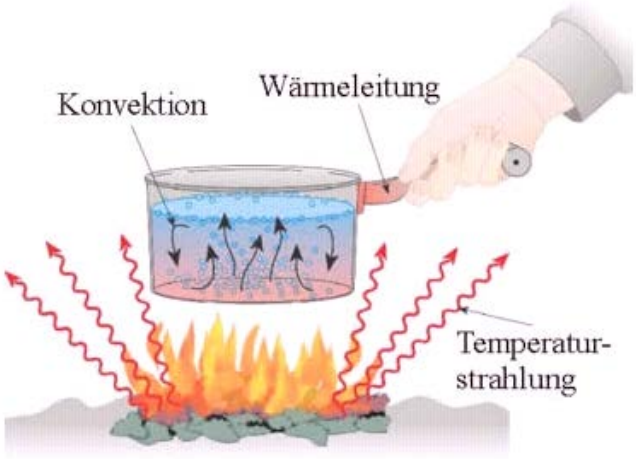
Unterkühltes Wasser
Wasser kann "unterkühlt", das heisst noch flüssig sein, obwohl seine Temperatur schon unter dem Schmelzpunkt liegt. Wie ist das möglich? Zum Gefrieren braucht Wasser sogenannte Kristallisationskeime, an denen sich Eiskristalle bilden und wachsen. Das unterkühlte Wasser darf daher keinerlei Verunreinigungen enthalten. Erst wenn es auf irgendwelche Partikel oder bereits vorhandenes Eis trifft (bzw. durch Erschütterung zufällig ansatzweise geordnet wird), erstarrt es spontan. Reines Wasser würde ohne Kristallisationskeime erst bei ca. Minus 40 Grad Celsius gefrieren. Der Schmelzpunkt bleibt aber immer bei 0 Grad Celsius.

3.4 Wärmeübertragung: Aggregatszustandsänderung

Definition Wärmeübertragung
Die Wärmeübertragung ist der Transport thermischer Energie infolge eines Temperaturunterschiedes über mindestens eine thermodynamische Systemgrenze hinweg. Diese transportierte Energie wird als Wärme bezeichnet und ist eine Prozessgrösse. Der Wärmeübergang erfolgt in Richtung kälterer Bereiche. Damit verbunden ist ein Wärmeausgleich über die Systemgrenzen hinweg.

Es gibt drei Typen von Wärmeübertragung

- Wärmeleitung (Wärme wird *durch* Materie übertragen)
- Wärmeströmung/Konvektion/ (Wärme wird *mit* Materie übertragen)
- Wärmestrahlung (Wärme *ohne* Materie übertragen)



Gute und schlechte Wärmeleiter
Kalt wirkende Gegenstände
Ihre Wärmeleitfähigkeit ist sehr hoch (in der Regel Metallgegenstände). Sie fühlen sich kalt an, weil die Hand Wärme an den Gegenstand abgibt, dadurch dass sie viel wärmer ist als Zimmertemperatur. Solche Gegenstände kühlen unsere Hand mehr, als man es von einem Gegenstand, der Raumtemperatur besitzt, gewohnt ist. Das Gehirn interpretiert es deshalb als kalt.

Warm wirkende Gegenstände
Der warm wirkende Gegenstände wie Holz, Plastikschaum sowie Materialien mit Lufteinschlüssen sind schlechte Wärmeleiter (=Isolatoren). Sie fühlen sich warm an, weil die Hand kaum Wärme an den Block abgibt, obwohl sie viel wärmer ist als Zimmertemperatur. Solche Gegenstände kühlen unsere Hand weniger, als man es von einem Gegenstand, der Raumtemperatur besitzt, gewohnt ist. Das Gehirn interpretiert es deshalb als warm.

Effekte auf Wasser und Eis
Warum schmilzt der Eiswürfel auf einem Aluminiumblock so viel schneller? Damit ein Eiswürfel schmilzt, muss ihm Wärme zugeführt werden. Die hohe Wärmeleitfähigkeit des Aluminiumblocks bewirkt, dass die Wärme sehr schnell abgegeben wird, dadurch schmilzt der Eiswürfel schnell. Umgekehrt gibt ein Kunststoffblock seine Wärme nur sehr langsam ab. Das Eis schmilzt langsam.

Verständnisfrage
Welchen Einfluss hat die Wärmeleitfähigkeit verschiedener Stoffe bei Hitzezuführung?

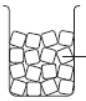
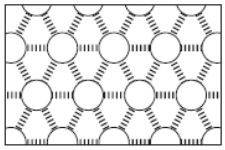
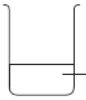
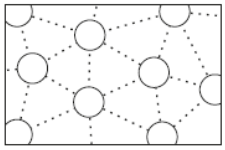
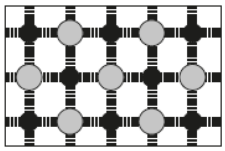
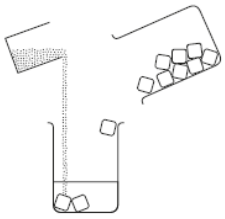
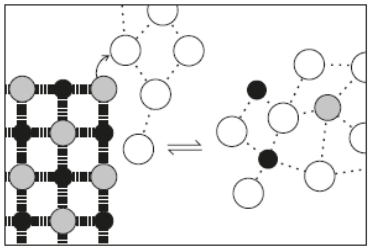
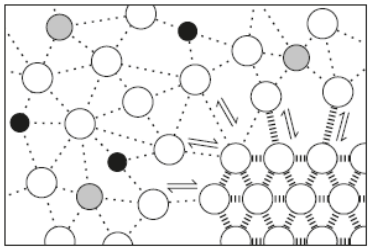
_____

_____

_____

4 Teilchenmodelle zu den Zaubert-Experimenten

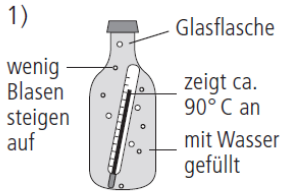
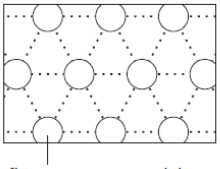
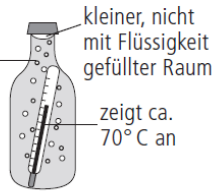
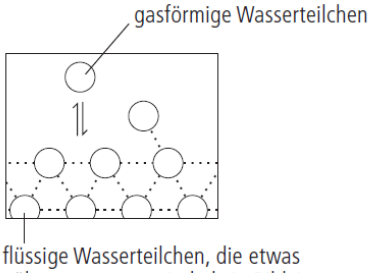
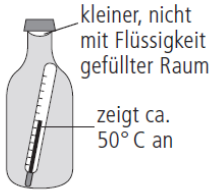
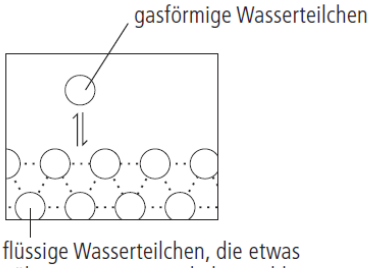
4.1 Teilchenmodell zur Temperaturerniedrigung

Sichtbare Welt	Modellwelt	Erklärung zur Modellwelt
1)  Eiswürfel		feste Wasserteilchen (= Eis)
 Wasser		flüssige Wasserteilchen (= Wasser)
Salz		Salzgitter (= Salz)
	starke Anziehungskräfte *(z.B. Ionengitter)* mittelstarke Anziehungskräfte *(z.B. H-Brücken im Eis)* schwache bis mittelstarke Anziehungskräfte *(z.B. H-Brücken im Wasser)*	
2) Dem Wasser wird Salz und Eis zugegeben. 	 	Das Salzgitter wird aufgebrochen (Energie wird benötigt). Der Vorgang findet jedoch statt, weil durch das Mischen der Teilchen (= Salzwasser) die Unordnung zunimmt. ***Chaoszunahme > Energieaufnahme*** Weil das Aufbrechen der Gitterbindungen Energie braucht, sinkt die Umgebungstemperatur. Durch das Sinken der Umgebungstemperatur wird ein Teil der Wasserteilchen am Eis selbst zu Eis. Das Volumen an Eis nimmt zu. Die Umgebungstemperatur steigt ein wenig. ***Energieabgabe > Ordnungszunahme*** Dadurch hat es wieder mehr Energie zum Aufbrechen des Salzgitters … Die Temperatur sinkt wieder …

Was überzeugt an dieser Darstellung und dem Text?

Was kann optimiert werden?

4.2 Teilchenmodell zur erniedrigten Siedetemperatur

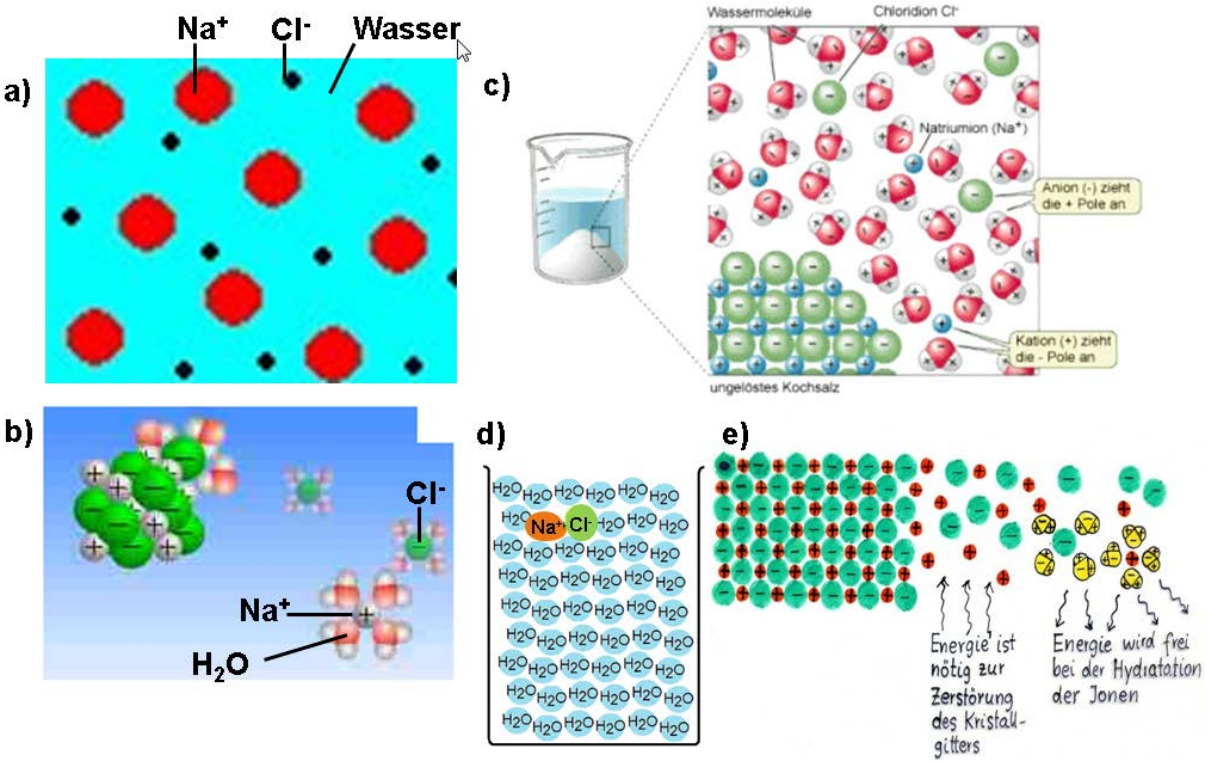
Sichtbare Welt	**Modellwelt:** Situation ganz oben beim Deckel (Ausschnitt)	**Erklärung zur Modellwelt**
1) 	 flüssige Wasserteilchen, die relativ weit auseinander sind ····· schwache bis mittelstarke Anziehungskräfte *(z.B. H-Brücken im Wasser)*	Die Wasserteilchen füllen das gesamte Volumen der Glasflasche aus.
2) 	 flüssige Wasserteilchen, die etwas näher zusammen sind als in Bild 1	Durch das Entweichen von Wärmeenergie (= Abkühlen) sind die Wasserteilchen weniger stark in Bewegung und somit näher zusammen (= höhere Dichte). Dadurch entsteht oben am Deckel ein teilchenfreier Raum (= Vakuum). Zum Druckausgleich *(Chaoszunahme > Energieaufnahme)* lösen sich flüssige Wasserteilchen von den anderen Wasserteilchen (= Aufbrechen der H-Brücken) und sind somit gasförmig Allerdings werden gasförmige Wasserteilchen, die sich nahe zu den flüssigen Wasserteilchen hinbewegen, durch die Anziehungskräfte (H-Brücken) wieder flüssig. Es handelt sich hier somit um eine ***Gleichgewichtsreaktion***, wobei pro Zeiteinheit, mehr Wasserteilchen gasförmig werden als flüssig.
3) 	 flüssige Wasserteilchen, die etwas näher zusammen sind als in Bild 2	Bei ca. 50° C ist das Gleichgewicht zwischen den gasförmigen Wasserteilchen und den flüssigen Wasserteilchen erreicht *(Chaoszunahme = Energieaufnahme)* Dieses Gleichgewicht ist oft schon bei über 50° C erreicht, weil zu Beginn des Experiments neben dem heissen Wasser auch etwas Luft in der Flasche blieb, die den Effekt des Vakuums verkleinert. Dadurch gilt schon bei einer höheren Temperatur: *Chaoszunahme = Energieaufnahme*

Was überzeugt an dieser Darstellung und dem Text?

Was kann optimiert werden?

4.3 Teilchenmodell zum Lösen von Salz im Wasser

Frau Ammann möchte den Lösevorgang von Salz in Wasser mit einem möglichst anschaulichen und naturwissenschaftlich passenden Modell darstellen und sucht im Internet nach einer Darstellung.



1. Welches Schema würden Sie an ihrer Stelle auswählen und warum? (Begründen Sie auch, warum Sie die anderen Schemen nicht nehmen würden).

2. Gibt es auch bei der besten Darstellung noch Verbesserungsmöglichkeiten?

5 Alltagsbezüge

Zaubertrick-Experiment 1
Wer der Meinung ist, unterkühltes Wasser sei ziemlich esoterisch und deshalb kaum das Zeug, dem wir jeden Tag begegnen, dann liegt es vielleicht daran, dass wir keine Antarktisfische sind. Die Wassertemperatur an der Oberfläche des Antarktischen Ozeans liegt normalerweise zwischen -1,5 und -1,9°C, während Fischblut etwa ein Grad höher gefriert. Doch das Blut der Fische, die sich in diesen Gewässern aufhalten, ist nicht gefroren, sondern befindet sich ständig im unterkühlten Zustand. Wie kommt es eigentlich, dass das Wasser des Antarktischen Ozeans selbst unter dem Gefrierpunkt liegt? Ist auch das Meer unterkühlt? Nein, denn das Meerwasser enthält viel Salz. Gelöstes Salz (eigentlich jede gelöste Substanz) setzt den Gefrierpunkt des Wassers herab (vgl. Exp. 10 & 11). Und aus demselben Grund gefriert auch das Blut bei etwa -0,5°C und nicht bei 0°C. Der Gefrierpunkt des Salzwassers im Antarktischen Ozean liegt so tief, dass seine flüssige Form bei -1,5°C immer noch stabiler ist als Eis. Doch das Fischblut ist bei dieser Temperatur wirklich unterkühlt.
Nach: Ball Philip, 2002: H2O Biographie des Wassers. Piper, 258-266.

Zaubertrick-Experiment 2
Beim Verbrennen von Alkohol brennt in erster Linie die gasförmige Phase. Das gilt auch bei einer Kerze (Stearin) oder beim Waldbrand (Harz). Mit Wasser kann ein Gegenstand wegen der kühlenden Wirkung (hohe Wärmekapazität) vor dem Verbrennen geschützt werden (Feuerwehr).

Zaubertrick-Experiment 3 & 4
Dampfdruck aufgrund von Temperaturzunahme schon vor dem Kochen: Beim Dampfkochtopf kann der entstehende Dampf ebenfalls nicht entweichen. Im Gegensatz zum Ballon kommt es aber nicht zu einer elastischen Ausdehnung, sondern zu einem zunehmenden Druck.

Zaubertrick-Experiment 5
Alle Kochtöpfe sind aus Metall.
Im Mikrowellenkochherd immer einen Löffel in das Tee-/Kaffeeglas stellen, damit es nicht zu einem Siedeverzug kommt.

Zaubertrick-Experimente 6 & 7
Das Spaghetti-Kochen dauert auf dem Pilatus länger als in Zürich, aufgrund der unterschiedlichen Siedetemperatur von Wasser auf Meereshöhe, bei uns und in den Bergen.

Zaubertrick-Experiment 8
Beschichtete Bratpfannen sind aus Aluminium.

Zaubertrick-Experiment 9
Bei Ski-Rennen (alpin oder Langlauf) werden die Oberflächen der Posten bzw. Loipen mit Kochsalz vereist, um warme Temperaturen und Belastungen besser zu überstehen.

Zaubertrick-Experimente 10 & 11
Bevor der Kühlschrank erfunden war, wurden Eisbrocken aus zugefrorenen Seen herausgesägt. Kräftige Pferde mussten die großen Stücke herausziehen. Zur Isolierung wurde das geerntete Eis mit Stroh zugedeckt und auf den Hof oder in die Stadt gebracht, wo es in speziellen Eiskellern aufbewahrt wurde. Dieses Eis wurde beispielsweise gebraucht, um Speiseeis herzustellen. Allerdings wird Sahne erst unterhalb von etwa -20 °C merklich fest. Um diese Temperaturen zu erreichen, musste man einen Trick kennen. Die Eisdielenbesitzer mischten Wasser bzw. Eis mit Salzen. Vor allem nutzten sie bestimmte Salze, die aus den Kellerwänden ausblühten. Dieser "Salpeter" (also das von den steinernen Kellerwänden abgekratzte Salz; lat. sal petri) war vor allem Ammoniumnitrat, ein Relikt aus bakteriell zersetzter Gülle, die aus dem benachbarten Abfluss oder Misthaufen durch die Kellerwand drang. Mit diesem Salz ließen sich hochkonzentrierte Lösungen herstellen. Dabei kühlten die Lösungen stark ab: Mischte man zum Beispiel ein Gewichtsteil Salpeter mit einem von etwas vorgekühltem Wasser, so erreichten sie Temperaturen bis zu -5,3 °C. So konnten sich Napoleons Soldaten sogar mit Hilfe von Schießpulver, in dem ja Nitrat enthalten ist, beim Feldzug in Ägypten zumindest eiskalte Getränke zubereiten. Vorgekühltes Wasser stellten sie her, indem sie es in porösen Tonkrügen aufbewahrten. Die zum Verdunsten notwendige Verdampfungswärme wurde dem Wasser selbst und dem Krug entzogen.