

5

Wie setze ich Versuche wirkungsvoll im Unterricht ein?

**Versuche können Fragen stellen und Fragen beantworten.
Dann muss aber ihr Ablauf darauf Rücksicht nehmen.**

1. „Versuch“ oder „Experiment“?

Ganz generell wollen wir im Unterricht von 'Versuchen' sprechen. Das klingt zwar etwas weniger anspruchsvoll als der im nachfolgenden Zitat verwendete Begriff „Experiment“: „Im weiteren Sinne wird „Experiment“ als Sammelbegriff für alle im Unterricht eingesetzten apparativen Anordnungen verwendet, die dem Schüler eine originale Begegnung mit physikalischen oder technischen Sachverhalten möglich machen. Ausser den Experimenten i. e. S. fallen darunter auch solche, die nicht der Gewinnung von Erkenntnissen dienen, sondern z. B. der Veranschaulichung physikalischer oder technischer Zusammenhänge, dem Vertrautmachen mit physikalischen Phänomenen, der Vermittlung von Fakten, der Motivation, der Anwendung, Festigung oder Wiederholung der Lernergebnisse“ (BLEICHROTH 1991).

Versuchstypen. Um die Übersicht über die unzähligen Versuchstypen und Einsatzmöglichkeiten zu gewinnen, stellen wir zwei Fragen:

- Wer experimentiert womit ? (siehe Abb.1) und
- wer experimentiert wozu ? (siehe Tab. 1)

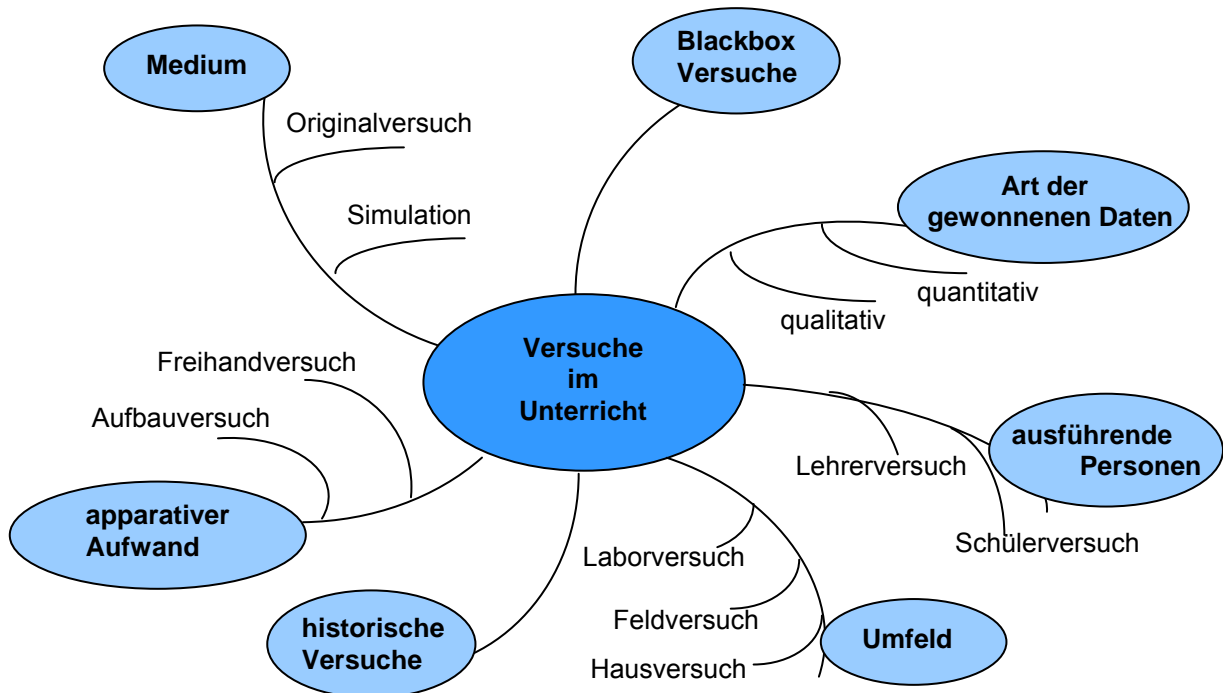
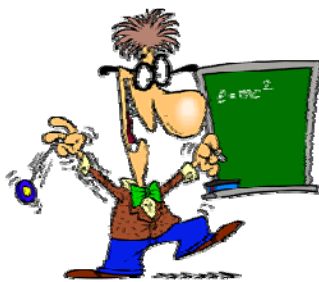


Abb1: Einteilung der Versuche nach technischen Gesichtspunkten
"Wer experimentiert womit?"

Lernstufe	geeigneter Versuchstyp	charakteristische Frage
Motivation	Überraschungsversuch	„Was würde ich auf Grund meines Vorwissens erwarten?“
Problemformulierung		„Wie lautet die Kernfrage“
Vermuten und erarbeiten	Experiment mit ungewissem Ausgang	„Stimmt meine Vermutung?“
Bestätigen, sichern	Veranschaulichungsversuch	„Wie könnte ich den erkannten Zusammenhang erfahrbar, den Sinnen zugänglich machen?“
Üben und anwenden	Versuchsreihe Messreihe	„Wo kann ich den erkannten Zusammenhang anwenden und nutzen?“

*Tabelle 1: Einteilung der Versuche nach didaktischen Gesichtspunkten
"Wer experimentiert wozu?"*

2. Was bringen Versuche im Unterricht?



A) Versuche helfen mit, wichtige Lernziele zu erreichen

□ **Einblicke in die naturwissenschaftlich - experimentelle Methode:** Wie entsteht naturwissenschaftliche Erkenntnis? Natürlich darf man hier nicht an ein naturwissenschaftliches Forschen im 'Taschenformat' denken, sondern sollte die Rolle des Experiments in der Forschung diskutieren.

„Ich wäre zufrieden, wenn jeder Jüngling (und - Nachtrag - jede Schülerin) einige wenige mathematische oder naturwissenschaftliche Entdeckungen sozusagen miterlebt hätte“, sagt der bekannte Physiker Ernst Mach (1838 -1916).

- **Schulung der handwerklichen Fertigkeiten:** Der Umgang mit Versuchsmaterial und -aufbauten fördert handwerkliche Fähigkeiten. Das setzt natürlich voraus, dass die Lernenden das Versuchsmaterial auch in die Hände nehmen können. Dann ist es ein willkommener Ausgleich zur Kopflastigkeit der Schule.
- **Schulung der personalen und sozialen Fähigkeiten:** Die Arbeit an einem Versuch in einer kleinen Gruppe verlangt und fördert Selbstvertrauen, gegenseitige Verständigung, Rücksichtnahme und Einordnung der eigenen Person unter ein gemeinsames Ziel.
- **Erlernen des Umgangs mit Messinstrumenten:** Die Wahl des richtigen Messbereichs (z.B. bei der Messung elektrischer Grössen), des richtigen Messortes (z.B. bei Temperaturmessungen) und die Interpretation der Ablesung (z.B. bezüglich zu erwartender Genauigkeit) ist nicht selbstverständlich und muss erlernt werden.



B) Versuche sind motivierend und erleichtern Lernprozesse!

- **'Begegnung' mit der Natur:** Versuche ermöglichen eine direkte Auseinandersetzung oder Begegnung mit wirklichen physikalischen oder technischen Vorgängen.

- **Erfahrung der Natur als 'Autorität':** Die Natur hat im Versuch das letzte Wort. Die Lernenden werden vorschnellen Einschätzungen gegenüber kritisch und lernen, Urteile bis zur Bestätigung aufzuschieben.
- **Begreifen und Erinnern wird erleichtert:** Empirische Untersuchungen bestätigen, dass insbesondere von Schülern und Schülerinnen selbst durchgeführte Versuche das Verstehen und Erinnern der zugehörigen Theorie verbessern.
- **Versuche verbessern die Einstellung zum Physikunterricht.** Durch die Möglichkeit, im Versuch oft eine Verbindung zu realen Alltagssituationen knüpfen zu können, wird für die Schüler und Schülerinnen ein zusätzlicher Anreiz geschaffen, sich mit Physik zu befassen.

BLEICHROTH, W. und andere: **Fachdidaktik Physik**. S. 197 - 217: *Methodische Stufen des Unterrichts*. Köln: Aulis-Verlag Deubner 1991..

DUIT R. und andere: **Unterricht Physik**. S. 311 - 322 *Lektionsbeispiel "einfache Arbeitsgeräte"*. Köln: Aulis-Verlag Deubner 1981.

3. Gegenüberstellung: Das wissenschaftliche Experiment und der Versuch im Unterricht

Aspekt	Wissenschaft	Unterricht
Ziel	Gesetze „entdecken“ „ beweisen “, bewähren	Gesetze vermitteln, rekonstruieren, einsichtig, anschaulich, vertraut machen
Ergebnis	immer quantitativ (Messwerte) unsicher, offen	oft qualitativ (Phänomen, ohne Messwerte) Ergebnis bekannt: „S wissen, dass L weiss“
Theoriebildung	geht voraus oft deduktiv (vom Gesetz zum Beispiel)	oft nach Versuch, mit Hilfe von Versuch, oft induktiv (vom Beispiel zum Gesetz)
Versuchsaufbau und Durchführung	Aufgabe der Techniker Mittel zum Zweck	der Umgang mit Apparaten ist selbst Lernziel

Tabelle 2: Einige Gesichtspunkte von Experiment und Versuch

Auftrag: Einen Versuch vorführen

- als Überraschungsdemo,
- als Experiment,
- als Veranschaulichung oder
- als Übung

In einem Zweier- oder Dreierteam bereiten Sie einen der nachstehenden Versuche zur Präsentation vor. Sie haben dafür etwa 30 Minuten zur Verfügung. Die Demonstration soll rund 10 Minuten beanspruchen.

1) Überraschungsversuch: Auf der schiefen Ebene um die Wette rollen

Beschreibung:

Auf einer schiefen Ebene rollen zwei gleich grosse und etwa gleich schwere Zylinder; der Zylinder A ist hohl ("Masse aussen"), der Zylinder B hat einen schweren Kern ("Masse innen").

Demo: Die Zylinder starten gleichzeitig oben mit $v = 0$.
Welcher Zylinder wird eher unten ankommen?

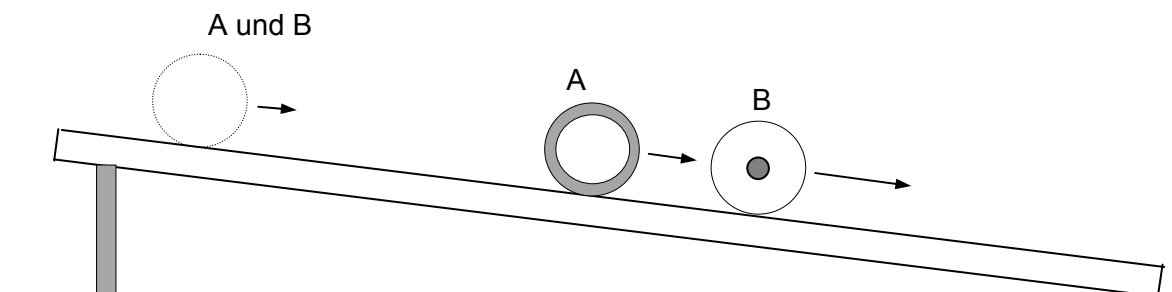


Abb. 1 Welcher Zylinder beschleunigt stärker?

Auftrag: Bereiten Sie den Versuch zur Vorführung vor. Dazu gehören

- Wandtafelzeichnung (einfache Skizze des V-Aufbaus, Protokoll der Beobachtung vorbereiten)
 - Welches Verhalten der Zylinder **erwarten** wir?
 - Welches Verhalten **beobachten** wir?
- Formulieren daraus Sie eine mögliche Frage (jetzt noch ohne Lösung), die man in der nachfolgenden Erarbeitung klären müsste.

2) Überraschungsversuch: Der „intelligente Stab“

Beschreibung:

Auf 2 verschiebbaren schmalen Klötzen (sog. Auflager) liegt ein Stab von etwa 50 cm Länge wie eine Brücke. Von Hand werden nun die Auflager B gegeneinander geschoben. Dabei verschiebt sich der Stab mit, ohne dabei aber das Gleichgewicht zu verlieren (d. h. dass sich offenbar der Schwerpunkt immer zwischen beiden Auflagern befindet). Das ist sogar mit einem Gewichtsstein auf dem Stab möglich.

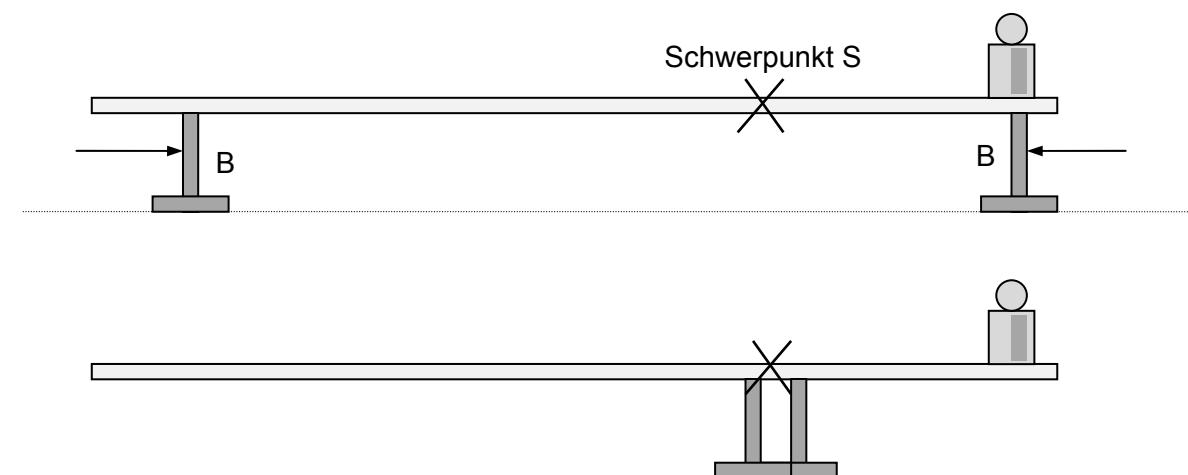


Abb. 2 Stab mit Stützen in Anfangs- und Endposition

Auftrag: Bereiten Sie den Versuch zur Vorführung vor. Dazu gehören

- Wandtafelzeichnung (einfache Skizze des V-Aufbaus, Protokoll der Beobachtung vorbereiten)
 - Welches Verhalten der Stabes **erwarten** wir?
 - Welches Verhalten **beobachten** wir?
- Formulieren daraus Sie eine mögliche Frage (jetzt noch ohne Lösung), die man in der nachfolgenden Erarbeitung klären müsste.

3) Überraschungsversuch: Der „cartesische Taucher“

Beschreibung: Eine PET-Flasche (1,5 Liter) ist vollständig mit Wasser gefüllt und oben verschlossen. In der Flasche befindet sich ein kopfstehendes Reagenzglas (der Taucher), das unten soweit beschwert ist, dass es gerade eben nicht untertaucht.

Drückt man leicht auf die Flasche, so schwebt der Taucher nach unten, lässt der Druck nach, so steigt er wieder nach oben.

Auftrag: Bereiten Sie den Versuch zur Vorführung vor.

- Demo:
 - Welches Verhalten des Tauchers **erwarten** wir?
 - Welches Verhalten **beobachten** wir?
- Formulieren daraus Sie eine mögliche Frage (jetzt noch ohne Lösung), die man in der nachfolgenden Erarbeitung klären müsste.



Abb. 3 Unten offenes Reagenzglas als Taucher

4) Überraschungsversuch: Bildung von Eisenoxid

Versuchsanordnung:

Aus Stahlwolle, wie man sie zum Putzen verwendet, formen Sie zwei gleiche Büschel, etwa in der Grösse eines Hühnerreis. Sie werden an einer kleinen Balkenwaage (Briefwaage) befestigt und so beschnitten, dass sie sich im Gleichgewicht befinden.

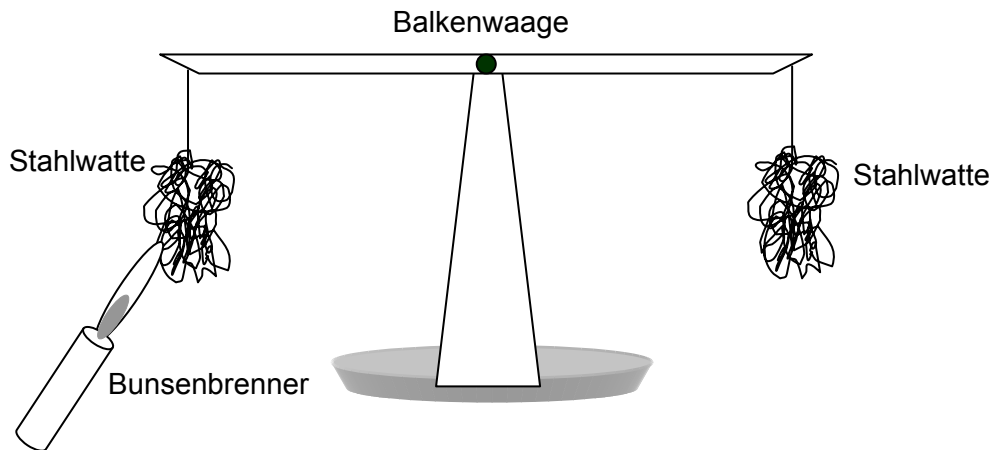


Abb. 4 Ist die verbrannte Stahlwolle schwerer geworden?

Ablauf:

Mit dem Bunsenbrenner wird das eine Büschel entzündet. Seine Masse nimmt wegen des in der Reaktion gebundenen Sauerstoffs zu; der entsprechende Arm des Wägebalkens senkt sich.

Bereiten Sie den Versuch zur Vorführung vor. Dazu gehören

- Wandtafelzeichnung mit einfacher Skizze des V-Aufbaus und vorbereitetem , Protokoll der Beobachtung:
 - Welches Verhalten der Waage **erwarten** wir?
 - Welches Verhalten **beobachten** wir?
- Formulieren daraus Sie eine mögliche Problemstellung oder Kernfrage (jetzt noch ohne Lösung)

5) Versuch zur Erarbeitung (am Beispiel „Hebelgesetz“)

Beschreibung: mit den Lernenden ist folgender Zusammenhang zu erarbeiten:

$$\text{„Last mal Lastarm = Kraft mal Kraftarm“}$$

Ein zweiarmiger Hebel kann mit Gewichtsteinen belastet werden. Die Lehrkraft gibt drei der vier Grössen ‘Last’, ‘Lastarm’, ‘Kraft’ oder ‘Kraftarm’ vor (in einer Tabelle!); die Lernenden müssen die fehlende Grösse für den Gleichgewichtszustand durch den Versuch ermitteln und eintragen. Die gewünschte Gesetzmässigkeit wird so sichtbar.

Auftrag: Bereiten Sie den Versuch zur Vorführung vor. Machen Sie

- eine vorbereitete Tabelle mit 4 Aufgabenstellungen (Wandtafel)
- eine mögliche Auswertung der ausgefüllten Tabelle, die zum Hebelgesetz führt.

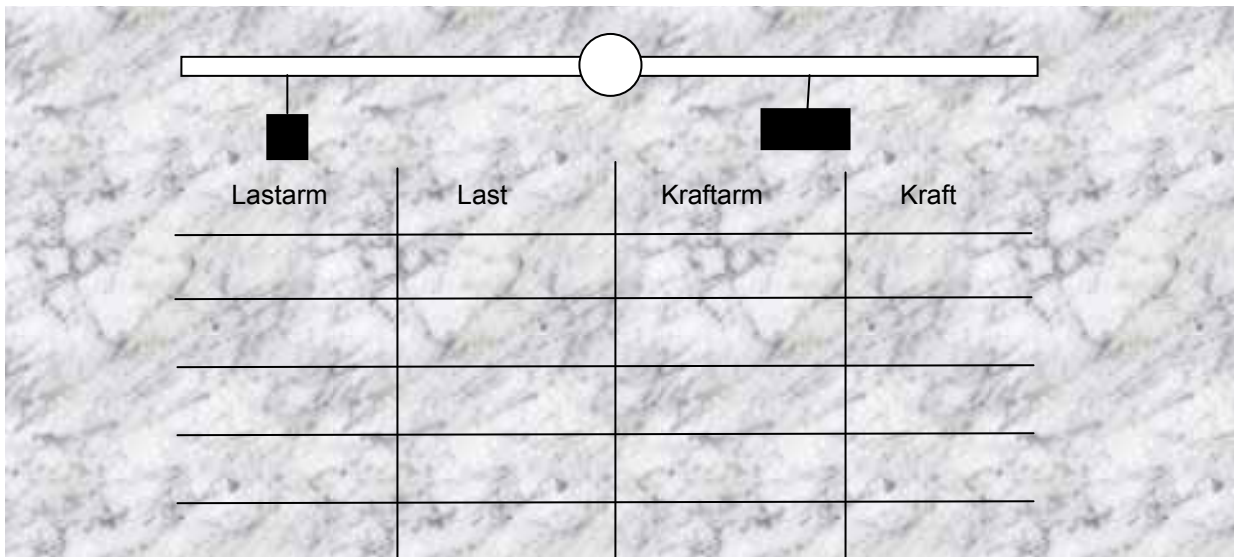


Abb. 5 Ein oberhalb einer Tabelle an der Wandtafel aufgebauter zweiarmiger Hebel

6) Versuch zur *Erarbeitung* (am Beispiel „Auftrieb“)

Beschreibung: Sie erarbeiten mit den Lernenden folgenden Zusammenhang:

**„Ein eingetauchter Gegenstand verliert soviel an Gewicht,
wie das Gewicht des von ihm verdrängten Wassers beträgt“**
(Archimedisches Prinzip)

- Vorbereitung

Füllen Sie die Wanne mit Wasser, bis die Öffnung des Überlaufrohres unter dem Wasserspiegel liegt. Lassen Sie jetzt das Wasser abfließen; sobald die Öffnung des Überlaufs gerade nicht mehr eintaucht, wird der Abfluss von selbst versiegen. (Die Wasseroberfläche muss möglichst ruhig sein; dafür soll auch der Wellenbrecher vor dem Überlaufrohr sorgen.) Der Versuch ist jetzt „startbereit“.

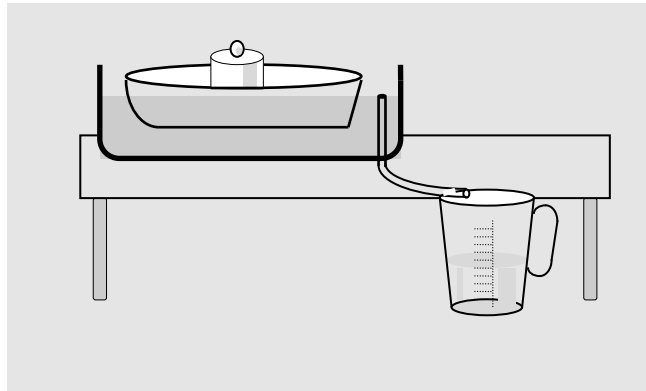


Abb. 6 Wie viel Wasser verdrängt das eingetauchte Boot?

- Ablauf des Versuchs

Stellen Sie einen leeren Messbecher unter den Verlängerungsschlauch des Ausgusses. Beladen Sie das Schiff so, dass es eine totale Masse von 0,350 kg aufweist. Setzen Sie es vorsichtig ins Wasser. Sorgen Sie dafür, dass das Schiff nicht schaukelt; die Wasseroberfläche sollte möglichst ruhig bleiben. Das vom Schiff verdrängte Wasser fließt jetzt ebenfalls durch die Öffnung des Überlaufs ab.

Notieren Sie das abgeflossene Wasservolumen V_W . (Sie benötigen einige Geduld, bis das Wasser zu fließen aufhört.)

Auftrag: Bereiten Sie den Versuch zur Vorführung vor. Machen Sie

- eine vorbereitete Tabelle:

Messung:	Masse des Schiffs
	Volumen des abgeflossenen Wassers
Rechnung:	Masse des abgeflossenen Wassers

Interpretation: „Archimedisches Prinzip“

7) Experiment: Bestätigung einer Vermutung (am Beispiel „Gips aushärten“)

Beschreibung: Vom Teig oder ungebranntem Ton wissen wir, dass er hart wird, sobald das enthaltene Wasser ausgetrocknet ist. Beim Gips ist es umgekehrt: Sobald er nass wird, wird er hart. Man kann ihn danach praktisch nicht mehr in Wasser aufweichen, wie wir das beim ungebrannten Ton gewohnt sind.

Vorwissen: Wassermoleküle begeben sich zwischen die Calcium- und die Sulfat-Ionen (A). Sie ermöglichen den Aufbau eines regelmässigen Kristallgitters (B). Die grossen Alkoholmoleküle passen nicht zwischen die Ionen. Es kann sich kein geordneter Kristall bilden.

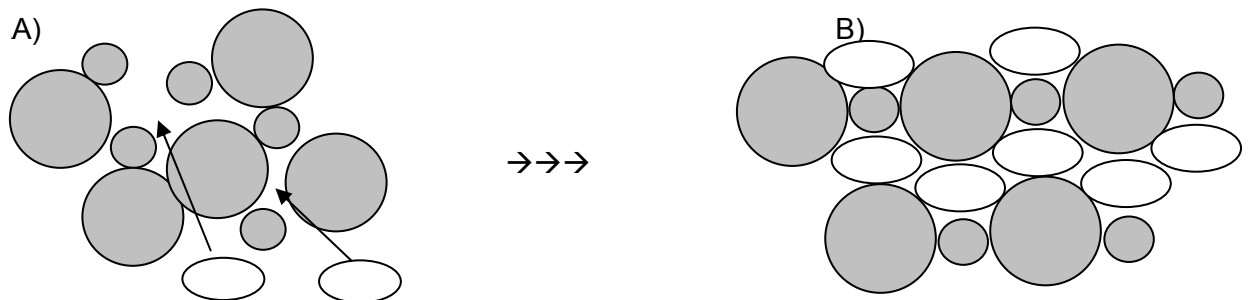
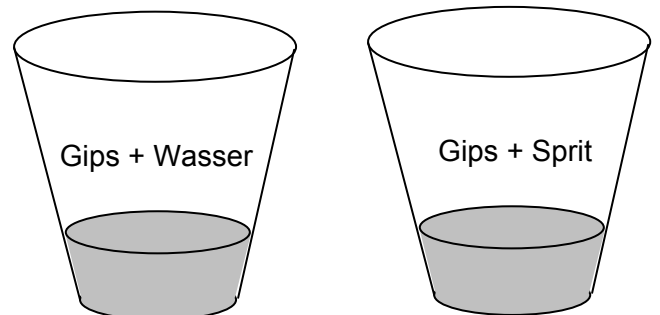


Abb. 7 Modell: Erhärten von Gips durch Einbau von „Kristallwasser“

Versuchsaufbau

Wir benötigen zwei Joghurtbecher und ein wenig Gips. Zum Anrühren des Gips stellen wir Wasser und Brennsprit bereit. Im ersten Becher werden 2 Teile Gips mit 1 Teil Wasser angerührt. In einem zweiten Becher verwenden wir Brennsprit an Stelle des Wassers. Sie werden entsprechend angeschrieben. Den 1. Becher verschliessen wir und lassen beide etwa 1 h ruhen.



Das vermuten wir: Der mit Spirit angerührte Gips kann nicht abbinden. Er zerfällt, wenn der Spirit verdunstet ist.

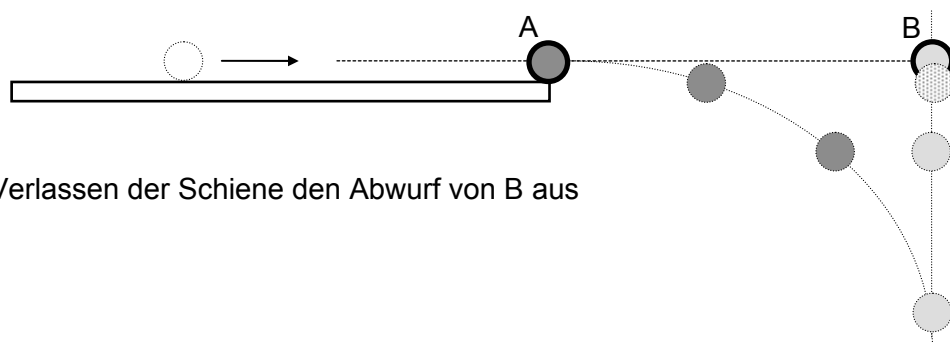
Das beobachten wir: Unsere Vermutung wird bestätigt.

Bereiten Sie den Versuch zur Vorführung vor. Dazu gehören

- Erläutern Sie, weshalb Gips nicht mit Spirit abbinden kann.
 - Welches Verhalten der Waage **erwarten** wir folglich? (Hypothese)
 - Welches Verhalten **beobachten** wir?

8) Experiment zur Bestätigung einer Vermutung, illustriert an der Überlagerung von Bewegungen

Beschreibung: Eine waagrecht angeordnete Metallschiene von etwa 2 m Länge weist an ihrem Ende eine Auslösevorrichtung für eine Kugel (Ziel) auf. Diese befindet sich in der gedachten Verlängerung (Visierlinie) der Schiene. Eine andere Kugel (Geschoss) wird von der Schiene abgeschossen und soll möglichst die ausgelöste, senkrecht fallende Zielkugel treffen, falls die Hypothese zutrifft, dass das Geschoss und das Ziel dieselbe Fallbeschleunigung erfahren.



A löst beim Verlassen der Schiene den Abwurf von B aus

Abb. 8 Versuchsanordnung

Auftrag: Bereiten Sie den Versuch zur Vorführung vor. Dazu gehören

- eine kurze Einführung (welche Hypothese soll "verifiziert" werden?)
- Beobachtung: Wird die Hypothese gestützt oder „falsifiziert“?

**9) Veranschaulichung eines Effekts,
illustriert am Beispiel des Siedens**

Beschreibung: Ein Rundkolben (ca. 1 l) ist etwa zur Hälfte mit handwarmem Wasser gefüllt. Mit der Wasserstrahlpumpe wird der Kolben evakuiert. Das Wasser siedet.

Auftrag: Bereiten Sie den Versuch zur Vorführung vor. Dazu gehören

- eine kurze Einführung (was soll veranschaulicht werden?)
- Demonstration
- Gibt es Sicherheitsaspekte (Gefährdung, Beschädigung) zu beachten? (Ja!)

**10) Veranschaulichung einer Materialkonstante:
Die Masse eines Liters Luft messen**

Evakuieren Sie einen Rundkolben mit 1 Liter Fassungsvermögen. Der Pumpvorgang dauert ca. 2 Minuten. Anschliessend legen Sie den Rundkolben auf die Waage und tarieren Anzeige auf „0“. Jetzt öffnen Sie den Hahn teilweise, so dass die Luft langsam einströmt. Die Masse der einströmenden Luft wird jetzt von der Waage angezeigt.

Auftrag: Bereiten Sie den Versuch zur Vorführung vor. Dazu gehören

- eine kurze Einführung (was soll veranschaulicht werden?)
- Demonstration
- Gibt es Sicherheitsaspekte (Gefährdung, Beschädigung) zu beachten? (Ja!)

**11) Versuch zur Festigung,
illustriert am Beispiel 'Ohmsches Gesetz'**

Beschreibung: Festigen Sie die zuvor erarbeitete Beziehung $U=R \cdot I$ mit Hilfe von Widerständen (20, 50 und 100 Ω).

Geben Sie drei Aufgaben vor, in denen jeweils U , R oder I zu bestimmen ist. Der berechnete Wert soll durch Nachmessung kontrolliert werden.

Auftrag: Bereiten Sie den Versuch zur Vorführung vor. Machen Sie

- eine kurze Einführung,
- eine Wandtafelzeichnung des V - Aufbaus,
- eine vorbereitete Tabelle zum Vergleich von Messung und Rechnung (Wandtafel)
- Gibt es Sicherheitsaspekte zu beachten (Gefährdung, Beschädigung)?

	U	R	I
gegeben	5 V	20 Ω	
gerechnet			
gemessen			

gegeben		100 Ω	0,10 A
gerechnet			
gemessen			

gegeben	15 V	0,30 A	
gerechnet			
gemessen			

Tab. 3 So könnte das Wandtafelbild zu Beginn aussehen