



# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Physik*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)



# ■ INHALT

<b>Einleitung</b> .....	4
<b>1 Experimentieren</b> .....	5
1.1 Was ist ein Experiment? .....	5
1.2 Das experimentelle Vorgehen .....	10
<b>2 Offenes Experimentieren</b> .....	13
2.1 Was ist offenes Experimentieren? .....	13
2.2 Beispiel zur Veranschaulichung von geschlossenem und offenem Experimentieren .....	16
2.3 Ziele des offenen Experimentierens .....	17
<b>3 Die naturwissenschaftliche Fragestellung</b> .....	19
3.1 Was ist eine naturwissenschaftliche Fragestellung? .....	19
3.2 Vermittlung von Kompetenzen zur naturwissenschaftlichen Fragestellung .....	19
<b>4 Die Hypothese</b> .....	23
4.1 Was ist eine Hypothese? .....	23
4.2 Vorschläge/Anregungen für den Unterricht .....	26
<b>5 Die Planung und Durchführung von Experimenten</b> .....	29
5.1 Die Bedeutung einer selbstständigen Planung und Durchführung .....	29
5.2 Vorschläge/Anregungen für den Unterricht .....	30
5.3 Das Experimentierprotokoll .....	34
<b>6 Die Auswertung eines Experiments</b> .....	36
6.1 Teilschritte bei der Auswertung eines Experiments .....	36
6.2 Vermittlung von Kompetenzen zur Auswertung eines Experiments .....	36
<b>7 Offene Experimente für den Unterricht</b>	
Materialien, Anregungen und Ideen .....	43

Alle im E-Book erwähnten Materialien finden Sie im beiliegenden Zusatzmaterial.

# ■ EINLEITUNG

In den Domänen der naturwissenschaftlichen Fachdidaktik – Biologie, Chemie, Physik – genießt das Experiment seit jeher einen hohen Stellenwert und ist unumstrittener Bestandteil eines guten naturwissenschaftlichen Unterrichts. Nicht zuletzt seit Einführung der Bildungsstandards wird das problemorientierte, selbstplanende Experimentieren als komplexe Kompetenz von Schülern<sup>1</sup> erwartet. Um diese komplexe Kompetenz auszubilden, darf Experimentieren im Unterricht nicht nur auf das Nacharbeiten von vorgegebenen Experimentieranleitungen beschränkt bleiben. Schüler müssen Experimente problemorientiert – zur Beantwortung von naturwissenschaftlichen Fragestellungen – selbst planen, durchführen und auswerten. Dies stellt hohe Anforderungen an den naturwissenschaftlichen Unterricht und die unterrichtenden Lehrer. Schüler müssen

- die den Experimentierprozess bildenden Phasen kennen und verstehen lernen,
- Fertigkeiten und Fähigkeiten erlernen, um experimentelle Anordnungen aufzubauen und den Experimentierprozess durchzuführen,
- ein Ursache-Wirkungs-Denken entwickeln,
- die Variablenkontrollstrategie kennen und anwenden lernen,
- mit Sicherheitsaspekten vertraut sein sowie
- Fähigkeiten zum Interpretieren von Ergebnissen und Ziehen von Schlussfolgerungen erwerben.

Dieses Buch bietet hierfür einen Theorierahmen sowie Anregungen und Beispiele für die Gestaltung von Lehr-Lernprozessen.

Zur Vermittlung und zum Erlernen von Kompetenzen zum selbstständigen, problem- und erkenntnisorientierten Experimentieren empfehlen die Autoren als geeignete Form bzw. Methode das offene Experimentieren. Unter offenem Experimentieren verstehen sie eine gradierbare Methode mit der Möglichkeit, gezielt einzelne Phasen des Experimentierprozesses auf die Lerngruppe und den Sachinhalt abgestimmt zu öffnen. Diese Gradierung ist als Hilfsmittel zu verstehen, um Schüler an das Ziel zu führen, selbstständig komplett offene Experimente gestalten zu können.

Im Buch wird zuerst der Begriff des Experimentierens konkretisiert, das offene Experimentieren definiert und in unterschiedlichen Öffnungsgraden beschrieben, ein mögliches Vorgehen für den Unterricht skizziert und Beispiele zum offenen Experimentieren mit Unterrichtsmaterialien vorgestellt. Es ist den Autoren wichtig zu betonen, dass alle beschriebenen Unterrichtsstunden als Beispiele zur Veranschaulichung gedacht sind und individuelle Veränderungen bei der Umsetzung oder den Materialien möglich, nein sogar erwünscht sind.

Sinnvoll erscheint es, die Kompetenzen zum Experimentieren zusammen mit Kollegen aus den Domänen Biologie und Chemie zu vermitteln. Um bei Bedarf die Möglichkeit des fächerübergreifenden oder integrativen Unterrichts zu bieten, wurden daher für die Fächer Biologie und Chemie gleichartige Bücher erstellt, die sich durch die enthaltenen Unterrichtsbeispiele und Unterrichtsmaterialien unterscheiden:

Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Biologie  
ISBN: 978-3-403-20096-3 (Print), 978-3-403-50096-4 (E-Book)

Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Chemie  
ISBN: 978-3-403-20097-0 (Print), 978-3-403-50097-1 (E-Book)

---

1 Das generische Maskulinum bezeichnet hier und in den folgenden vergleichbaren Fällen beide natürlichen Geschlechter.

# 1 EXPERIMENTIEREN

## 1.1 WAS IST EIN EXPERIMENT?

Unter einem naturwissenschaftlichen Experiment versteht man die Untersuchung eines Naturphänomens, die unter festgelegten Bedingungen stattfindet und zur Ermittlung von neuen Erkenntnissen (Regelhaftigkeiten, Gesetzmäßigkeiten) oder zur Prüfung von Erkenntnissen ausgeführt wird (Graf, 2013; Schulz, Wirtz & Staraschek, 2012; Berck & Graf, 2003):

*Untersuchung:* Eine Untersuchung ist eine naturwissenschaftliche Arbeitsweise, bei der während des Betrachtens/Beobachtens gezielt auf ein Objekt eingewirkt oder in ein System eingegriffen wird (Killemann, Hiering & Starosta, 2013). Der Eingriff bei einer Untersuchung kann eine Veränderung von Bedingungen (Druck, Temperatur, anliegende elektrische Spannung), eine Einwirkung auf einen Körper (z. B. durch eine äußere Kraft) oder Ähnliches sein.

*Festgelegte Bedingungen:* Beim Experimentieren werden alle relevanten Faktoren (Variablen) kontrolliert und weitestgehend konstant gehalten. Es wird (in der Regel) nur ein Faktor gezielt verändert (variiert). Der Faktor, der variiert wird, heißt unabhängige Variable. Es gibt häufig weitere (unabhängige) Faktoren, die aber nicht variiert werden.

*Wirkung:* Die physikalische Größe, die bei einem Experiment als Wirkung auf die unabhängige Variable erfasst wird, wird abhängige Variable genannt.

Das Variieren immer nur eines Faktors und das Konstanthalten der anderen Faktoren wird als *Variablenkontrollstrategie* bezeichnet. Dadurch ist eine sichere Aussage über die Wirkung der unabhängigen Variable auf die abhängige Variable möglich.

**Beispiel:** Tauchen wir einen voluminösen Stein in Wasser ein, so nehmen wir wahr, dass sich sein Gewicht in Wasser scheinbar verringert. Umgekehrt verhält es sich beim Herausziehen des Steins aus dem Wasser. Wir schließen daraus, dass durch das Wasser eine Kraft hervorgerufen wird, die der Gewichtskraft des Steins entgegen gerichtet ist. Diese Kraft wird Auftriebskraft (statischer Auftrieb) genannt.

*Fragestellung:* Verändert sich die Auftriebskraft, die der Stein erfährt, wenn der Stein statt in Wasser in eine andere Flüssigkeit eingetaucht wird?

*Fachwissenschaftliche Formulierung:* Beeinflusst die Dichte der Flüssigkeit, in die ein Körper eintaucht, den Betrag der statischen Auftriebskraft, die der Körper erfährt?

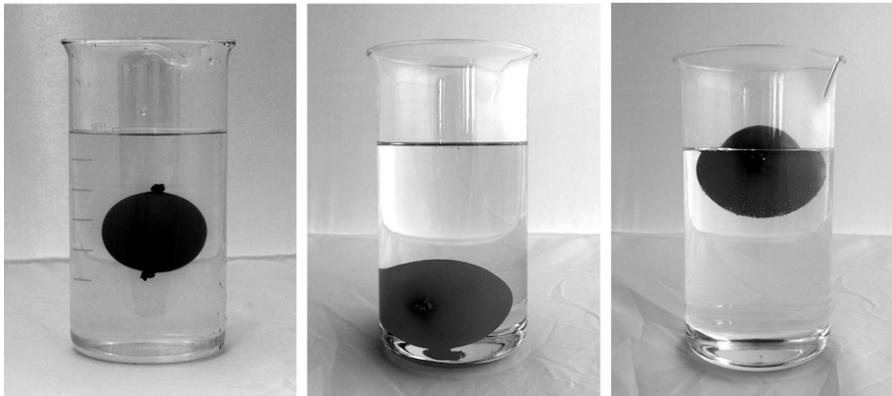
*Vermutete relevante Faktoren:* Material (Stoff) aus dem der Körper besteht, Masse des Körpers, Volumen des Körpers, Eigenschaften der Flüssigkeit (z. B. die Dichte), in die der Körper eintaucht, ...

*Unabhängige Variable* (die verändert werden soll): Dichte der Flüssigkeit (z. B. Wasser ca.  $1,0 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ , Sonnenblumenöl  $0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ , Glycerin  $1,3 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ )

*Abhängige Variable:* die Auftriebskraft, die der eingetauchte Körper erfährt

*Variablenkontrollstrategie:*

1. Es wird festgelegt, dass der Körper immer vollständig eintauchen soll.
2. Es wird immer derselbe Körper verwendet, sodass alle Eigenschaften des Körpers (Material, Masse, Volumen, ...) konstant bleiben.



*Abb. 1.1: Beispiel: Experiment „Beeinflusst die Dichte der Flüssigkeit den Auftrieb, den der Körper erfährt?“*

*Verwendeter Körper:*

*mit Wasser gefüllter Ballon;*

*Bild links: Wasserballon in*

*Wasser;*

*Bild Mitte: Wasserballon in Öl;*

*Bild rechts: Wasserballon in*

*Glycerin*

Die Veränderung bezüglich der abhängigen Variable ist das, was beim Experiment gemessen, betrachtet oder auf eine andere Art ermittelt wird. Im ersten Beispiel ist das der Betrag der Auftriebskraft. Das Erfassen einer Veränderung bezüglich der abhängigen Variable kann qualitativ oder quantitativ geschehen:

*Qualitativ:* Die Veränderung der abhängigen Variable wird nicht über Zahlenwerte gemessen, da dies generell oder mit den Möglichkeiten der Schule nicht machbar ist oder eine dem Alter des Lernenden entsprechende Vereinfachung das erfordert (Elementarisierung). Es wird durch kriteriale Beobachtung erhoben, ob eine Veränderung auftritt oder nicht. „Das qualitative Experiment lässt Ja/Nein-Antworten zu.“ (Frischknecht-Tobler & Labudde, 2010, S. 138)

**Beispiel eines qualitativen Experiments:** Es soll die elektrische Leitfähigkeit von Flüssigkeiten untersucht werden. Demineralisiertes (destilliertes) Wasser leitet den elektrischen Strom nicht, da keine freien Ladungsträger vorhanden sind. Durch Auflösen von Salz (NaCl) oder Zitronensäure bilden sich im Wasser Ionen, die als Ladungsträger dienen können. Das Wasser wird leitfähig.

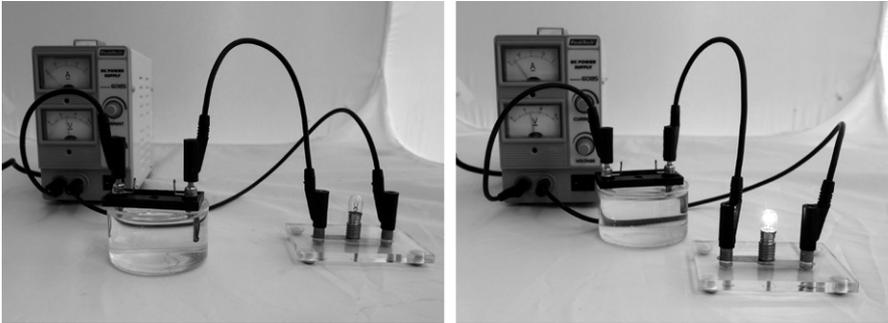


Abb. 1.2: Beispiel: Qualitatives Experiment zur Frage „Verändern Ionen die elektrische Leitfähigkeit von Wasser?“

Bild links: demineralisiertes Wasser;

Bild rechts: Wasser mit NaCl

*Fragestellung:* Verändern Ionen die elektrische Leitfähigkeit von Wasser?

*Unabhängige Variable:* Auftreten von Ionen

*Abhängige Variable:* Leitfähigkeit für elektrischen Strom; Indikator: Lämpchen

*Variablenkontrollstrategie:* Es wird ein einfacher Stromkreis aus einer Spannungsquelle (mit Schalter), zwei Kontakten, die in das Becherglas mit der Flüssigkeit eintauchen, und einem Glühlämpchen aufgebaut. An der Spannungsquelle bleibt die Spannung (= Antrieb für den elektrischen Strom) unverändert! Ebenso wird immer dasselbe Glühlämpchen als Indikator für den elektrischen Strom verwendet.

*Erwartetes Ergebnis:* Das Lämpchen leuchtet, wenn die Flüssigkeit leitfähig ist.

*Quantitativ:* Die abhängige Variable kann in unterschiedlichen Ausprägungen/Werten gemessen werden.

**Beispiel eines quantitativen Experiments:** Es soll die elektrische Leitfähigkeit von Flüssigkeiten untersucht werden.

*Fragestellung:* Verändern Ionen die elektrische Leitfähigkeit von Wasser?

*Unabhängige Variable:* Auftreten von Ionen

*Abhängige Variable:* Leitfähigkeit für elektrischen Strom; Indikator: Stromstärke

*Variablenkontrollstrategie:* Es wird ein einfacher Stromkreis aus einer Spannungsquelle (mit Schalter), zwei Kontakten, die in das Becherglas mit der Flüssigkeit eintauchen, und einem Stromstärkemessgerät (Amperemeter oder Multimeter) aufgebaut. An der Spannungsquelle bleibt die Spannung unverändert! Ebenso wird immer dasselbe Messgerät im gleichen Messbereich verwendet.

*Erwartetes Ergebnis:* Je höher die Leitfähigkeit, desto größer die Stromstärke.

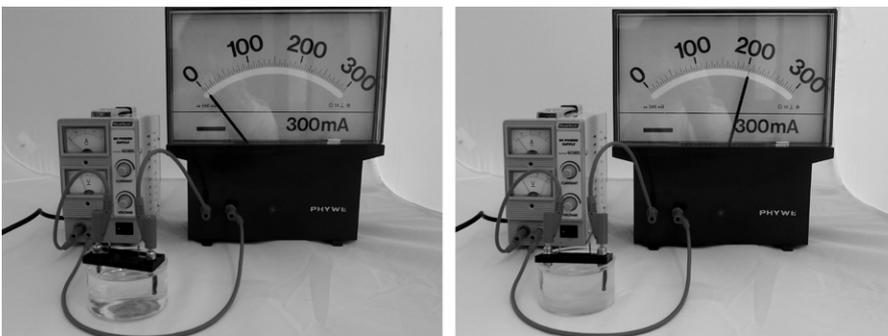


Abb. 1.3: Beispiel: Quantitatives Experiment zur Fragestellung „Verändern Ionen die elektrische Leitfähigkeit von Wasser?“

Bild links: demineralisiertes Wasser;

Bild rechts: Wasser mit NaCl

Ein untersuchter Faktor (unabhängige Variable) hat dann einen Einfluss, wenn sich durch Änderung der unabhängigen Variable die abhängige Variable ebenfalls verändert.

Bei qualitativen Experimenten kann lediglich festgestellt werden, dass ein Einfluss auf die abhängige Variable vorhanden ist.

**Beispiel:** Das Lämpchen leuchtet nur dann, wenn Salz oder Zitronensäure im Wasser gelöst wurde. Deshalb müssen die Eigenschaften der Flüssigkeit die elektrische Leitfähigkeit beeinflussen. Durch das Lösen von Salz oder das Zugeben von Zitronensäure in Wasser entstehen Ionen, darin liegt die Ursache.

Bei quantitativen Experimenten ist eine genauere Aussage über die Art des Zusammenhangs zwischen unabhängiger und abhängiger Größe möglich (z. B. proportional, antiproportional oder Ähnliches). Diese Aussage kann halbquantitativ in einer Wortformulierung erfolgen. Beispiel: Je höher die Anzahl der verfügbaren Ladungsträger (Ionen), desto größer die Stromstärke. Sie kann auch mithilfe einer mathematischen Beziehung formuliert werden.

Bei einem Experiment können auch mehrere Faktoren verändert werden, dann wird aber eine entsprechende Anzahl von Experimentierschritten benötigt, um nacheinander alle unabhängigen Variablen auf ihre Wirkung zu prüfen. Die Anzahl der durchzuführenden Experimente entspricht der Anzahl der unabhängigen Variablen, deren Einfluss auf die abhängige Variable überprüft werden soll. Für jedes einzelne Experiment wird wiederum die Variablenkontrollstrategie angewandt. Es ist sinnvoll, in einem Ablaufplan festzuhalten, welche Faktoren im jeweiligen Experiment konstant bleiben sollen und welcher Faktor die unabhängige Variable darstellt und verändert werden soll. Alle Ergebnisse sind gesondert festzuhalten. Hierfür bieten sich Messwerttabellen an.

Für die Schule empfehlen sich eher „kleine“ Experimentierpläne, das heißt, die Anzahl der zu berücksichtigenden Einflussfaktoren sollte nicht zu umfangreich sein. Außerdem kann die Realisierung der Experimente nach einer gemeinsamen Besprechung des Ablaufplanes arbeitsteilig in Gruppen erfolgen, sodass der zeitliche Umfang der Untersuchung überschaubar bleibt. Die Ergebnisse der einzelnen Gruppen werden am Ende im Plenum vorgestellt und zusammengeführt.

**Beispiel:** Von welchen Materialeigenschaften des Drahts hängt der elektrische Widerstand – die Leitfähigkeit – des Drahts im elektrischen Stromkreis ab?

*Unabhängige Variablen:* das Material, die Länge und die Querschnittsfläche („Dicke“, Durchmesser) sowie die Temperatur des Drahts

*Abhängige Variable:* der elektrische Widerstand des Drahts im elektrischen Stromkreis; Indikator: Größe der Stromstärke bei gleichem Antrieb (Spannung)

*Variablenkontrollstrategie:*

1. Es wird festgelegt, dass am Draht im elektrischen Stromkreis immer die gleiche Spannung anliegt. Das wird mithilfe eines Spannungsmessgeräts kontrolliert.
2. Die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstands soll hier nicht untersucht werden. Um die Temperatur konstant zu halten, müsste der Draht mithilfe einer besonderen Apparatur gekühlt werden. Wird darauf verzichtet, sollte der Stromkreis nur für kurze Zeit zur Messung geschlossen werden, um eine Erwärmung des Drahts durch den Stromfluss zu verhindern.
3. Es werden immer dieselben Messinstrumente verwendet (ein Spannungsmessgerät, ein Stromstärkemessgerät) und auch der Messbereich wird jeweils beibehalten.
4. *Experiment 1:* Länge und Querschnittsfläche des Drahts bleiben konstant.  
*Unabhängige Variable 1:* das Material des Drahts (wird verändert)
5. *Experiment 2:* Material und Querschnittsfläche des Drahts bleiben konstant.  
*Unabhängige Variable 2:* die Länge des Drahts (wird verändert)
6. *Experiment 3:* Material und Länge des Drahts bleiben konstant.  
*Unabhängige Variable 3:* die Querschnittsfläche des Drahts (wird verändert)

Die jeweils gemessene Stromstärke ist (bei konstanter Spannung) ein Maß für die Stärke der Behinderung des Stromflusses und damit für den elektrischen Widerstand des Drahts. Eine hohe Stromstärke wird als geringe Behinderung des Stromflusses interpretiert. Zusätzlich kann der elektrische Widerstand als Quotient aus der anliegenden Spannung und der jeweils gemessenen Stromstärke berechnet werden.

**Tabelle 1.1:** Beispiel eines Experimentierplans: „Von welchen Materialeigenschaften des Drahts hängt der elektrische Widerstand – die Leitfähigkeit – des Drahts im elektrischen Stromkreis ab?“

	Material	Länge	Querschnittsfläche
Material	Experiment 1, unabhängige Variable	konstanter Faktor	konstanter Faktor
Länge	konstanter Faktor	Experiment 2, unabhängige Variable	konstanter Faktor
Querschnittsfläche	konstanter Faktor	konstanter Faktor	Experiment 3, unabhängige Variable

Für jedes einzelne Experiment sind unterschiedliche Abstufungen notwendig. Als Drahtmaterialien eignen sich für die Untersuchung z. B. Konstantan-, Eisen- und Kupferdraht. Bei Längen- und Querschnittsänderungen sollten jeweils mindestens vier Messwerte erfasst werden, um den vermuteten Zusammenhang zwischen der unabhängigen Variable und dem elektrischen Widerstand zu bestätigen oder zu widerlegen. Bleibt das Drahtmaterial als Faktor unverändert, wird Konstantan empfohlen, da sein elektrischer Widerstand als nahezu temperaturunabhängig betrachtet werden kann.

Weitere sehr wesentliche Kennzeichen eines Experiments sind neben der Umsetzung der Variablenkontrollstrategie die Objektivität und die Wiederholbarkeit des Vorgehens sowie die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse.

### **Zusammenfassung**

**Naturwissenschaftliches Experiment** = eine Untersuchung eines Naturphänomens, bei der alle Faktoren bis auf einen (oder wenige) konstant gehalten werden.

In einem Ablaufplan werden die Faktoren, die konstant bleiben sollen, die unabhängige Variable, die verändert wird, und die abhängige Variable für jeden Untersuchungsschritt festgelegt (Variablenkontrollstrategie).

Das Experiment ist wiederholbar und die experimentierende Person beeinflusst das Ergebnis nicht. Das Experiment führt bei einer Wiederholung zu (nahezu) gleichen Ergebnissen.



# SCHOOL-SCOUT.DE

Unterrichtsmaterialien in digitaler und in gedruckter Form

**Auszug aus:**

*Naturwissenschaften zum Leben erwecken: Physik*

Das komplette Material finden Sie hier:

[School-Scout.de](http://School-Scout.de)

