

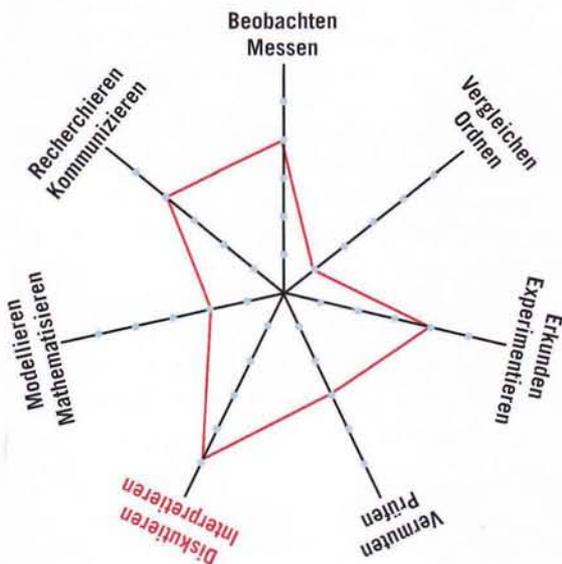


Lutz Stäudel

Gasentwicklung von Brausetabletten

Versuchsergebnisse deuten und eine Lösungshypothese entwickeln

Löst man eine Brausetablette in reinem Wasser, entsteht ein bestimmtes Gasvolumen. Wird eine weitere Tablette gelöst, entsteht mehr als die doppelte Menge an Gas. Anhand dieser überraschenden Beobachtung lässt sich erarbeiten, wie man Deutungen entwickelt und von verschiedenen Interpretationsansätzen zu einer gemeinsamen Lösungshypothese gelangt.



Materialien für praktische Arbeiten

- ▶ Pneumatische Wanne mit Glasschale oder Plastikwanne
- ▶ Stand- oder Messzylinder (500 ml)
- ▶ mehrere Brausetabletten
- ▶ Kleines Gazestück mit Blumendraht
- ▶ Stoppuhr

Zum Kopieren

- ▶ MATERIAL 1, S. 94 liefert Regeln für eine strukturierte Diskussion innerhalb einer Gruppe
- ▶ MATERIAL 2, S. 95 dient den Schülern als Hilfe für die Auswertung des Brausetablettenversuchs. Sie deuten ihre Ergebnisse.
- ▶ MATERIAL 3, S. 96 enthält den Arbeitsauftrag die aufgestellte Lösungshypothese zu überprüfen

Wasser hat ein gewisses Lösungsvermögen für Gase. Die Löslichkeit von Gasen ist für viele physiologische Vorgänge von großer Bedeutung. So nehmen Fische über ihre Kiemen gelösten Sauerstoff aus dem umgebenden Wasser ins Blut auf und geben im Gegenzug das Stoffwechselprodukt CO_2 wieder ins Wasser ab.

Inerte Gase, z. B. Stickstoff oder die Edelgase Neon und Argon, lösen sich nur wenig in Wasser. Andere Gase, die mit Wasser reagieren (wie etwa Ammoniak oder Chlorwasserstoffgas) lösen sich in größeren Mengen (vgl. **Table 1**). Für die meisten Gase gilt, dass die Löslichkeit mit zunehmender Temperatur abnimmt.

Das CO₂ nimmt in gewisser Weise eine Sonderstellung bezüglich seiner Lösung in Wasser ein: Chemisch betrachtet kann sich CO₂ mit Wasser zur ‚Kohlensäure‘ verbinden, die jedoch nicht isoliert werden kann. In Wasser liegt sie – als schwache Säure – teilweise in erster Stufe dissoziiert vor:



Die größte Menge CO₂ ist allerdings physikalisch in Wasser gelöst. Zwischen physikalischer und chemischer Lösung besteht ein langsamer Austausch.

Leitet man CO₂ durch ein größeres Volumen gasfreien Wassers, dann wird zunächst ein großer Teil des Gases durch Lösungsvorgänge absorbiert, und nur wenig gelangt an die Oberfläche. Sobald man in die Nähe der Sättigung gelangt, perlen die Gasblasen ungehindert durch die gesamte Flüssigkeit. Diesen Sachverhalt kann man Schülern mittels eines Doppelexperiments vor Augen führen (und sie damit in einen ernsthaften kognitiven Konflikt stürzen).

Die experimentellen Daten aus dem Versuch zur Gasbildung aus Brausetabletten (Anleitung vgl. **Kasten 1 S. 92**) sind Ausgangspunkt für eine intensive Diskussions- und Interpretationsphase, während der teils in Einzelarbeit, teils in Gruppen gearbeitet wird, unterbrochen von kurzen Gesprächen mit der gesamten Lerngruppe. Der hier vorgestellte Verlauf bezieht sich auf Erfahrungen mit 9. und 10. Klassen und kann je nach Bedarf variiert werden.

Von der ersten Vermutung zur Deutung

Für eine erste Stillarbeitsphase von ca. 5 Minuten fordert die Lehrkraft die Schüler auf, Vermutungen anzustellen und in Stichworten festzuhalten.

Es schließt sich eine Diskussion in Dreier- oder Vierergruppen an, in denen jeder zunächst seine Überlegungen vorträgt, ohne von den anderen unterbrochen zu werden. Danach findet eine möglichst strukturierte Auseinandersetzung mit den Deutungen der Beobachtungen statt. Hierfür können bei Bedarf zusätzliche Regeln aufgestellt werden (vgl. **Material 1**). Aufgabe der Gruppen ist es, sich gemeinsam auf eine Interpretation zu einigen und diese dann im Plenum vorzustellen.

Die Interpretationen und Vermutungen werden an der Tafel festgehalten. In der Regel haben zwei oder auch mehr Gruppen die Vorstellung for-

muliert, dass sich etwas von dem Gas im Wasser gelöst haben könnte, jedoch sind die Interpretationen zur Dynamik der Reaktion zu diesem Zeitpunkt meist noch unklar. Unterstützt wird dieser Interpretationsansatz durch Wissens Elemente wie die Tatsache, dass die Fische ihren O₂/CO₂-Austausch im Wasser vollziehen. Herangezogen werden auch Erfahrungen mit Mineralwasser, in dem ja auch erhebliche Mengen an CO₂ gelöst sind und das manchmal „sprudelt“.

Je nach Leistungsfähigkeit der Klasse lohnt sich an dieser Stelle bereits ein erster Ausflug auf die Metaebene: Das Zurückgreifen auf ähnliche Phänomene und ihre bekannte Deutung ist nämlich eine typische Herangehensweise für die Interpretation von neuen Befunden (vgl. **Material 2**).

Überprüfung der Lösungshypothese

Im vorliegenden Fall findet rasch eine Einigung auf die Lösungshypothese statt, nämlich dass sich ein Teil des gebildeten Gases im Wasser löst und somit „verschwindet“. Dazu wird der Wunsch geäußert, das Experiment zu wiederholen. Insbesondere soll bei einer Wiederholung beobachtet werden, ob die Tabletten „gleich stark sprudeln“, was im zutreffenden Fall zumindest weitere Schlüsse zuließe. Andere Vorschläge sind weitaus komplexer, z. B. der, die Gasbildung in reinem Wasser mit der Gasbildung in CO₂-haltigem Wasser zu vergleichen.

Um an dieser Stelle wiederum die Auseinandersetzung mit der naturwissenschaftlichen Sicht auf die Welt herauszufordern, kann man eine erneute Gruppenarbeitsphase einschieben. Aufgabe der Lernenden ist jetzt, eine Versuchsanordnung zu entwickeln, die geeignet ist, die Lösungshypothese zu überprüfen. Um möglichst präzise Darstellungen der zu erwartenden Vorschläge zu erhalten, lässt man die Schülergruppen ihre Ergebnisse auf OH-Folie festhalten und anschließend präsentieren. In einer 15-minütigen Arbeitsphase entstehen dabei Vorschläge wie die folgenden:

Tabelle 1: Löslichkeit von Gasen in Wasser bei 20 °C

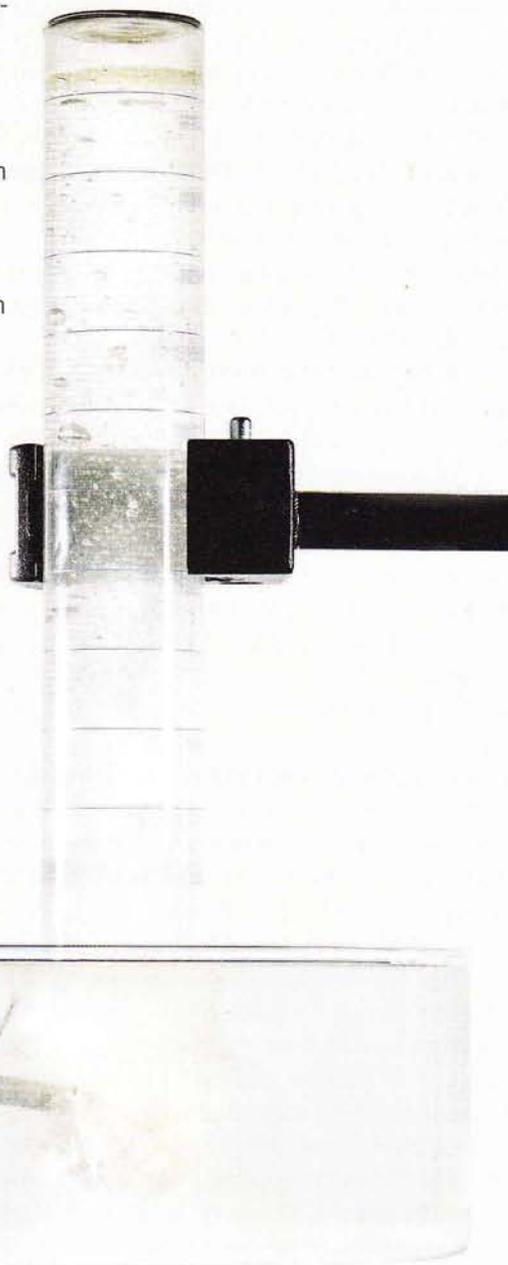
Gas	Max. Löslichkeit bei 20 °C [g/l]
Sauerstoff (O ₂)	0,044
Stickstoff (N ₂)	0,019
Argon (Ar)	0,067
Ammoniak (NH ₃)	ca. 540
Chlorwasserstoff (HCl)	ca. 720
Kohlenstoffdioxid (CO ₂)	ca. 1,7

Der Brausetabletten-Versuch

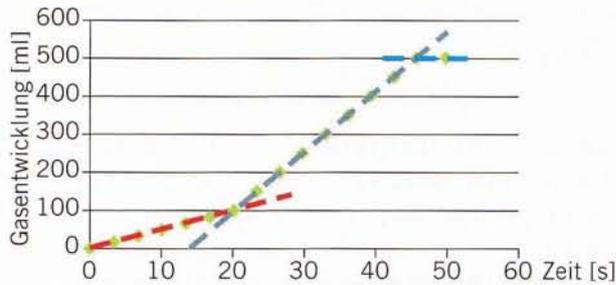
- Aus einem 500 ml fassenden Standzylinder (oder Messzylinder) und einer geeigneten Glasschale (oder Plastikwanne) wird eine „pneumatische Wanne“ aufgebaut und mit reinem Wasser gefüllt.
- Mittels eines Sieblöffels – ebenso geeignet ist ein Stück Fliegennetz, das zu einem Säckchen geformt und mit Blumendraht verschlossen wird – wird eine handelsübliche Brausetablette unter die Öffnung des Glaszylinders gebracht und die sofort einsetzende Gasbildung beobachtet.
- Abhängig von der Marke und der Größe der Tablette entsteht ein gewisses Gasvolumen, dessen Menge abgelesen wird; typischerweise dauert die Gasentwicklung etwa 20 bis 30 Sekunden, und es entstehen 100 bis 150 ml.
- Bringt man nun mit dem (wieder abgetrockneten) Sieblöffel (oder einem zweiten Tüll-Säckchen) eine zweite Brausetablette unter die Zylinderöffnung, dann entsteht in einem ähnlichen Zeitintervall wie im ersten Fall wiederum CO_2 , diesmal aber deutlich mehr, nämlich zusätzliche 250 bis 300 ml.

Tabelle 2: Beispiel für Versuchsergebnisse

	Erwartete Gasbildung	Beobachtete Gasbildung
1. Tablette	125 ml	125 ml
2. Tablette	250 ml	400 ml



Beobachtungen zur Gasentwicklung bei Einsatz von zwei Brausetabletten;
Darstellung in Tabellenform und als Grafik



Zeit [s]	Gasvolumen [ml]
0	0
5	25
10	50
15	75
20	100
25	160
30	250
35	320
40	400
45	500
50	500
55	500

1. Das Experiment mit sukzessiver Lösung von zwei Tabletten wiederholen.
2. Eine dritte Tablette zusätzlich lösen mit der Vermutung, dass dabei ebensoviel Gas entsteht wie bei der zweiten. (Hierbei müsste ein größerer Glaszylinder verwendet werden bzw. eine andere Vorrichtung zum Auffangen des Gases).
3. Die erste Tablette teilen und die beiden Hälften nacheinander lösen mit der Vermutung, dass sich beim ersten Teil alles Gas löst und nichts über dem Wasser aufgefangen werden kann.
4. Zwei Tabletten zusammen unter die Öffnung des Glaszylinders bringen. Verbunden mit diesem Vorschlag ist die unspezifische Vermutung, dass man zum gleichen Ergebnis kommen müsste wie beim sukzessiven Lösen.
5. CO_2 aus einer Gasflasche oder aus einem Gasentwickler gleichmäßig durch reines Wasser in das Auffanggefäß einer pneumatischen Wanne perlen lassen.

Man kann eine experimentelle Überprüfung der Vorschläge durchführen lassen oder sie zunächst soweit diskutieren, dass ihr Bezug zur angenommenen Deutung erkennbar wird. Zielführend sind sowohl Vorschlag 2 wie auch Vorschlag 3.

Vorschlag 4 kann durch eine Modifikation zu einer eindrucksvollen Bestätigung der Lösungshypothese umgearbeitet werden. Zur Vorbereitung fordert man die Schüler auf, den Sachverhalt unter dynamischem Gesichtspunkt zu betrachten: Wie sollte sich die Menge des aufgefangenen Gases während der Versuchsdauer verändern?

Die Durchführung des Versuchs kann im Schüler-Demonstrationsversuch oder als Schülergruppenversuch erfolgen. Zu welchen Ergebnissen man dabei kommen kann, zeigt der **Kasten 2**.

An die unterschiedlichen Abschnitte des Graphen können Geraden angelegt werden, deren

Schnittpunkt eine relativ präzise Aussage über den Zeitpunkt der Sättigung der Flüssigkeit mit CO_2 erlaubt – genauso wie über das Ende der Gasentwicklung.

Spätestens an dieser Stelle bringen interessierte Schüler eine gravierende Kritik am gewählten Vorgehen an: Während des Lösens und der Gasentwicklung vermindert sich das Volumen des Wassers, durch das das gebildete Gas strömen muss. Dieser Umstand führt bei der zweiten Brausetablette zu einer Vergrößerung der Gasausbeute. Die Diskussion dieser Kritik lohnt in jedem Fall; zumindest kann man eventuell sinnvolle Veränderungen für ein Gedankenexperiment prüfen:

- Eine Vergrößerung des Zylinder- und damit des Wasservolumens hätte zur Folge, dass die Sättigung mit gelöstem Gas erst später eintritt. Im Extremfall (und auch bei der Verwendung eines unendlich großen Wasserreservoirs) würde gar keine Sättigung eintreten; bei Verdopplung der Wassermenge ist zu erwarten, dass die zweite Brausetablette etwa ebensoviel bzw. ebenso wenig Gas liefert wie die erste.
- Dass die schwindende Wassermenge tatsächlich das Ergebnis beeinflusst, belegt die Beobachtung, dass beim gemeinsamen Lösen von zwei Tabletten etwas mehr Gas aufgefangen werden kann, als beim sukzessiven Lösen: Ursache ist der Zeitbedarf für die Einstellung des Lösungsgleichgewichts.

Literatur

- Van der Veer, W./de Rijke, P.: Die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser – ein verblüffendes Experiment. In: Chemkon 1, 2, 1994, S. 83–84
- Stäudel, L./Werber, B./Freiman, T.: Lernbox: Naturwissenschaften verstehen & anwenden. 2002, S. 59 ff.)
- * Die Unterrichtsidee beruht u. a. auf mündlichen Mitteilungen von Wolfgang Münzinger, HeLP Weilburg

Eine Diskussion strukturieren: Regeln für den Austausch in der Gruppe

Wenn ihr einen Versuch ausgewertet oder etwas beobachtet habt, dann liegen euch Ergebnisse vor, die in den meisten Fällen Fragen aufwerfen: „Warum ist das so?“ „Wie kommt denn das?“ Oft gibt es in einer Gruppe verschiedene Vermutungen über die Zusammenhänge, die zu dem Versuchsergebnis geführt haben. Was eher zutrifft und was eher nicht, darüber lässt sich nicht abstimmen – darüber muss man diskutieren und die Argumente austauschen.

Diskussionsregel	Gründe, weshalb diese Regel hilft, eine gute Diskussion zu führen
<p>1. Beginne deinen Diskussionsbeitrag damit, dass du den zentralen Gedanken des Vorredners wiederholst. Beziehe dein neues Argument oder dein Gegenargument, möglichst direkt auf das, was dein Vorgänger gesagt hat.</p>	
<p>2. Kündige an, wenn du der Diskussion eine ganz neue Wendung geben willst. z. B.: „Ich möchte die Sache nun noch einmal von einer ganz anderen Seite betrachten...“.</p>	
<p>3. Wenn du an jemandes Meinung Kritik übst, bleibe immer sachlich und begründe deine Vorbehalte. z. B. „Ich kann mir nicht vorstellen, dass das zutrifft, weil...“</p>	
<p>4. Verzichte darauf, ein Argument in genau den gleichen Worten zu wiederholen. Wenn es beim zweiten Mal besser wirken soll, musst du es vermutlich anders formulieren.</p>	
<p>5. Wenn ihr nicht weiter kommt, wenn alle Argumente bloß gegeneinander stehen, dann schreibt sie auf. Versucht sie mit weiteren Stichworten zu begründen.</p>	
<p>6. Bestimmt einen Gesprächsleiter/eine Gesprächsleiterin, wenn es hoch her geht. Er oder sie erteilt das Wort und achtet auf Sachlichkeit.</p>	

AUFGABEN

- ▶ Lest euch die Regeln durch und besprecht, welchen Nutzen sie für die Diskussion haben könnten.
- ▶ Entscheidet, welche der Regeln ihr für eure Diskussion einhalten wollt.
- ▶ Ergänzt eventuell weitere Regeln.

Versuchsergebnisse auswerten: eine Deutung beginnen

Als es vor mehr als 100 Jahren gelang, Wasser mittels Elektrizität zu zerlegen und aus dem gebildeten Wasserstoff und Sauerstoff anschließend wieder Wasserdampf herzustellen, stießen die Forscher auf ein merkwürdiges Phänomen: Aus zwei Teilen Wasserdampf wurden drei Teile Gas, und umgekehrt bildeten sich aus zwei Teilen Wasserstoff und einem Teil Sauerstoff immer nur zwei Teile Wasserdampf.

Was man damals auch schon wusste oder zumindest ahnte, war die Tatsache, dass Gase, unabhängig von ihrer Art, immer das gleiche Volumen einnehmen. Wenn Wasser also vermutlich aus zwei Teilen Wasserstoff und einem Teil Sauerstoff "zusammengesetzt" war, warum ist dann

$$2 + 1 = 2$$

Dieses Rätsel beschäftigte die Forscher eine lange Zeit, bis jemand eine glänzende Idee hatte und die Versuchsergebnisse neu deutete:

Wenn Wasserstoff und Sauerstoff selbst zusammengesetzte Gase wären, dann konnte die Gleichung aufgehen:



Versuche einmal nachzuvollziehen, was die Naturforscher machten, als sie sahen, dass aus ihren Versuchen zur Wasseranalyse und -synthese immer nur mathematischer Unsinn herauskam: Spontan fiel ihnen keine Erklärung ein. Was sie schließlich auf die richtige Lösung gebracht hat, wissen wir leider nicht.

Aber wenn du vor dem Problem stehst, eine Deutung für Ergebnisse oder Beobachtungen zu finden, kannst du als erstes nach ähnlichen Beispielen suchen, die du schon kennst und für die es bereits Erklärungen gibt. Dabei kannst du hoffen, dass ein solcher Vergleich dir Hinweise geben könnte, in welche Richtung du weiter denken sollst.

Das Zurückgreifen auf ähnliche Phänomene und ihre bekannte Deutung ist eine typische Herangehensweise bei der Interpretation von neuen Befunden. Dabei wird eine unbekannte Erscheinung gewissermaßen in Beziehung gesetzt zu einer bekannten. Und es wird überlegt, ob die zugehörige Deutung auch auf den aktuellen Sachverhalt anwendbar ist oder wie man sie verändern müsste.

AUFGABEN

- ▶ Schreibe auf, wie du zu deiner Deutung des Brausetablettenversuchs gekommen bist. In welche Richtungen gingen deine Gedanken? Hast du auch Vergleiche gezogen oder bist du ganz anders vorgegangen?

Die Lösungshypothese überprüfen

Um zu überprüfen, ob eine Interpretation zutreffend ist, müssen weitergehende Überlegungen angestellt werden. Man arbeitet sozusagen zuerst einmal mit einer „geliehenen“ Hypothese, die nun auf ihren Wahrheitsgehalt überprüft werden muss.

AUFGABEN

- ▶ Notiere noch einmal eure gemeinsame Hypothese zur Interpretation des Brausetablettenversuchs:

- ▶ Überlege dir einen Versuchsaufbau, mit dem du diese Hypothese zumindest teilweise überprüfen könntest. Du solltest folgendermaßen denken: „Wenn ich das und das tue, sollte das und das herauskommen, wenn unsere Hypothese richtig ist.“ Welche Geräte benötigst du?

IMPRESSUM

Reinders Duit/Harald Gropengießer/Lutz Stäudel

Naturwissenschaftliches Arbeiten

Unterricht und Material 5-10

2. Auflage 2007

© Erhard Friedrich Verlag GmbH,
30926 Seelze-Velber

Redaktion

Dr. Stefanie Krawczyk
Anne Meyhöfer

Realisation

Beate Franck-Gabay/André Klemm,
Friedrich Medien-Gestaltung

Verlag

Erhard Friedrich Verlag GmbH
Im Brande 17, 30926 Seelze-Velber

Druck

Jütte-Messedruck Leipzig GmbH, Printed in Germany

Vertrieb

Friedrich Leserservice
Postfach 10 01 50, D-30917 Seelze
Telefon 0511/40 00 4-0
Telefax 0511/40 00 4-219
leserservice@friedrich-verlag.de

Bestell-Nr. 92366

Beiträge sind urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten.
Die als Material bezeichneten Unterrichtsmittel dürfen bis zur
Klassen- bzw. Kursstärke vervielfältigt werden.

Besuchen Sie uns im Internet unter www.friedrichonline.de

Inhalt

REINDERS DUIT, HARALD GROPEGIEBER, LUTZ STÄUDEL

Naturwissenschaftliches Arbeiten

Eine Einführung

4

LUTZ STÄUDEL

Die Spinnennetz-Methode

Analyse naturwissenschaftlicher Arbeitsformen im Unterricht

9

1. BEOBACHTEN UND MESSEN _____ 10

JÖRG ZABEL

Was tut das Tier?

Beobachten und Deuten lernen anhand von Verhaltensprotokollen

Biologie ab Klasse 7

12

ELKE PETER

Der Öfläschchen-Versuch

Beobachtungen formulieren und kritisch bewerten

Chemie ab Klasse 8

18

GERMAN HACKER

1 Milka – eine vorläufige Einheit der Kraft

Zum Messen in den Naturwissenschaften

Physik ab Klasse 8

24

2. VERGLEICHEN UND ORDNEN _____ 30

LUTZ STÄUDEL

Der Gelbe Sack

Vergleichen und Klassifizieren anhand abstrakter Eigenschaften

Chemie ab Klasse 8

32

MARCUS HAMMANN

Tiere ordnen

Ein Methodentraining zum kriteriengeleiteten Vergleichen

Biologie Klasse 5

38

GUNNAR FRIEGE

Stromkreise „sortieren“

Vergleichen, Kategorien entwickeln und Ordnen im Physikunterricht

Physik ab Klasse 9

47

3. ERKUNDEN UND EXPERIMENTIEREN _____ 52

MARTIN STAMME, LUTZ STÄUDEL

Die Zustandsformen des Wassers

Erfahrungen rekonstruieren durch Experimentieren

Chemie ab Klasse 6

54

ROLF HEROLD, SIEGFRIED BUREK, STEPHAN SPÄTH

Heimversuche

Gelegenheiten für eigenständiges Experimentieren

Physik ab Klasse 8

60

ELKE PETER

Was brauchen Kressesamen zum Keimen?

Experimente als Schiedsrichter

Biologie ab Klasse 5

64

4. VERMUTEN UND PRÜFEN _____ 70

TANJA RIEMEIER

Alpenveilchen in der Tinte

Vorhersagen prüfen durch Versuche

Biologie ab Klasse 7

72

HARALD GROPENIEBER, DIRK KRÜGER

Hautatmung beim Menschen

Einem kleinen Versuch naturwissenschaftlichen Geist einhauchen

Biologie ab Klasse 7

78

GUNNAR FRIEGE, KLAUS MIE

Elektrische Black-Boxen

Hypothesen bilden und prüfen

Physik ab Klasse 9

82

5. DISKUTIEREN UND INTERPRETIEREN

88

LUTZ STÄUDEL

Gasentwicklung von Brausetabletten

Versuchsergebnisse deuten und eine Lösungshypothese entwickeln

Chemie/Biologie
ab Klasse 9

90

SANDRA FRIEDRICH, WOLFGANG RUPPERT

Leben aus der Uruppe

Einen Zeitungsartikel aus naturwissenschaftlicher Perspektive lesen

Chemie/Biologie
ab Klasse 8

97

MICHAEL KOMOREK, REINDERS DUIT, HELGA STADLER

Ein chaotisches System erklären

Von Beobachtungen und Vermutungen zum
Argumentieren und Interpretieren

Physik ab Klasse 9

100

6. MODELLIEREN UND MATHEMATISIEREN

104

JÖRG ZABEL

Wie funktioniert die Bauchatmung?

Funktionsmodelle veranschaulichen Prozesse

Biologie ab Klasse 7

106

DOMINIK LEIB

Die Wanne ist voll, juchuhu ...

Von der Analyse eines Funktionsgraphen zur Interpretation

Alle Fächer
ab Klasse 8

113

LUTZ STÄUDEL

Wie lässt sich der Grundumsatz des menschlichen Körpers messen?

Modellierung eines (dynamischen) Systems mit Hilfe
einer Reaktionsgleichung

Chemie/Biologie
ab Klasse 9

116

SILKE MIKELSKIS-SEIFERT, ANTJE LEISNER

Lernen über Teilchenmodelle

Das Denken in Modellen fördern

Physik ab Klasse 8

122

7. RECHERCHIEREN UND KOMMUNIZIEREN

128

JORGE GROB

Lichtintensität und Pupillenweite

Wie entsteht aus Messdaten eine aussagefähige Grafik?

Biologie ab Klasse 9

130

SINUS NATURWISSENSCHAFTEN HESSEN

Lautes Denken

Beim Sprechen die Gedanken klären

Chemie ab Klasse 7

138

AUSBlick

LUTZ STÄUDEL

Unterrichtsentwicklung in der Fachgruppe

Praktische Hinweise für die Fachgruppen-Diskussion

142