

In Standardsituationen des Unterrichts das Wesen der Naturwissenschaften erkennen

Von Lutz Stäudel, Peter Pfeifer und Katrin Sommer

Implizit erfahren, was die Natur der Naturwissenschaften ausmacht, können Schülerinnen und Schüler auch in Zusammenhängen, wo das gezielte naturwissenschaftliche Arbeiten im Zentrum steht. In solcher Absicht werden in diesem Teil des Heftes drei Aspekte naturwissenschaftlichen Arbeitens entfaltet, zunächst betreffend ihres Potenzials, das sie für ein Verständnis der Naturwissenschaft besitzen, dann jeweils konkretisiert an einem unterrichtsprak-

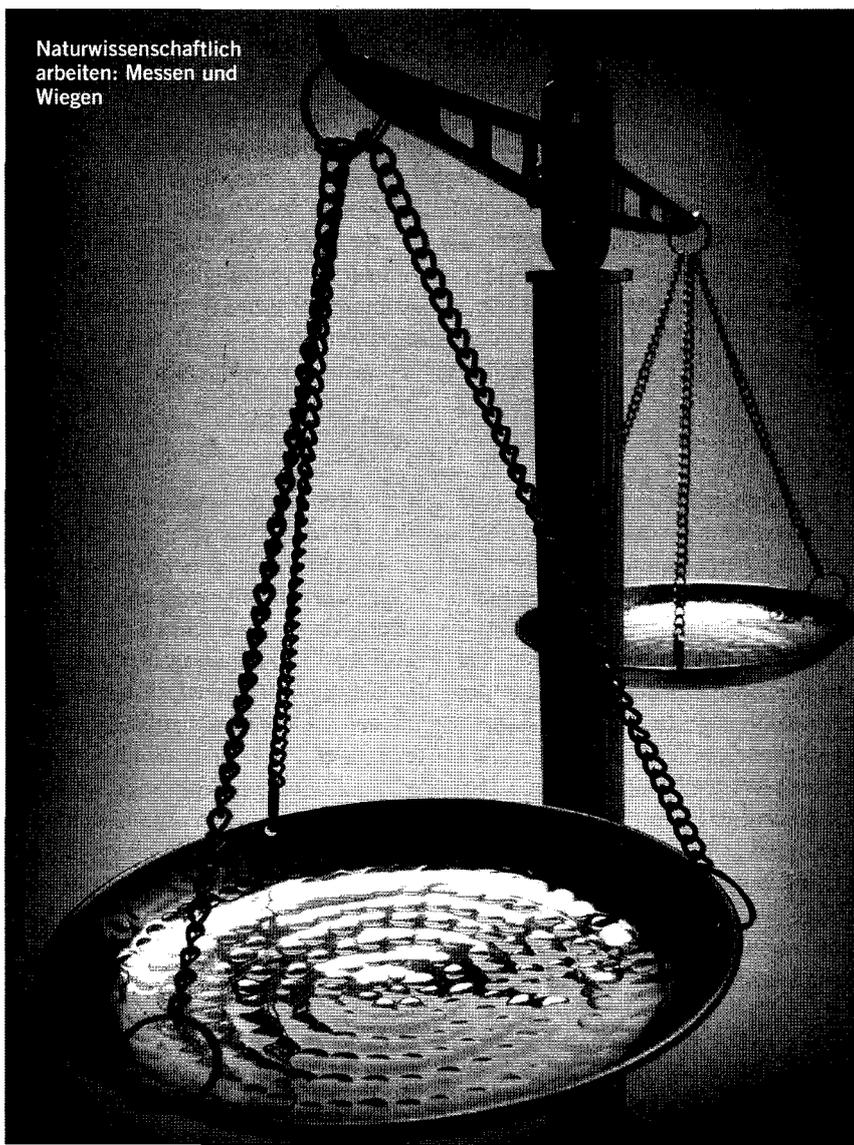
tischen Beispiel: Es handelt sich um das Messen und Wiegen, die Bedeutung von Blindproben sowie das Interpretieren von Daten und das Infragestellen von Phänomenen. Über die Naturwissenschaften lernen können die Schüler dabei allerdings nur dann, wenn das Vorgehen ausdrücklich thematisiert und reflektiert wird. Die Beispiele sind insofern auch Aufforderung an die Lehrkräfte, diese Reflektion anzustoßen und nach Kräften zu unterstützen

A. Messen und Wiegen

Das Messen von Größen, die Quantifizierung von Eigenschaften, ist ein Wesensmerkmal der Naturwissenschaften von Anfang an. Nicht zufällig heißt ein Bestseller der letzten Jahre, der sich mit der Ver(natur)wissenschaftlichung der Gesellschaft auseinandersetzt „Die Vermessung der Welt“ [1]. Demgegenüber spielt das Messen im Chemieunterricht der Mittelstufe keine besondere Rolle: Gemessen werden gelegentlich die Temperatur bzw. deren Veränderung, ein pH-Wert oder das elektrochemische Potenzial von Galvanischen Zellen.

An den genannten Beispielen, bei denen es um die Feststellung der Ausprägung einer Qualität geht – höhere oder niedrigere Temperatur, größere oder kleinere Konzentration einer Säure bzw. von Ionen in Lösung – kann aber zumindest ein Aspekt des wissenschaftlichen Messens thematisiert und auch erfahrbar gemacht werden, nämlich die Frage des „wahren Wertes“. So ist die Temperatur einer Lösung nur im ideal homogenen Fall eindeutig bestimmbar; die Messung von pH-Werten ist nur bei vergleichsweise hohen Ionenkonzentrationen stabil, bei niedrigen bedeutet jede Messung einen merklichen Eingriff und die Veränderung der Ergebnisse (auch pH-Papier „verbraucht“ Portionen der untersuchten Säure oder Lauge); bei Messungen an kombinierten Halbzellen schließlich lassen sich weitere Einflussfaktoren ausmachen, kontrollierbare wie Größe der Oberflächen und weniger gut kontrollierbare wie die Oberflächenbeschaffenheit von Elektroden, innere Widerstände, Überspannungen usw.

Komplizierter ist die Situation beim Messen anderer Art, nämlich beim Bestimmen von Massen. Aufforderungen



Naturwissenschaftlich arbeiten: Messen und Wiegen

Identifizierung eines metallischen Werkstoffes

Der Bleistiftspitzer als Untersuchungsobjekt

Mit der Frage nach dem Metall, aus dem ein Bleistiftspitzer besteht (Analysen ergaben einen Magnesiumanteil des Bleistiftspitzers von 98 Prozent [2]), ist eine typisch naturwissenschaftliche Situation gegeben, in der die Schüler planvoll vorgehen müssen [2, 3]. Je nach den Gegebenheiten (Leistungsfähigkeit der Schüler, Vorwissen, Unterrichtsform, etc.) werden sie dabei von der Lehrperson unterstützt. Als zentraler Begriff, auf den die durchzuführenden Messungen ausgerichtet sind, muss die Dichte als Quotient von Masse durch Volumen „ins Spiel gebracht werden“. Die damit verbundene mathematische Kompetenz ist das Rechnen mit Dezimalbrüchen – ein klassisches Thema der 6. Jahrgangsstufe.

Wie aus der Größengleichung

$$\text{Dichte} = \text{Masse/Volumen [g/cm}^3\text{]}$$

ersichtlich, müssen Masse und Volumen des Metallblöckchens ermittelt und die Werte in die Gleichung eingesetzt werden. Es geht also um die zuverlässige Ermittlung von Messwerten als Voraussetzung für eine mathematische Operation.

Bereits hier öffnet sich ein Feld methodischen Handelns vom sorgfältigen Nacharbeiten einer Vorschrift bis hin zu Überlegungen zur Messmethodik und Messgenauigkeit. Letzterer Anspruch kann z. B. im Anschluss an die Dichteberechnung aufgegriffen werden, wenn deutlich wird, dass der Nenner des Bruches großen Einfluss auf den ermittelten Wert für die Dichte hat. Diese Einsicht wiederum führt dazu, dass es nicht mit einer Einzelmessung sein Bewenden haben darf, sondern dass eine Messreihe erforderlich ist – samt Auseinandersetzung mit den Begriffen „Mittelwert“ und „Ausreißer“. Das methodische Arrangement dazu hängt ganz entscheidend ab von der didaktischen Zielsetzung dieser Unterrichtseinheit in enger Beziehung zu Jahrgangsstufe und Anspruch.

Durchführung der Messungen zur Dichtebestimmung

Die Masse des Bleistiftspitzers kann bequem mit einer einfachen oberhalbigen Laborwaage (Messgenauigkeit: 0,1 g) durchgeführt werden. (**Hinweis:** Die Klinge des Spitzers muss zuvor entfernt werden, da sie aus Stahl besteht.) Das Volumen des Bleistiftspitzers wird am einfachsten durch Wasserverdrängung in einem Messzylinder bestimmt (**Arbeitsblatt 1**). Dieses Messverfahren ist jedoch in folgender Hinsicht diskussionswürdig:

- Die Ablesegenauigkeit am Messzylinder wird beeinflusst durch dessen Durchmesser.
- Die Ablesetechnik (Berücksichtigung des Meniskus der Wasseroberfläche).
- Die Messungen sollten mit mindestens 5 Bleistiftspitzern durchgeführt werden.
- Der Messwert für das Volumen sollte auf 0,5 ml genau angegeben werden.

Alternative Methoden zur Ermittlung des Metalls

Da die Volumenbestimmung durch Wasserverdrängung zu größeren Fehlern führen kann, sei als Alternative die Volumenbestimmung mit Hilfe des Auftriebs erwähnt. Unter Auftrieb versteht man den scheinbaren Gewichtsverlust, den ein Körper beim Eintauchen in eine Flüssigkeit (oder Gas) erfährt. Nach dem Archimedes'schen Gesetz hat der Auftrieb den gleichen Betrag wie das Gewicht der vom Körper (hier: Metallblöckchen) verdrängten Flüssigkeit. Dieser Zusammenhang erlaubt die Umrechnung des Auftriebswertes in das Volumen des verdrängten Wassers. Alternativ kann die komplexometrische Bestimmung von Magnesium herangezogen werden, die jedoch ausschließlich eine Methode in der gymnasialen Oberstufe ist [4].

zum Wiegen im Unterricht sind in der Regel mit rezeptartigen Versuchsvorschriften verknüpft – „*Wiege 5 g der Substanz X ab und löse sie ...*“ –, ganz ähnlich übrigens wie bei den meisten Anwendungen der Waage in der Küche, im verarbeitendem Gewerbe oder auch in der Apotheke. Substanzportionen werden vorbereitet: Zutaten fürs Backen, der Inhalt eines gefüllten Sacks oder Rezepturen für ein Medikament. In Bezug auf die Natur dieses Tuns kann allenfalls über Genauigkeit und Reproduzierbarkeit nachgedacht werden, daneben über die Wahl geeigneter Instrumente, über mögliche Fehler und deren Abschätzung.

Ganz anders in der Geschichte der Chemie, ebenso wie in der Forschungspraxis. Historisch betrachtet spielte das Wiegen gleich in mehrfacher Weise eine Rolle, und zwar immer dann, wenn Ergebnisse von Massenbestimmungen miteinander oder mit anderen Messungen ins Verhältnis gesetzt worden sind. So war die quantitative Analyse, die analysierende Wägung von Verbindungsbestandteilen, Basis für die Formulierung der chemischen Grundgesetze von den konstanten und multiplen Proportionen. Ähnlich wurden so zahlreiche zuvor unbekannte Elemente identifiziert und nicht zuletzt war die Elementaranalyse

Grundlage für die Strukturaufklärung in der organischen Chemie.

Interessant dabei ist, dass durch das „Ins-Verhältnis-Setzen“ von zwei zunächst quantifizierenden Messungen eine qualitative Aussage entsteht. Hier liegen auch die Wurzeln einer spezifischen naturwissenschaftlichen Betrachtungsweise: Das erste überlieferte Beispiel stammt von Archimedes, der Masse und Volumen ins Verhältnis setzte und so entscheiden konnte, ob das Metall der ihm zur Untersuchung anvertrauten Krone tatsächlich die Qualität von Gold aufwies – oder eben nicht. Grundlage hierfür war neben einer bereits entwi-

Dichtebestimmung durch Wägen und Wasserverdrängung

▼ SACHINFORMATION

Das Verhältnis der Masse eines Körpers zu seinem Volumen bezeichnet man als Dichte. Dichte = Masse/Volumen [g/cm^3]
Das Volumen eines unregelmäßig geformten Körpers (wie z. B. eines Anspitzers) kannst du bestimmen, indem du misst, wie viel Wasser dieser Körper verdrängt.

▼ MATERIAL

Bleistiftspitzer mit Metallblöckchen, Messer, Waage, Messzylinder (50 ml)

▼ DURCHFÜHRUNG

Führe folgende Aufgaben aus:

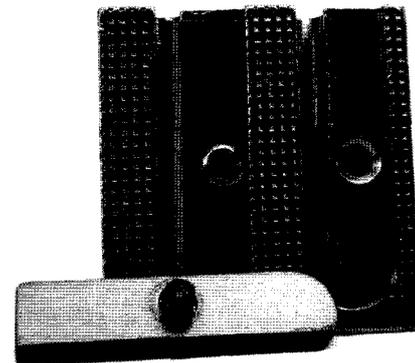
- Entferne die Klinge des Spitzers.
- Wiege den Spitzer auf eine Stelle hinter dem Komma genau.
- Fülle den Messzylinder genau auf 30 ml auf.
- Gib den Spitzer vorsichtig in den Messzylinder. Lies das Volumen des Wassers erneut ab und berechne die Volumenzunahme. Das Volumen des Anspitzers entspricht der Volumenzunahme des Wassers.
- Wiederhole die Messung mehrmals.

▼ BEOBACHTUNG

Nr.	Masse [g]	Volumen [ml]	Dichte [g/cm^3]
1			
2			
3			
4			
Mittelwert			

▼ AUSWERTUNG

Recherchiere die Dichte verschiedener Metalle. Um welches Metall handelt es sich bei dem Bleistiftspitzer? Begründe.



ckelten Mess- und Wägetechnik die Überzeugung, dass Stoffe unveränderbare Eigenschaften besitzen und durch diese charakterisierbar sind. Durchs ganze Mittelalter hindurch wurden in ähnlicher Weise Erze wiegend untersucht, um so den Gehalt an gewinnbarem Metall zu ermitteln – lange bevor verstanden war, in welchem (chemischen) Verhältnis Metalle und ihre oxidischen oder sulfidischen Erze zueinander standen.

Und die Praxis

Will man Schülerinnen und Schülern einen Begriff davon ermöglichen, was das Messen und Wiegen für die Natur-

wissenschaften und hier insbesondere die Chemie bedeuteten, dann muss man zum einen entsprechende Situationen schaffen, die den handelnden Umgang mit „Mess“-Geräten ermöglichen, zum anderen muss man sie erfahren lassen, wie die so ermittelten Größen Aufschluss geben können über Fragestellungen, die ihre Lebenswelt ebenso betreffen wie sie charakteristisch sind für das „Wesen“ naturwissenschaftlicher – chemischer – Betrachtungen und einem entsprechenden Umgang mit Stoffen.

Der dargestellte Vorschlag – die Identifizierung des Metalls, aus dem ein Bleistiftspitzer gemacht ist –, stellt

ein mögliches Beispiel dar, dies ohne großen Aufwand zu realisieren. Je nach Jahrgangsstufe eignet sich das Problem für den Anfangsunterricht oder, mit dem Ziel, das Vorgehen vertieft zu reflektieren, auch für den Unterricht in der Oberstufe.

Literatur

- [1] Kehlmann, D.: Die Vermessung der Welt. Reinbek 2005
- [2] Pfeifer, P.; Horn, M.: Quantitative Schulversuche mit einer Magnesiumlegierung aus dem Alltag. In NiU-Chemie 5(1994) Nr. 25, S. 18–21
- [3] Pfeifer, P.: In: Bader, H. J.; Janssen, W.; Weisshorn, R. (Hrsg.): Handbuch der experimentellen Schulchemie. Bd. 2, Aulis, Köln 2002, S. 97–107

B. Blindproben richtig einsetzen

Die Blindprobe [1] wird im einfachsten Fall als Nachweisreaktion ohne Beteiligung der zu analysierenden Probe zum Zwecke der Reinheitsprüfung der Reagenzien durchgeführt [2]. Bei Jander/Blasius findet man eine differenziertere Betrachtungsweise: „Um eindeutige Nachweise zu erhalten, sind möglichst saubere (p. a.) Substanzen zu verwenden. Bestehen Zweifel an der Reinheit, führe man vorerst Vergleichsproben bzw. Blindproben durch.“ [3]. Sie dienen

- zur Erarbeitung des methodischen Vorgehens bei der Nachweisreaktion.
- zur Überprüfung der Reinheit der zur Analyse benutzten Chemikalien.
- beim negativen Verlauf eines Nachweises zur Kontrolle der Wirksamkeit der Reagenzien sowie zur Überprüfung, ob der nachzuweisende Stoff in der Probelösung tatsächlich fehlt [4].

1.) Die Blindprobe dient zur Erarbeitung des methodischen Vorgehens bei der Nachweisreaktion.

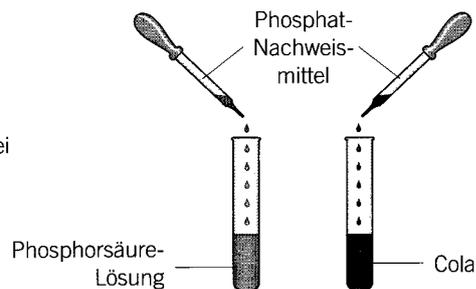
Wenn zum ersten Mal mit einer bestimmten Arbeitstechnik ein Stoff nachgewiesen werden soll, so führt man den Nachweis zunächst mit dem Reinstoff selbst durch. Dann weiß man, ob das *Nachweismittel* richtig gewählt ist, *wie der Nachweis durchgeführt* werden muss und *welche Beobachtung bei einem positiven Verlauf* des Nachweises gemacht bzw. erwartet werden kann.

Beispielsweise könnte der Frage nachgegangen werden, ob Phosphorsäure in Cola enthalten ist. Zur Lösung wird zunächst eine Blindprobe durchgeführt, so dass man weiß, dass der gelbe Niederschlag nach Zugabe von Phosphat-Reagenz das Vorhandensein von Phosphationen in der Probe anzeigt. Ein gelber Niederschlag allein bei der Reaktion von Cola und Phosphat-Nachweisreagenz hätte ohne eine Blindprobe keine Aussagekraft!

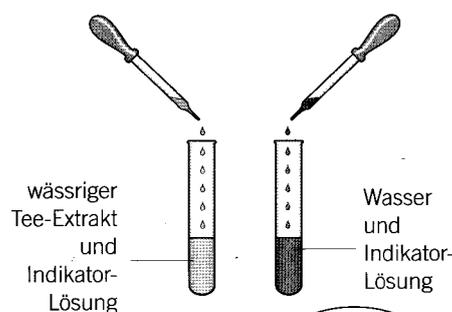
Ein weiteres Beispiel (Untersuchung von Koch- und Diätsalz) ist in [1] zu finden. Auf diese Weise erkennen die Schülerinnen und Schüler, dass Blindproben einerseits dazu notwendig sind, einen Nachweis kennen zu lernen und andererseits dazu dienen, eine Vermutung experimentell mit der entsprechenden Substanz zu überprüfen.

Blindprobe

1 Wie wird der Nachweis durchgeführt? Was kann bei einem positiven Verlauf beobachtet werden?



2. Sind die benutzten Stoffe rein?



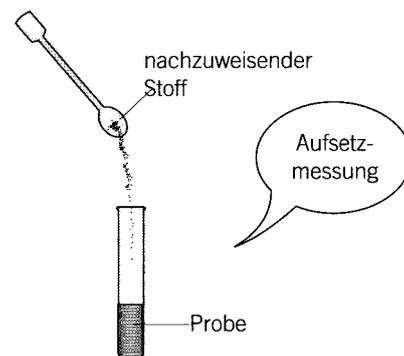
3. Der Nachweis in der Probe verläuft negativ.

a) Sind die Nachweismittel noch funktionstüchtig?



Auch heute noch funktionstüchtig?

b) Ist der nachzuweisende Stoff nicht in der Probe?



1 | Funktion der Blindprobe (aus [4])

2.) Die Blindprobe dient zur Überprüfung der Reinheit der zur Analyse benutzten Chemikalien.

Bei der Bearbeitung der Frage „Können Teesorten verschieden stark sauer sein?“ (vgl. **Versuch 1**) dient eine Blindprobe mit Wasser als Vergleichsprobe, um den Säuregehalt verschiedener Teesorten zu ermitteln.

Bei dieser Blindprobe wird der Versuch ohne den zu untersuchenden Stoff – nämlich den Tee – wiederholt. Das Wasser wird also *ohne* einen Teebeutel abgekocht, mit dest. Wasser und

Bromthymolblau-Lösung versetzt und anschließend mit Natronlauge titriert. So kann festgestellt werden, wie rein die Chemikalie – konkret das Wasser – ist. Ist die Chemikalie (Wasser) rein, muss der Nachweis auf den nachzuweisenden Stoff (hier: Säure im Tee) *negativ* verlaufen. Bereits ein Tropfen Natronlauge sollte zu einem Farbumschlag führen. Das verwendete (dest.) Wasser kann allerdings leicht sauer sein, sodass doch einige Tropfen Natronlauge für die Neutralisation nötig sind. Es sei angemerkt, dass dieser Experimentalbefund eine Diskus-

Die Chronologie der „Phantom-Mörderin“ von Heilbronn

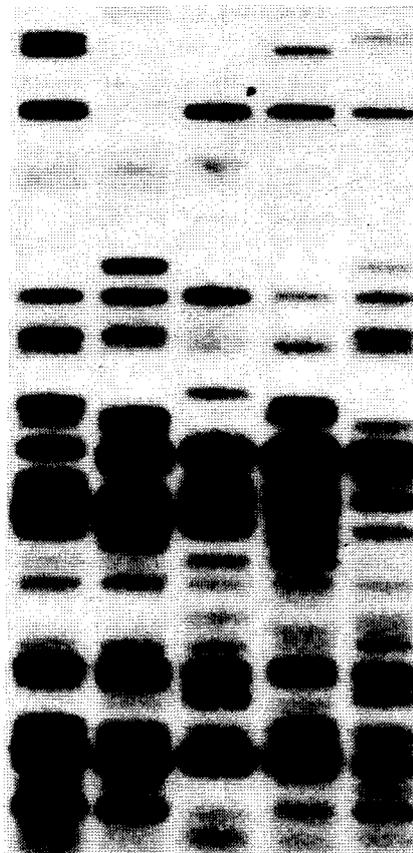
28.03.2008 | „Es muss eine Frau sein, zumindest soviel steht fest. Seit 15 Jahren treibt eine Mörderin im In- und Ausland ihr Unwesen. An mehreren schweren Verbrechen war sie nachweislich beteiligt. ... Die Frau steht auch im Verdacht, an dem Mord an einer 22 Jahre alten Polizistin in Heilbronn im April 2007 beteiligt gewesen zu sein.“ [6]

14.01.2009 | „Nachdem die Belohnung auf 300 000 Euro erhöht worden ist, sind bei der Polizei neue Hinweise auf die „Phantommörderin“ eingegangen. ... Die „Phantommörderin“ hinterließ ihren genetischen Fingerabdruck rund 40 Mal in Deutschland, Frankreich und Österreich.“ [7]

25.03.2009 | „Das von der Polizei fieberhaft gesuchte „Phantom von Heilbronn“, dem mehrere Morde angelastet werden, hat es vielleicht nie gegeben. Das baden-württembergische Landeskriminalamt (LKA) in Stuttgart untersucht ..., ob Wattestäbchen, mit denen Spuren an Tatorten gesichert wurden, schon vorher mit DNA verunreinigt waren. ... Im Kriminaltechnischen Institut des LKA seien mehrere hundert unbenutzte Wattestäbchen als sogenannte Leerproben untersucht worden. „Diese Untersuchungen verliefen ohne Ergebnis und ergaben keinen Hinweis auf Fremdkontaminationen“, heißt es in der Mitteilung weiter. Dieser Hypothese wird nach Angaben der Staatsanwaltschaft in Heilbronn seit Februar aber verstärkt nachgegangen. Anlass seien „verschiedene DNA-Treffer der „Unbekannten weiblichen Person“ (UwP) im Zusammenhang mit Sachverhalten, die aus kriminalistischer Sicht nicht mehr plausibel waren.“ ... Die Wattestäbchen, die zur Sicherung von DNA-Spuren verwendet werden, sind nach stern.de zwar ordnungsgemäß sterilisiert gewesen, aber Verunreinigungen durch menschliche Körperzellen – etwa aus Hautresten, Schweiß und anderen Sekreten – überleben nach Auskunft von Experten eine solche Maßnahme. Nach stern.de-Informationen sollen inzwischen Packerinnen eines norddeutschen Unternehmens für Medizinalbedarf Speichelproben abgegeben haben, um ihr DNA-Profil mit dem des „Phantoms“ abgleichen zu können.“ [8]

27.03.2009 | „Der Fall des „Phantoms von Heilbronn“ ist gelöst: Die Kriminelle, der Ermittler seit Jahren nachjagen, hat nachweislich nie existiert. Die an 40 Tatorten sichergestellte DNA-Spur stammt von einer Arbeiterin eines Verpackungsbetriebs in Bayern.“ [9]

„Am Donnerstag seien bei der Untersuchung von 96 unbenutzten Wattestäbchen sieben mit einer kleinen DNA-Verunreinigung festgestellt worden. ... Darunter befand sich dann ein genetischer Fingerabdruck, der mit dem des angeblichen Phantoms übereinstimmte. Die Möglichkeit einer Verunreinigung der Untersuchungsmaterialien wurde ... von Anfang an in Betracht gezogen. Ganz konkrete Hinweise habe es von österreichischen Ermittlern erst am 18. März gegeben. Daraufhin sei die Polizei sehr schnell auf die Firma in Bayern zugegangen und habe Speichelproben von allen Mitarbeitern genommen. Bei der bayrischen Firma handelt es sich „nicht nur um eine Verpackungsfirma, sondern auch um eine Firma für Medizinalbedarf.“ ... Die Polizei muss nun in mehreren Mordfällen, in denen die DNA der vermeintlichen Phantom-Mörderin gefunden wurde, die Ermittlungen wieder auf Anfang stellen.“ [10]



Genetischer Fingerabdruck

sion in der Klasse wert ist. Die Reinheit der Chemikalien beeinflusst damit das Untersuchungsergebnis. Man ermittelt die Differenz aus Probenergebnis und Blindprobenergebnis. Diese Differenz gibt den tatsächlichen Gehalt des nachzuweisenden Stoffes in der Probe an.

Das Erkennen und Ausschließen von Störgrößen spielt eine wichtige Rolle für ein verlässliches Versuchsergebnis. Deshalb wird in [5] die Durchführung eines Kontrollexperimentes empfohlen, bei dem die Störgrößen ausgeschlossen werden. Fällt eine Nachweisreaktion

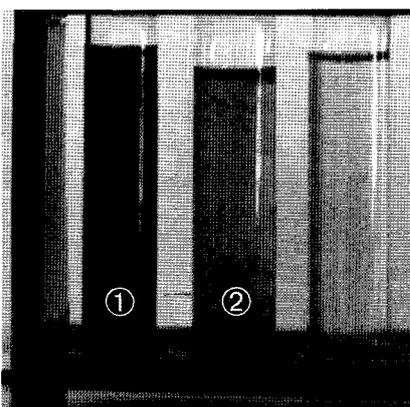
sehr schwach aus, dann sollte auf jeden Fall auch eine Blindprobe in diesem Sinne durchgeführt werden. Dabei wird ermittelt, ob nicht schon die verwendeten Reagenzien und Lösungsmittel diesen positiven Verlauf der Nachweisreaktion verursachen.

Bestimmung des Säuregehalts verschiedener Teesorten [4]

Man gibt einen Teebeutel (z. B. Hibiskus, Hagebutte, Grüner Tee) in ein Becherglas und übergießt mit 200 ml kochendem Wasser. Dann lässt man den Tee 5 min ziehen, entfernt dann den Teebeutel und lässt den Tee bis zum Erkalten stehen (durch Eisbad beschleunigen).

Man gibt mit der Vollpipette je 10 ml Tee in einen Erlenmeyerkolben, verdünnt mit 140 ml destilliertem Wasser

und versetzt die Lösung mit Bromthymolblau-Lösung, so dass eine deutliche Färbung sichtbar ist. Man titriert nun die saure Lösung mit Natronlauge ($c = 0,01 \text{ mol/l}$), bis die Farbe der Lösung deutliche Grünanteile aufweist. Zusätzlich führt man eine Blindprobe nur mit dem abgekochtem Wasser durch.



2 | In den Reagenzgläsern 1 und 2 lassen sich Aluminiumionen nachweisen (Rot- bzw. Orangefärbung; s. auch www.unterricht-chemie.de)

3.) Der Nachweis auf einen Stoff in der Probe verläuft negativ!

Für diese Beobachtung können zwei Ursachen verantwortlich sein.

a) Manche Nachweismittel können „funktionsuntüchtig“ werden, z. B. wenn sie zu „alt“, also nicht frisch hergestellt, sind. Dies gilt beispielsweise für Kalkwasser zum Nachweis von Kohlenstoffdioxid. Die Folge ist, dass der Nachweis negativ verläuft, obwohl der nachzuweisende Stoff in der Probe enthalten ist. Die Funktionstüchtigkeit des Nachweismittels muss immer überprüft werden: Das Nachweismittel selbst steht auf dem Prüfstand. Dazu wird der Nachweis wie gelernt durchgeführt, als Probe aber der Reinstoff eingesetzt. Damit ist sichergestellt, dass in der „Probe“ auch tatsächlich der Stoff enthalten ist, der mit dem Nachweismittel nachgewiesen werden soll. Verläuft der Nachweis nun negativ, liegt dies am Nachweismittel und es sollte ausgetauscht werden.

b) Auch wenn die Funktionstüchtigkeit des Nachweismittels gesichert ist, kann es dazu kommen, dass der Nachweis nicht eindeutig genug ausfällt. Dann

kann man eine *Aufsetzmessung* durchführen: Man gibt in die Probe zusätzlich etwas von dem nachzuweisenden Stoff, so dass der Nachweis nun positiv verlaufen müsste. Wenn der Nachweis tatsächlich positiv ausfällt, ist der gewählte Nachweis „richtig“. Es lässt sich schlussfolgern, dass *entweder* der Stoff tatsächlich nicht in der Probe enthalten *oder* die Konzentration des nachzuweisenden Stoffes in der Probe zu gering ist. Daraus ergeben sich zwei Aufgaben. Einerseits sollte ermittelt werden, bis zu welcher Konzentration der entsprechende Stoff mit der verwendeten Reaktion nachgewiesen werden kann (Stichwort: Konzentrationsgrenze). Andererseits sollte man gleichzeitig nach Nachweisreaktionen suchen, die möglicherweise empfindlicher sind und somit auch geringere Konzentrationen erfassen können. Nur wenn verschiedene Nachweisreaktionen mit der gleichen Probe negativ verliefen, kann man mit annähernder Sicherheit sagen, dass der „gesuchte“ Stoff nicht in der Probe enthalten ist.

Dass in vielen Fällen mehrere Funktionen der Blindprobe genutzt werden zeigt das Beispiel „Verbundverpackung“ (s. **Arbeitsblatt 1** und **Abb. 2**).

Ausblick

Die Blindprobe ist auf das Engste mit dem Erkenntnisweg verbunden, denn die experimentelle Überprüfung einer Hypothese setzt die Kenntnis von Fachmethoden voraus. Diese werden zunächst in Form von Blindproben erworben. Davon weiß jeder Chemiestudent aus dem Einführungspraktikum in die qualitative anorganische Chemie zu berichten. Ist die Fachmethode bekannt, so verkürzt sich der Erkenntnisweg bis hin zum Automatismus. Dieser ist gefragt,

wenn man als Fachmann ein Problem lösen möchte. Dies ist aber aus meiner Sicht kein Grund dafür, dass man im Chemieunterricht ein abgespecktes Chemiepraktikum integrieren muss. Viel wichtiger erscheint mir, dass man den Schülerinnen und Schülern zeigen muss, dass sie ein Problem ohne Kenntnis der Blindprobe nicht lösen können. Dann lässt sich Verständnis für die Thematik Blindprobe und deren Bedeutung besser herausarbeiten und verkommt nicht zum Automatismus. In der Schule ist es wichtig, dass die Schülerinnen und Schüler flexibel zwischen Blindprobe und Nachweis der Substanz in einem Produkt wechseln können. Bei Kenntnis der Blindprobe sollten die Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, einen Weg zum Nachweis in der Probe zu entwickeln und umgekehrt.

Literatur

- [1] Sommer, K.: Die Fachmethoden der Chemie. Praxis Schriftenreihe – Band 58. Aulis Verlag, Köln 2007, S. 54 ff.; Sommer, K.: Blindproben – Ein unverzichtbarer Schritt auf dem Weg zur Klarheit. In: UC 14 (2003) 76/77, S. 49–51
- [2] Römpps Chemielexikon. Band 1. 8. Aufl., Franckh'sche Verlagshandlung, Stuttgart 1979, S. 472
- [3] Jander, G.; Blasius, E.: Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie. 13. Auflage. S. Hirzel Verlag, Leipzig 1989, S. 125
- [4] Natürlich Chemie! NTG 9. H. Deisenberger, K. Sommer & M. Steffensky [Hrsg.]. C. C. Buchner, Bamberg 2008, S. 108
- [5] Stäudel, L.; Werber, B.; Freiman, T.: Lernbox Naturwissenschaften – verstehen & anwenden. Friedrich Verlag, Seelze 2002, S. 53
- [6] http://www.welt.de/vermischtes/article1848146/Polizei_jagt_die_Phantom_Moerderin.html
- [7] http://www.focus.de/panorama/vermischtes/phantommoerderin-belohnung-auf-300-000-euro-erhoeht_aid_362083.html
- [8] <http://www.sueddeutsche.de/politik/371/462983/text/>
- [9] <http://www.spiegel.de/panorama/justiz/0,1518,615969,00.html>
- [10] <http://www.stern.de/panorama/staatsanwaltschaft-bestaetigt-phantommoerderin-hat-nie-existiert-659403.html>

Worum handelt es sich bei dem nicht verbrannten Stoff?

▼ GERÄTE

5 Reagenzgläser, Reagenzglasständer, Reagenzglaszange, Messzylinder (10 ml), wasserfester Stift, Streichhölzer, Laborbrenner, 1 Pasteurpipette, Trichter, 2 Filterpapiere

▼ CHEMIKALIEN

Rest der Getränkeverbundverpackung (3 x 3 cm großes Stück Getränkeverbundverpackung wurde verbrannt), Haushalts-alufolie, Salzsäure ($c = 1 \text{ mol/l}$; Xi, reizend), Alizarin-Lösung ($w = 1\%$), Essigessenz ($w = 25\%$), Ammoniak-Lösung ($w = 10\%$; C, ätzend)

▼ DURCHFÜHRUNG (nach [11])

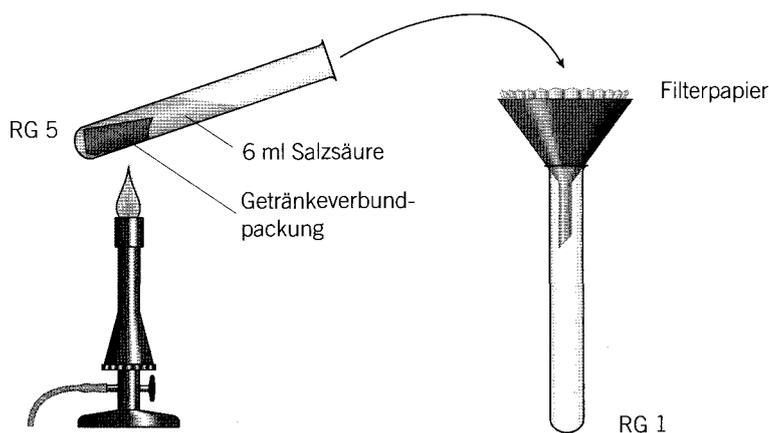
1. Bevor dieser Nachweis durchgeführt werden kann, müssen die Proben zunächst vorbereitet werden. Beschrifte hierzu 5 Reagenzgläser mit den Zahlen 1 bis 5.
2. Gib ein großes Stück des Restes der Getränkeverbundverpackung in das Reagenzglas 5. Da sich dieser Rest nicht in Wasser löst, nutzen wir zum Auflösen Salzsäure. Gib 6 ml Salzsäure hinzu.
3. Erwärme nun unter ständigem Schwenken die Mischung im Reagenzglas in der rauschenden Brennerflamme.
4. Einige Bestandteile des Restes lösen sich nicht auf. Filtriere die Lösung daher mit Hilfe eines Trichters und eines Filterpapiers in Reagenzglas 1.
5. Stelle das Reagenzglas in den Reagenzglasständer und lasse es dort abkühlen.
6. Bereite in der Zwischenzeit ein weiteres Reagenzglas (Reagenzglas 4) mit Haushaltsalufolie vor. Verfahre hierbei wie in den Schritten 2 und 3.
7. Filtriere die Lösung mit Hilfe eines Trichters und eines Filterpapiers in Reagenzglas 2.
8. Befülle Reagenzglas 3 mit 3 ml Salzsäure.
9. Gib als erstes in die Reagenzgläser 1, 2 und 3 fünf Tropfen Alizarin-Lösung (Nachweismittel).
10. Gib nun 3 ml Ammoniaklösung in jedes der drei Reagenzgläser.
11. Fülle in jedes der drei Reagenzgläser 10 ml Essigessenz und notiere die Farbveränderung.

▼ BEOBACHTUNG

Reagenzglas 1: Rotfärbung
 Reagenzglas 2: Orangefärbung
 Reagenzglas 3: Gelbfärbung

▼ AUSWERTUNG

In den Lösungen der Reagenzgläser 1 und 2 lassen sich Aluminium-Ionen nachweisen. Der Rückstand der verbrannten Getränkeverbundverpackung besteht aus Aluminium.



C. Schlussfolgerungen ziehen

Der sichere Umgang mit naturwissenschaftlicher Evidenz und das Schlussfolgern auf Basis von ermittelten bzw. bereitgestellten Daten stellen zwei zentrale Forderungen an eine tragfähige naturwissenschaftliche Grundbildung dar, die sicheres Urteilen auch im Alltag ermöglicht. Was gemeint ist, zeigen PISA-Aufgaben wie in der Unit „Semmelweis' Tagebuch“: Hier werden die Schülerinnen und Schüler mit historischen Daten zur Sterblichkeit am „Kindbettfieber“ konfrontiert, dessen Ursachen zur damaligen Zeit – Jahrzehnte vor der Entdeckung des Zusammenhangs von Bakterien und Krankheit – noch unbekannt war.

Die Grafik (**Abb. 1**) zeigt die Zahlen der Todesfälle auf zwei verschiedenen Stationen des Krankenhauses, in dem Semmelweis (1818–1865) als Arzt tätig war. Dem Diagramm ist ein Eintrag in sein Tagebuch beigelegt, das den damaligen Wissensstand umreißt.

Eine der Fragen an die Schüler lautet: *Nimm an, du wärst Semmelweis. Nenne einen Grund dafür (ausgehend von den Daten, die Semmelweis gesammelt hat), dass Erdbeben als Ursache für Kindbettfieber unwahrscheinlich sind.*

Die erwartete Antwort „*Es ist unwahrscheinlich, dass Erdbeben das Fieber auslösen, weil die Sterberaten so unterschiedlich waren auf den zwei Stationen.*“ erscheint vergleichsweise einfach und gilt dennoch als vollständige Lösung.

(<http://www.pisa.admin.ch/bfs/pisa/de/index/02/04.Document.90701.pdf>)

Die dabei anzustellenden Überlegungen sind demgegenüber deutlich komplexer, etwa

- Wie müsste der Graph aussehen, wenn ein Zusammenhang mit Erdbeben wahrscheinlich wäre?
- Wie würde sich eine solche Ursache auf jede der beiden Stationen auswirken?
- usw.

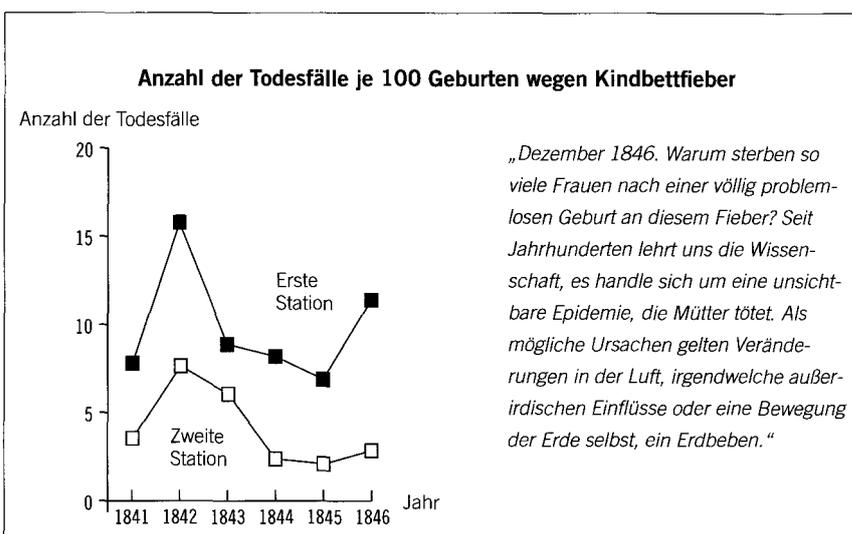
Von der Struktur her ganz ähnlich sind die Diskussionen des letzten Jahrzehnts um den Zusammenhang von einer Zunahme der CO₂-Konzentration in der Atmosphäre und verstärkten Treibhauseffekt: Dass die in diesem Fall evidente Gleichsinnigkeit von Trends keineswegs alle Wissenschaftler von Anfang an von einem kausalen Zusammenhang überzeugt hat, zeigt die Heftigkeit der Auseinandersetzungen, auch wenn hier die Argumente von Verfechtern des Zusammenhangs von Klimawandel und CO₂-Zunahme und den Gegnern für Laien nur noch bedingt nachvollziehbar sind (vgl. S. 56 ff. und S. 73 ff. in diesem Heft bzw. http://www.umweltbundesamt.de/klimaschutz/klimaaenderungen/faq/antworten_des_uba.htm#2). Tatsächlich folgte auf eine erste kausale Verknüpfung von Ursache: CO₂-Anstieg und Wirkung: Erderwärmung eine lange Reihe von Korrekturen, Relativierungen und Ergänzungen, die zu einer differen-

zierten multifaktoriellen Modellierung führte, die noch immer nicht abgeschlossen ist.

In der Praxis

Im Chemieunterricht sind entsprechende Beispiele, die mit der Semmelweis-Aufgabe vergleichbar wären, eher selten. Auch entzieht sich eine Detailbetrachtung von Modellierungen wie der des anthropogenen Treibhauseffektes dem Bearbeitungshorizont des Mittelstufenunterrichts. Das kritische Infragestellen – sozusagen als Umkehr des Schlussfolgerns – kann aber dennoch an vielen Zusammenhängen erfahren und geübt werden. Eines der bekannteren Beispiele hierfür ist die sogenannte Zitronenbatterie.

Tatsächlich taucht das einprägsame Experiment, bei dem zwei Metallbleche in eine Zitrone (oder eine vergleichbare Frucht, gelegentlich auch unter Verwendung von einer Kartoffel) gesteckt und damit ein Glühlämpchen zum Brennen gebracht wird, sowohl in Schulbüchern wie in den Medien auf. Bei ausbleibender oder – meist – ungenügender Analyse der Bedingungen stellt sich unweigerlich die Vermutung ein, die Energie für das leuchtende Lämpchen käme aus der Frucht: Ein fruchtbarer Ansatzpunkt für Infragestellen, Untersuchen, Verändern von Bedingungen und kritischer Reflexion.



1 Zusammenhang zwischen Hygienezustand und Todesfällen in zwei Krankenhausstationen

Strom aus der Zitrone?

▼ AUFGABE

Ihr habt gesehen, wie mit Hilfe einer Zitrone und zwei Metallblättchen ein Glühbirnchen zum Leuchten gebracht werden kann. Kann man also Energie in Spanien oder Italien auf Zitronenplantagen wachsen lassen?

1. Findet heraus, welches die Voraussetzungen sind, dass Strom fließen kann!
Klärt, welche Rolle die Zitrone dabei spielt!
2. Verändert das Experiment so, dass ihr eine eindeutige Antwort auf die gestellte Frage bekommt.

▼ MÖGLICHE HILFEN

- Macht eine Liste aller Gegenstände und Hilfsmittel, die für die „Zitronenbatterie“ verwendet werden.
- Klärt die Rolle der Zitrone. Überlegt wie ihr das angehen könnte.
- Tauscht die Zitrone aus gegen ... eine Orange, einen Apfel, eine Banane, eine Gurke ...
Was könnt ihr aus den Ergebnissen schließen?
- Was könntet ihr anstelle der Zitrone verwenden?
- Welche anderen Versuchsbedingungen könnt ihr ändern? Geht zurück zur Materialliste.
- Was passiert, wenn ihr zwei gleiche Metallstücke in die Zitrone steckt?

