

TIMSS, PISA, SINUS, Bildungsstandards

Natur der Naturwissenschaften in Entwicklung

Von Lutz Stäudel

Während die philosophische, wissenschaftstheoretische und politische-ethische Debatte um das, was die Naturwissenschaften ausmacht – und davon abgeleitet, welche Rolle sie im Bezug zur Gesellschaft spielen oder spielen sollten –, bereits eine Jahrhunderte alte Geschichte hat (vgl. S. 2 ff. und S. 8 ff. in diesem Heft), ist die explizite Diskussion um die Natur der Naturwissenschaften unter didaktischen Gesichtspunkten erst jüngerer Datums. Wie Pfeifer zeigt, wurde insbesondere das experimentelle Arbeiten im Unterricht mit dem Verweis auf die Bedeutung des empirischen Vorgehens in den Naturwissenschaften begründet und legitimiert (vgl. S. 16 ff. in diesem Heft). Ob das Experiment im Unterricht aber tatsächlich eine „Frage an die Natur“ ist, blieb zu verschiedenen Zeiten umstritten.

Natur der Naturwissenschaften als Gegenstand von Testfragen

Wenn heute die Natur der Naturwissenschaften intensiver im didaktischen

Fokus steht, so gibt es dafür vergleichsweise konkrete Anlässe und auch gute Gründe: Ende der 90er-Jahre des letzten Jahrhunderts machten die Ergebnisse von TIMSS, der dritten internationalen Vergleichsuntersuchung in Mathematik und Naturwissenschaften, von sich reden: Für deutsche Schülerinnen und Schüler reichte es in beiden Bereichen leistungsmäßig nur bis ins Mittelfeld! Wo genau die 14-Jährigen unseres Landes deutlich schlechter abschnitten, konnte man an den wenigen öffentlich zugänglichen Aufgaben gut ablesen. Zum einen waren das Anwendungsaufgaben, bei denen Gelerntes auf einen neuen Zusammenhang übertragen werden musste, zum anderen auch solche, die – zumindest implizit – die Natur der Naturwissenschaften betrafen. (s. **Info 1**)

Wie man sieht wurden dabei ganz verschiedene Aspekte thematisiert, zum einen grundlegende Konzepte der Naturwissenschaften wie die Unzerstörbarkeit der Atome (J6) und der definitorischen Geltung hier der chemischen Welt-sicht (Q15), zum anderen fokussierten mehrere Fragen auf das Verständnis der

naturwissenschaftlichen Methode und ihrer Differenzierungen (I15) wie auf ihr Verhältnis zu ihrem Gegenstand (P7).

Als besonders schwierig für die Achtklässler erwiesen sich übrigens die Fragen Q15 (chemische Veränderung) und J6 (Atome/tote Tiere): Der Anteil der richtigen Antworten lag mit ca. 25 % gerade einmal auf dem Niveau der Rate-wahrscheinlichkeit. Die Methodenfragen zeigten sich als vergleichsweise besser verstanden (P7: 33 %; I15: 75 %; N1: 42 %).

Aus dem Feld der methodischen Items gelangte eines zu besonderer Bekanntheit, die so genannte Blumentopfaufgabe (N1). Hier hatten die Schülerinnen und Schüler aus einer Reihe von möglichen Kontrollexperimenten dasjenige auszu-suchen, mit dem die Bedeutung eines bestimmten Umgebungsfaktors für das Pflanzenwachstum bestätigt oder ver-worfen werden könnte (vgl. **Abb 1**).

Während bei TIMSS die Fragen durchgängig naturwissenschaftsimman-ent blieben, änderte sich dies schon kurze Zeit später mit der ersten PISA-Untersuchung. Neben Items, die weiterhin implizit nach dem Wesen der Naturwissenschaften fragten, gab es erstmals auch explizite Problemstellungen im Zu-sammenhang mit der Reichweite bzw. den Grenzen der Naturwissenschaften. Dies war dem Umstand geschuldet, dass als Ziel schulischen Lernens jetzt *scientific literacy* definiert wurde. Diese anzustrebende naturwissenschaftliche Grundbildung wurde von der OECD umschrieben als „die Fähigkeit, naturwis-senschaftliches Wissen anzuwenden, natur-wissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorge-nommenen Veränderungen betreffen.“ Unter dem Stichwort „naturwissenschaftliche Prozesse“ wurde weiter ausgeführt, dass

A. dunkler Schrank



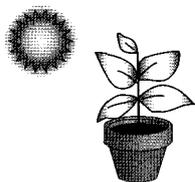
Sand, Mineralstoffe und Wasser

B. dunkler Schrank



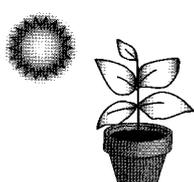
Sand und Wasser

C. Sonnenlicht



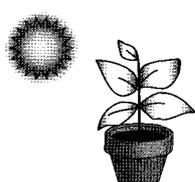
nur Sand

C. Sonnenlicht



Sand und Wasser

C. Sonnenlicht



Sand und Mineralstoffe

1 | Die „Blumentopfaufgabe“

ein solches „Verständnis der Besonderheiten naturwissenschaftlicher Untersuchungen (...) die Fähigkeit umfassen müsse, zu erkennen, welche Fragen naturwissenschaftlich untersucht werden können und welche Anforderungen solche Untersuchungen erfüllen müssen.“ [2]

Eine in dieser Hinsicht typische Frage (vgl. **Info 2**) war Bestandteil der Unit Ozon [3]. Erkennbar sollen die Schülerinnen und Schüler hier die Grenzlinie identifizieren, die zwischen Naturwissenschaft einerseits und Politik bzw. Entscheidungen, die sich an einem externen Wertesystem orientieren, andererseits verläuft.

Ähnlich fragt auch PISA 2003 und 2006, etwa nach dem Zusammenhang von Karies und fluoridiertem Trinkwasser (vgl. **Info 2**): Zu beantworten war die Frage, ob eine Entscheidung für oder gegen den Zusatz von Fluor einer ausschließlich naturwissenschaftlichen Begründung zugänglich ist [4].

In der Regel werden mit solchen Items mehrere Kompetenzen angesprochen, zunächst insbesondere die Fähigkeit, die Kontextmaterialien sinnentnehmend zu lesen. Im zweiten Schritt geht es dann aber darum, den Gegenstand und die Reichweite naturwissenschaftlicher Untersuchungen und Aussagen zu reflektieren und entsprechend auf den in Frage stehenden Sachverhalt anzuwenden.

So hilfreich Fragen dieser Art für ein Verständnis dessen waren und sind, worum es bei der Diskussion um die Natur der Naturwissenschaften geht, so gering ist zugleich ihre mögliche unterrichtspraktische Bedeutung. Denn die Kontexte sind komplex, die inhaltlichen Zusammenhänge reizen geradezu, sich mit den Fragen selbst zu beschäftigen und nicht mit ihrer Zulässigkeit als naturwissenschaftlich beantwortbaren Fragen.

Einfacher konstruiert – weil für den naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht vorgesehen – und dennoch eingebettet in lebensweltliche Bezüge sind eine Reihe von Fragen, die Höttecke 2007 zusammengestellt hat. So lässt er Schülerinnen und Schüler etwa nachdenken darüber, ob – und wenn ja, in welchem Umfang – Fragen wie die Folgenden mit naturwissenschaftlichen Mitteln getroffen bzw. unterstützt werden können:

- „Wie kalt kann ein Eiswürfel sein?“

Beispiele für Testfragen

J6. Tiere bestehen aus vielen Atomen. Was passiert mit den Atomen, nachdem ein Tier gestorben ist?

- Die Atome hören auf, sich zu bewegen.
- Die Atome kehren in die Umwelt zurück.
- Die Atome spalten sich in kleinere Teilchen und verbinden sich zu neuen Atomen.
- Die Atome existieren nicht mehr, wenn das Tier verwest ist.

Q15. Was ist KEIN Beispiel für eine chemische Veränderung?

- Kochen von Wasser
- Rosten von Eisen
- Verbrennen von Holz
- Backen von Brot

P7. Wenn Wissenschaftler irgendeine Größe mehrere Male sorgfältig messen, erwarten sie, dass

- alle Messwerte genau übereinstimmen
- nur zwei der Messwerte genau übereinstimmen
- alle Messwerte bis auf einen genau übereinstimmen
- die meisten Messwerte nahe beieinanderliegen, jedoch nicht genau übereinstimmen

I15. Maria hat das Gas aufgefangen, das von einem glühenden Stück Holzkohle abgegeben wurde. Das Gas wurde anschließend durch farbloses Kalkwasser abgeleitet. In Marias Bericht steht: „Nachdem das Gas in das Gefäß geleitet wurde, bekam das Kalkwasser allmählich eine milchigweiße Farbe“.

Diese Aussage ist

- eine Beobachtung.
- eine Schlussfolgerung.
- eine Verallgemeinerung.
- eine Voraussetzung für die Untersuchung.
- eine Annahme.

Freigegebene Items aus TIMSS mit Bezug zu NOS [1]

- „Welche Art Winterjacke soll ich mir kaufen?“
- „Ist das Wetter im Sommer schöner als im Winter?“ oder
- „Bei welcher Temperatur fühlen sich Hunde am wohlsten?“ [5].

Eine ähnliche Liste lässt sich auch mit Akzent auf stofflich-chemische Aspekte für den Bereich der Chemie bzw. für Stoffe und deren Nutzung bzw. Veränderung aufstellen (vgl. **Tab. 1**).

Die Auseinandersetzung mit Fragen wie den zuvor genannten schärft in oft ungeahnter Weise das Verständnis dafür, was Wissenschaft kann und was nicht. Zugleich machen Problemstellungen

wie die angeführten, ebenso wie die Fragen von TIMSS und PISA, das Potenzial deutlich, das mit einem kritisch-reflektierten Verständnis der Naturwissenschaften verbunden ist: Schülerinnen und Schüler lernen verstehen, dass etwa Werbeaussagen der Art „Wissenschaftlich bewiesen ist, dass Produkt X ...“ in der Regel nur bedingt zu trauen ist, und ebenso, dass politische Entscheidungen keinesfalls ausschließlich wissenschaftlich zu lösen sind, sondern dass vielmehr naturwissenschaftliche Ergebnisse und Argumente zur Stützung anderweitig begründeter Entscheidungen herangezogen, oft auch funktionalisiert werden.

Frage 68: OZON

Am Ende des Textes wird ein internationales Treffen in Montreal erwähnt. Bei diesem Treffen wurden zahlreiche Fragen bezüglich des möglichen Abbaus der Ozonschicht diskutiert. Zwei dieser Fragen erscheinen in der folgenden Tabelle. Können die folgenden Fragen durch wissenschaftliche Forschung beantwortet werden? Kreise jeweils Ja oder Nein ein.

Frage	Durch wissenschaftliche Forschung zu beantworten?	
Sollten bestehende wissenschaftliche Unsicherheiten bezüglich des Einflusses von FCKW auf die Ozonschicht für Regierungen ein Grund sein, keine Maßnahmen zu ergreifen?	Ja	Nein
Wie hoch wäre die Konzentration von FCKW in der Atmosphäre im Jahr 2002, wenn der Ausstoß von FCKW in die Atmosphäre dauernd so hoch bliebe wie jetzt?	Ja	Nein

Frage 8: KARIES

In einem Land gibt es eine hohe Anzahl an kariösen Zähnen pro Person. Können die folgenden Fragen über Karies durch naturwissenschaftliche Experimente beantwortet werden? Kreise für jede Zeile „Ja“ oder „Nein“ ein.

Kann diese Frage über Karies durch naturwissenschaftliche Experimente beantwortet werden?	Ja oder Nein	
Sollte es ein Gesetz geben, das Eltern verpflichtet, ihrem Kind Fluor-Tabletten zu geben?	Ja	Nein
Welchen Einfluss auf Karies hätte der Zusatz von Fluor zum Trinkwasser?	Ja	Nein
Wie viel sollte ein Zahnarztbesuch kosten?	Ja	Nein

SINUS und die Natur der Naturwissenschaften

Bekanntlich wurde in unmittelbarer Folge der Ergebnisse von TIMSS schon 1998 der SINUS-Modellversuch gestartet, eines der größten Entwicklungsprojekte der deutschen Schulgeschichte, mit dem erklärten Ziel der „Steigerung

der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Noch im Dezember 1997 wurde ein Gutachten veröffentlicht, das die (inzwischen aufgelöste) Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) in Auftrag gegeben hatte. Unter der Leitung von J. Baumert trugen Fachdidaktiker, Erziehungswis-

senschaftler und Lernpsychologen die damals verfügbaren Informationen über offensichtliche und vermutete Defizite und mögliche Perspektiven des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Mittelstufe zusammen und formulierten eine Liste mit 11 Modulen (vgl. **Abb. 2**) als Leitlinien für das geplante Modellprojekt [6, S. 88 ff.].

Wie man sieht, wurden bei diesen Modulen fachdidaktische, methodische und allgemein-pädagogische Aspekte herangezogen und teilweise miteinander verknüpft. Die Mehrzahl der Module zielten sowohl auf den Mathematikunterricht als auch auf die naturwissenschaftlichen Fächer, nur Modul 2 (und praktisch auch Modul 6) richtete sich ausdrücklich an die Lehrkräfte der Biologie, Physik und Chemie. Für Modul 2 (Naturwissenschaftliches Arbeiten) war der Titel zugleich Programm. Und mit der Begründung für eine Intensivierung des naturwissenschaftlichen Arbeitens wurde zugleich ein spezifisches Bild der Naturwissenschaften transportiert, das den Forschungsprozess als Vorbild für den Unterricht in den Raum stellte:

„Das Experimentieren, Beobachten, Vergleichen und Systematisieren spielt im naturwissenschaftlichen Unterricht eine herausragende Rolle. Die Besonderheiten und der Sinn der naturwissenschaftlichen Denk- und Vorgehensweise erschließen sich Schülerinnen und Schüler jedoch nur dann, wenn sie im Unterricht von Anfang an daran gewöhnt werden, gedanklich vorbereitet, zielgerichtet und systematisch zu experimentieren und zu beobachten. Gleichgültig, ob Lehrkräfte oder Schüler Versuche durchführen, das Formulieren von Fragestellungen und Vermutungen, die Aufbereitung und Interpretation der Ergebnisse und das Reflektieren der Vorgehensweise müssen zur Selbstverständlichkeit werden. Damit gewinnen das Sprechen, Austauschen, Verständigen und Diskutieren, aber auch die Verschriftlichung eines zusammenhängenden Gedankengangs eine Bedeutung für den naturwissenschaftlichen Unterricht, die nicht immer erkannt wird“ [6, S. 86–97].

Und an anderer Stelle heißt es: „Die große Chance der naturwissenschaftlichen Fächer in der Schule besteht darin, dass naturwissenschaftliche Arbeitsweisen in Ansätzen und in einfacher Form in den Unterricht integriert werden können. Vertrautheit mit naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen

und Argumentationsformen ist deshalb nicht nur ein Ziel des naturwissenschaftlichen Unterrichts, sondern das naturwissenschaftliche Arbeiten kann phasenweise geradezu zum Organisationsprinzip der Unterrichtsführung werden. Dies leuchtet sofort ein, wenn man an naturwissenschaftliches Experimentieren als einen wichtigen Bereich naturwissenschaftlichen Arbeitens denkt. Beobachten und Experimentieren werden aber erst dann zum naturwissenschaftlichen Arbeiten, wenn sie Teil des spezifisch naturwissenschaftlichen Argumentierens sind. In dieser Funktion ist das empirische Arbeiten allerdings weniger beliebt als der bloß handelnde Umgang mit Gegenständen des Fachs. Ohne diese Einbindung schult das Experimentieren jedoch höchstens manuelle Geschicklichkeit im Umgang mit diversen, sehr speziellen Apparaten und die Fähigkeit, Arbeitsanweisungen sequentiell abzuarbeiten.“ [6, S. 71]

Die Naturwissenschaften werden damit weniger als systematischer Bestand gesicherten Wissens vorgestellt, vielmehr wird das Prozesshafte in den Vordergrund gerückt. Unterricht soll sich ein Beispiel nehmen am Forschen, an planmäßiger experimenteller Arbeit im Labor, an der Gewinnung von Ergebnissen und Wissen. Experimentieren wird ernst genommen als ausformulierte Frage (an die Natur), wird zudem als zielführend nur dann betrachtet, wenn der praktische Versuch eingebettet ist in einen forschungsähnlichen Prozess. Kanonisiertes Wissen spielt nur insofern eine Rolle, als es das Feld darstellt für die notwendige Recherche vorab, zeigt, was bereits als sicher erkannt ist. Das prozesshafte Verständnis von Wissenschaft wird noch einmal besonders deutlich, wenn es benutzt wird, um den so vorgestellten Unterricht in Phasen zu gliedern:

„Die inhaltliche Einbettung des empirischen, insbesondere experimentellen, Arbeitens in seiner ganzen Abfolge gelingt wahrscheinlich nur durch bewusst gestaltete Unterrichtsphasen, deren Organisationsprinzip das naturwissenschaftliche Arbeiten, freilich in elementarer Form, dann selbst ist.“ Am Beispiel des Experiments lässt sich dies am einfachsten zeigen:

- Planungs- und Gestaltungsphase: (Forschungs-) Fragestellungen werden erarbeitet, Ergebnisse vorhergesagt, zu testende Hypothesen formuliert und experimentelle (oder andere empirische) Verfahren entworfen.

Frage	Ist mit naturwissenschaftlichen Methoden zu beantworten		
	aus-schließ-lich	unter-ande-rem	gar nicht
Welches Waschmittel sollte man benutzen?			
Ist ein Waschmittel vollständig abbaubar?			
Müssen alle Brände gelöscht werden?			
Warum ist Wasser ein so gutes Löschmittel?			
Ist Aluminium besser als Eisen?			
Soll ich lieber Kleidung aus Naturfasern oder aus synthetischen Fasern tragen?			
Ist es besser, Kunststoffe zu recyceln oder zu verbrennen und daraus Energie zu gewinnen?			

Tab. 1 | Stoffe und deren Anwendung

- Modul 1:** Weiterentwicklung einer Aufgabenkultur im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht
- Modul 2:** Naturwissenschaftliches Arbeiten
- Modul 3:** Aus Fehlern lernen
- Modul 4:** Sicherung von Basiswissen: Verständnisvolles Lernen auf unterschiedlichen Niveaus
- Modul 5:** Zuwachs von Kompetenz erfahrbar machen: Kumulatives Lernen
- Modul 6:** Fächergrenzen erfahrbar machen: Fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten
- Modul 7:** Förderung von Mädchen und Jungen
- Modul 8:** Entwicklung von Aufgaben für die Kooperation von Schülern
- Modul 9:** Verantwortung für das eigene Lernen stärken
- Modul 10:** Prüfen: Erfassen und Rückmelden von Kompetenzzuwachs
- Modul 11:** Qualitätssicherung innerhalb der Schule und Entwicklung schulübergreifender Standards

2 | Module für das SINUS-Modellprojekt

- Durchführungsphase: Das Experiment wird durchgeführt, es wird mit Material umgegangen, Techniken werden erprobt, es wird beobachtet und Daten werden erhoben.
- Analyse- und Interpretationsphase: Die Daten werden aufbereitet und weiterverarbeitet, Beziehungen werden erklärt, Verallgemeinerungen werden entwickelt, eine Fehlerabschätzung wird durchgeführt und die Vertrauenswürdigkeit der Daten eingeschätzt, die Ergebnisse werden mit Bezug auf die Eingangshypothesen interpretiert, die Randbedingungen des Experiments und neue Fragestellungen werden formuliert.
- Anwendungsphase: Auf der Basis der Untersuchung werden neue Hypothesen formuliert, es werden Vermutungen über die Anwendbarkeit auf neue Situationen erarbeitet und die erarbeiteten Resultate und Techniken werden auf eine neue Situation an-

gewandt, gegebenenfalls wird über die gesellschaftliche Relevanz des behandelten Ausschnitts naturwissenschaftlicher Forschung diskutiert. (...)“ [6, S. 76–77]

Einerseits lässt diese Strukturierung erkennen, dass die Bezugnahme auf die Naturwissenschaften in Forschung und Entwicklung ernst gemeint ist; dies findet seine Fortsetzung in der Forderung, auch die Möglichkeiten der „Digitalisierung von Abläufen“ zu berücksichtigen, die „einen neuen Zugang zu einer großen Gruppe naturwissenschaftlicher Probleme“ eröffnen. Explizit wird auf die computergestützte Messwerterfassung hingewiesen, aber auch auf Computersimulationen, die eine Beurteilung der Bedeutung einzelner Parameter ermöglichen, weiter auch eine Modellbildung und deren Überprüfung. Andererseits machen sich bei dieser Argumentation auch fachdidaktische Traditionen bemerkbar, etwa die weit verbreitete „experimentelle Methode“ (vgl. S. 16 ff. in diesem Heft). Programmatischen Aussagen wie diesen ist zu Gute zu halten, dass sie das Wünschenswerte überspitzen, es herausstellen als ideales Ziel, auch dann, wenn es in der beschriebenen Idealität kaum Chancen hat, in der Praxis Wirklichkeit zu werden. Tatsächlich war die Rezeption der SINUS-Programmatik von Anfang an von Brüchen und pragmatischen Vereinfachungen begleitet, ebenso auch von einer kritischen Auseinandersetzung mit den Prämissen.

Ob etwa die „Integrierbarkeit naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen als Organisationsprinzip herausgehobener Unterrichtsphasen“ tatsächlich den Hebel zur Veränderung des Unterrichts darstellte und – mit Blick auf die monierten Testergebnisse – zur Verbesserung der Schülerleistungen beitragen würde, konnte zum damaligen Zeitpunkt lediglich vermutet werden. Allerdings folgten die Autoren mit ihren Vorschlägen nicht nur einem empirisch-experimentell geprägten Bild der Naturwissenschaften, sie schlossen sich zugleich einer breiten Strömung des „*inquiry based science teaching*“ an, das insbesondere im anglo-amerikanischen Kulturkreis den fachdidaktischen Diskurs dominierte (vgl. hierzu S. 36 ff. in diesem Heft).

Die so entfalteten Vorstellungen der Expertise wurden in mehrfacher Wei-

se in Frage gestellt: Zum einen wurde aus wissenschaftstheoretischer Sicht in Frage gestellt, ob es diesen idealisierten Prozess des „so gehen Forscher vor“ tatsächlich gibt; bereits in anderen Zusammenhängen war mehrfach herausgestellt worden, dass dies keineswegs der Fall sei, dass vielmehr praktische Forschung immer wieder neue Prozessstrukturen aus einem scheinbaren Chaos schafft. Prominente Kritiker (des Positivismus) wie P. Feyerabend hatten Ähnliches bereits vor Jahrzehnten formuliert. Zum anderen gab es ernst zu nehmende lernpsychologische Einwände. Auch wenn man die Vorstellung logisch aufeinander bezogener forschungsähnlicher Unterrichtsphasen als plausibel akzeptierte, so erweckte sie doch den Eindruck von mangelnder Flexibilität. Zur gleichen Zeit wurde aus konstruktivistischer Sicht gerade das Gegenteil betont, nämlich die Forderung nach Methodenvielfalt und einer Öffnung des Unterrichts für unterschiedliche Zugangsweisen und Lernwege.

In einem Punkt stimmten Fachdidaktiker, Lehrkräfte und Lernpsychologen allerdings mehrheitlich mit der Expertise überein, nämlich dass es im herkömmlichen Unterricht „seltener als erwartet (gelingt), die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen als Instrumente der Klärung des Denkens wirksam werden zu lassen,“ weil „der Prozess des naturwissenschaftlichen Arbeitens gerade in den Phasen der eigentlichen kognitiven Herausforderung allzu oft abgekürzt wird“ [6, S. 78].

Aus der Praxis des SINUS-Modellversuchs heraus entwickelte sich vor diesem Hintergrund ein Weg, mit diesem Bild von Wissenschaft und mit den davon abgeleiteten Forderungen umzugehen, indem zwar die Leitlinie „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ auf- und ernstgenommen wurde, zugleich aber auch die Vorstellungen von aktiver Aneignung, kognitiver Aktivierung und Methodenvielfalt Berücksichtigung fanden [vgl. 7]. Eine Lösung bestand darin, nicht den gesamten (idealisierten) Prozess auf den Unterricht zu projizieren, sondern die einzelnen Aspekte des naturwissenschaftlichen Arbeitens zur Fokussierung des Unterrichts zu nutzen. Unterrichtssequenzen oder Aufgaben sollten so einen dieser Aspekte ins Zentrum stel-

len, beispielsweise die Diskussion bereits erhobener Ergebnisse, am Beispiel mögliche Vorgehensweisen erörtern und erproben, um dieses Vorgehen schließlich in den Zusammenhang von naturwissenschaftlichem Arbeiten insgesamt zu stellen und bei Bedarf wieder darauf zurück zu greifen.

Erste Ergebnisse entsprechender Entwürfe und Erfahrungen fanden ihren Niederschlag in einem Themenheft dieser Zeitschrift [8], verallgemeinert für alle drei naturwissenschaftlichen Fächer etwas später im Materialband SINUS *Naturwissenschaftliches Arbeiten* [9].

Praktisch fand dies seinen Niederschlag in Aufgaben [vgl. 8, 9, 10] wie

- Stelle einen Versuchsplan auf, mit dessen Hilfe du mehrere weiße Pulver aus einem Küchenschrank unterscheiden und identifizieren kannst (vgl. **Abb. 3**).
- Entwickle ein Experiment, mit dem du die Übergänge zwischen den Aggregatzuständen des Wassers zeigen kannst.
- Welches müssen die chemischen Eigenschaften einer Patronenfüllung sein, damit bei Zündung in kurzer Zeit große Mengen Gase entstehen können?
- Finde heraus, womit Mineralwasser beworben wird und was von diesen Werbeaussagen zu halten ist (vgl. **Abb. 3**).

Zugleich und sozusagen als Versuch, die Herausbildung eines zusammenhängenden Verständnisses von naturwissenschaftlichem Arbeiten zu unterstützen, wurden immer wieder Möglichkeiten identifiziert, um das jeweilige Vorgehen auf der Metaebene zu kommentieren und in den Kontext eines gedachten „Forschungsprozesses“ zu stellen. Indem die Lehrkraft thematisierte, dass ein bestimmter Schritt praktisch dem ähnlich sei, wie Naturwissenschaftler eine Hypothese aufstellten, eine Modellvorstellung entwickelten, zu einem Sachverhalt recherchierten oder ein Entscheidungsexperiment planten, sollte so das gesamte Spektrum naturwissenschaftlichen Vorgehens in den Blick kommen, ganz im Sinne entwickelter Kompetenz und eines Bewusstseins von den verfügbaren Mitteln. Die Frage nach der Natur der Naturwissenschaften wurde dabei nicht explizit formuliert, auch

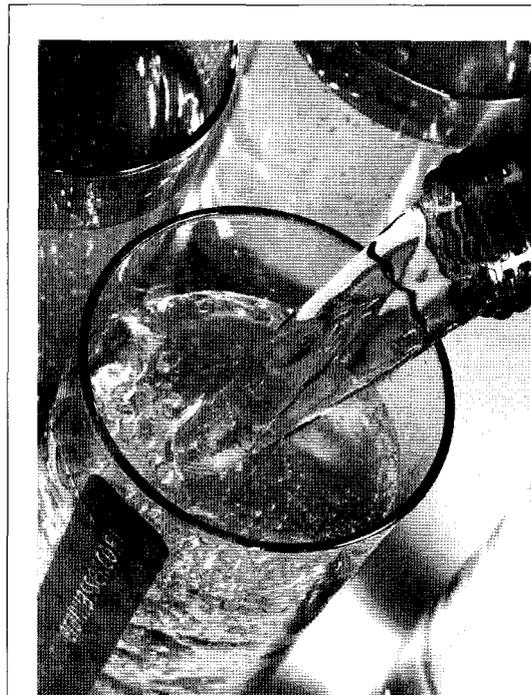
blieb die Ebene der Betrachtung eher naturwissenschafts-immanent als dass sie darüber hinaus reichte.

Bildungsstandards und die Natur der Naturwissenschaften

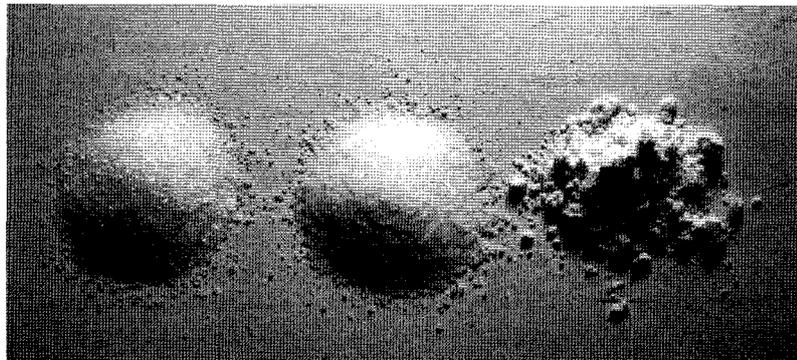
Die Formulierung und Verabschiedung der Bildungsstandards für den mittleren Bildungsabschluss [11] im Jahre 2004 stellten einen weiteren Schritt auf dem Weg zur Effektivierung des naturwissenschaftlichen Unterrichts dar. [12] Mit dem Perspektivwechsel vom Input, dem Lehrauftrag für die Unterrichtenden, zum Output, dem worüber Schülerinnen und Schüler schlussendlich verfügen sollten, war von Anfang an der Kompetenzbegriff verbunden [12]. Die ausdrückliche Bezugnahme auf Weinert in den Standards – gleichlautend für alle drei naturwissenschaftlichen Fächer – war und ist zugleich eine Klammer zwischen Fach und Alltag, thematisiert damit auch Bedeutung und Reichweite der zu erwerbenden Kompetenzen und des damit notwendig verbundenen Verständnisses von der Natur der Naturwissenschaften: Danach sind Kompetenzen „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können.“ [13, S. 7]

Fraglos kann so definierte Kompetenz nur wirksam werden, wenn ein Bewusstsein von den zur Verfügung stehenden Mitteln existiert, wenn die Anwendung bestimmter Instrumente sowie deren Reichweite und Grenzen verstanden sind. In den Standards heißt es dazu weiter:

„Naturwissenschaftliche Bildung ermöglicht dem Individuum eine aktive Teilhabe an gesellschaftlicher Kommunikation und Meinungsbildung über technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Forschung und ist deshalb wesentlicher Bestandteil von Allgemeinbildung. Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung ist es, Phänomene erfahrbar zu machen, die Sprache und Historie der Naturwissenschaften zu verstehen, ihre Ergebnisse zu kommunizieren sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnis-



- Finde heraus, womit Mineralwasser beworben wird und was von diesen Werbeaussagen zu halten ist.



- Stelle einen Versuchsplan auf, mit dessen Hilfe du mehrere weiße Pulver aus einem Küchenschrank unterscheiden und identifizieren kannst.

3 | Aufgaben im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Arbeiten

gewinnung und deren Grenzen auseinanderzusetzen“ [11, S. 6].

Um solche Kompetenz zu garantieren, formulieren die Standards neben den Kompetenzbereichen *Fachwissen*, *Erkenntnisgewinnung* und *Kommunikation* als vierten Bereich *Bewertung*. Unter dieser Überschrift sollen die Schülerinnen und Schüler „chemische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten“, indem sie die „Beziehungen zwischen Naturwissenschaft, Technik, Individuum und Gesellschaft“ kennen lernen und schließlich reflektieren können.

Im Detail [11, S. 10] heißt es: „Durch die Auswahl geeigneter Sachverhalte können die Schülerinnen und Schüler Vernetzungen der Chemie in Lebenswelt, Alltag, Umwelt und Wissenschaft erkennen.“ Darauf basierend sollen Schülerinnen und Schüler in der Lage sein, chemische Sachverhalte in ihrer Bedeutung und Anwendung aufzuzeigen.

Diese gezielte Auswahl chemierelevanter Kontexte ermöglicht es den Schülerinnen und Schülern, Fachkenntnisse auf neue vergleichbare Fragestellungen zu übertragen, Probleme in realen Situ-

ationen zu erfassen, Interessenkonflikte auszumachen, mögliche Lösungen zu erwägen sowie deren Konsequenzen zu diskutieren.

Bei der Betrachtung gesellschaftsrelevanter Themen aus unterschiedlichen Perspektiven erkennen die Lernenden, dass Problemlösungen von Wertentscheidungen abhängig sind. Sie sollen befähigt sein, Argumente auf ihren sachlichen und ideologischen Anteil zu prüfen und Entscheidungen sachgerecht, selbstbestimmt und verantwortungsbewusst zu treffen.

Der hier entfaltete Anspruch wird durch die Liste der Einzelkompetenzen zunächst in gewisser Weise zurückgenommen: An erster Stelle stehen Nützlichkeitsabwägungen in Form von einer Art Berufskunde und von Einsicht in Unterrichtskonzepte (ebd.):

(Sie) stellen Anwendungsbereiche und Berufsfelder dar, in denen chemische Kenntnisse bedeutsam sind. (B1)

(Sie) erkennen Fragestellungen, die einen engen Bezug zu anderen Unterrichtsfächern aufweisen und zeigen diese Bezüge auf. (B2)

Die Natur der Naturwissenschaften wird dann aber doch explizit, indem „gesellschaftsrelevante Aussagen aus unterschiedlichen Perspektiven“ diskutiert und bewertet werden, „chemische Sachverhalte in Problemzusammenhänge“ eingebunden und „Lösungsstrategien“ entwickelt und angewendet werden sollen, wozu „fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten“ genutzt werden sollen, „um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen“. (B3, B5, B6) Ausdrücklich sollen die Lernenden auch „aktuelle, lebensweltbezogene Fragestellungen (entwickeln), die unter Nutzung fachwissenschaftlicher Erkenntnisse der Chemie beantwortet werden können“. (B4)

Zwar machen die Bildungsstandards keine Aussagen dazu, wie diese Ziele unterrichtspraktisch wirksam werden könnten, jedoch wird anhand von Beispielaufgaben erläutert, was mit den Kompetenzzielen gemeint ist. Auffallend ist dabei, dass Ziele des Kompetenzbereiches 4 (Bewerten) nur in untergeordnetem Umfang vorkommen. Es entsteht so der Eindruck, dass dieser Anspruch, zumindest zum Zeitpunkt der Formulierung der Standards, noch nicht genügend verankert war, womöglich auch nicht in größerem Maße durchsetzbar ist.

Wie die Detailziele des Kompetenzbereiches 4 konkret zugeordnet wurden, zeigt u. a. die Beispielaufgabe „Biodiesel – Vom Feld in den Tank“ (Nr. 7) [11, S. 31 ff.], in deren Zusammenhang die Schülerinnen und Schüler am deutlichsten aufgefordert sind, sich mit Fragen der Bewertung auseinanderzusetzen.

Eine europäische Richtlinie besagt, dass bis Ende 2005 in allen EU-Mitgliedstaaten der Anteil von Biokraftstoffen am Gesamtkraftstoffmarkt zwei Prozent, bis Ende 2010 sogar 5,75 % betragen muss. Ein solcher Biokraftstoff ist Biodiesel ($C_{17}H_{32}O_2$), der aus Rapsöl hergestellt wird.

Die Übersicht in **Tabelle 2** zeigt zwei Ökobilanzen für die Kraftstoffe Biodiesel und Diesel (hergestellt aus Erdöl). Diese wurden von unterschiedlichen Auftraggebern erstellt (s. Quellen A und B).

Neben einer Reihe von Fragen, die in erster Linie Kompetenzen hinsichtlich bereichsspezifischer Lesefähigkeit erfordern, werden die Lernenden auch aufgefordert, die beiden Ökobilanzen den vermuteten Auftraggebern zuzuordnen und dies zu begründen. Bei dieser Aufgabe geht es erkennbar um die Verknüpfung von Naturwissenschaft und Gesellschaft, hier die Verwendung naturwissenschaftlicher Befunde zur Durchsetzung ökonomischer Interessen und politischer Einflussnahme. Eine weitere Teilaufgabe fordert:

In der Diskussion über den Einsatz von Biodiesel wird oft behauptet: „Die Verbrennung von Biodiesel belastet die Atmosphäre nicht mit Kohlenstoffdioxid. Nehmen Sie Stellung zu dieser Aussage.“

Im tabellarisch zugeordneten Schlüssel, der die erwarteten Lösungen beschreibt und die tangierten Detailkompetenzen angibt, wird die Aufgabe als schwierig im Sinne der Anforderungsdifferenzierung beurteilt (AFB III), inhaltlich wird die Aufgabe als eine Aufgabe charakterisiert, bei der die Schüler fachtypische und vernetzte Kenntnisse und Fertigkeiten nutzen müssen, um lebenspraktisch bedeutsame Zusammenhänge zu erschließen. Unter Berücksichtigung der eher schwachen Repräsentanz der

Bewertungskompetenz nimmt es nicht wunder, dass auch in der seit 2005 erschienenen fachdidaktischen Literatur dieser Aspekt eine eher geringe Rolle spielt.

Resümee

TIMSS, PISA, SINUS und die Bildungsstandards haben zumindest bewirkt, dass Aspekte dessen, was man unter Natur der Naturwissenschaften verstehen kann, als Strukturelemente in den deutschen Bildungskanon Eingang gefunden haben. Dies ist viel im Vergleich mit den Inhalten des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den ersten Nachkriegsjahrzehnten des letzten Jahrhunderts, die geprägt waren von einem Rückzug auf *positive Erkenntnis* und einer fast militanten Abwehr gesellschaftspolitischer Zumutungen an den naturwissenschaftlichen Unterricht. Es ist zugleich aber wenig, wenn man mit den 70er- und 80er-Jahren vergleicht, während derer an vielen Orten und in vielen Unterrichtsstunden die Rolle der Naturwissenschaften kontrovers diskutiert wurde, sei es im Kontext von Umwelt, Rüstung oder Gesundheit [14]. Nicht zuletzt die Analysen von Evans zeigen, dass es durchaus andere und weitergehende Interpretationen davon gibt, in welcher Weise das Wissen um die Natur der Naturwissenschaften beitragen kann zur Entfaltung mündiger Bürger – und wie Unterricht dazu gestalten sein könnte.

Literatur

- [1] Baumert J. u. a.: Testaufgaben Naturwissenschaften TIMSS 7./8. Klasse (Population 2). Materialien aus der Bildungsforschung Nr. 61. MPI Berlin, o. J.; als download unter http://www.mpib-berlin.mpg.de/TIMSSII-Germany/Die_Testaufgaben/TIMSSII-Nat.pdf
- [2] Zitate übersetzt aus: OECD: Measuring Student Knowledge and Skills. A New Framework for Assessment. Paris 1999, S. 60
- [3] PISA 2000. Beispielaufgaben aus dem Naturwissenschaftstest (Internetdokument) http://www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/Beispielaufgaben_Naturwissenschaften.pdf
- [4] Quelle: PISA 2006. Beispielaufgaben aus dem Naturwissenschaftstest (Internetdokument) Unit Karies. http://pisa.ipn.uni-kiel.de/PI-SA06_Science_Beispielaufgaben.pdf
- [5] Höttecke, D.; Sczesny, C.: „Versuch macht klug“ – Kinder am Beginn des naturwissenschaftlichen Fachunterrichts. In: Lernchancen 10(2007) Nr. 57, S. 21–35, hier S. 27

Aspekte	Ökobilanz 1	Ökobilanz 2
Energiebilanz	Die heutige Produktionskette von Diesel verbraucht zweimal mehr Energie als die von Biodiesel.	Die Energiebilanz für Diesel und Biodiesel ist eindeutig positiv, d. h., die Produkte liefern mehr Energie als für deren Herstellung aufzubringen ist.
Kohlenstoffdioxid Schwefelverbindungen (Gesamtemission klimarelevanter Gase [CO₂-Ges.] je kg Dieseldieselkraftstoff)	<ul style="list-style-type: none"> - Diesel 3,5–3,6 kg: - Biodiesel 0,9 kg - Diesel 4 kg: - Biodiesel 0,3–0,8 kg - Biodiesel-Abgas frei von Schwefeloxiden, die den sauren Regen bewirken. 	<ul style="list-style-type: none"> - Diesel 3,5–3,6 kg: - Biodiesel 1,9–3,0 kg - Diesel 3,4–3,5 kg: - Biodiesel 0,8–1,4 kg - keine wesentlichen Unterschiede mehr in der Belastung durch Schwefelverbindungen
Umweltauswirkungen der Verbrennung im Motor	Die meisten Abgaswerte für Biodiesel liegen niedriger: <ul style="list-style-type: none"> - Kohlenwasserstoffe 20–40% niedriger, - Ruß 40–50% niedriger, - Partikel 0–40% niedriger, - NO motorspezifisch, meist 0–15% höher, oft auch niedriger - CO etwa gleich. 	Bei Verwendung von Biodiesel ergeben sich nur teilweise Vorteile, z. B. bei den Partikelemissionen. Nachteile ergeben sich durch die Stickstoffoxidemissionen.
Wirtschaftlichkeit	Die Preise liegen auf dem Niveau der Preise für fossile Dieseldieselkraftstoffe.	Um Biodiesel am Markt eine Wettbewerbschance zu eröffnen, sind hohe Subventionen erforderlich. Eine solche Subventionierung ist sowohl aus Umweltsicht als auch von der Kosten-Nutzen-Relation negativ zu bewerten.
Fazit	Wird ein fossiler Kraftstoff durch Biodiesel ersetzt, so entgeht dem Staat lediglich die Mineralölsteuer. Der CO ₂ -Einspareffekt beträgt jedoch 3,5–4,0 kg CO ₂ -Ges. pro Liter ersetzten Kraftstoffs. Zusätzlich werden die fossilen Energieressourcen geschont.	

Tab. 2 | Ökobilanz für die Kraftstoffe Biodiesel und Diesel

Text verändert nach: Quelle A: Gesellschaft für Entwicklungstechnologie: Biodiesel. Union zur Förderung von Oel- und Proteinpflanzen e. V., Godesberger Allee 142–148, 53175 Bonn, 1995

Quelle B: W. Drechsler, K. Kraus, J. Landgrebe: Ökobilanz von Rapsöl bzw. Rapsölmethylester als Ersatz für Dieseldieselkraftstoff. Gesellschaft für Erdöl-, Erdgas- und Kohleforschung

[6] BLK (Hrsg.): Expertise „Steigerung der Effizienz des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts“. Bonn 1997; als download: <http://www.blk-bonn.de/papers/heft60.pdf>

[7] Prenzel, M. (Hrsg.): Von SINUS lernen. Wie Unterrichtsentwicklung gelingt. Seelze 2009

[8] Themenheft „Naturwissenschaftliches Arbeiten“. Unterricht Chemie, 14(2003) Nr. 76/77

[9] Duit, R.; Gropengießer, H.; Stäudel, L. (Hrsg.): Naturwissenschaftliches Arbeiten. Unterricht und Material 5–10. Seelze 2004

[10] Gropengießer, H.; Höttecke, D.; Nielsen, T.; Stäudel, L. (Hrsg.): Mit Aufgaben lernen – Material 5–10. Seelze 2006

[11] KMK (Hrsg.): Bildungsstandards für den Mittleren Bildungsabschluss Chemie. Bonn 2005

[12] Parchmann, I.; Kaufmann, H.: Kompetenzen entwickeln. Wie Bildungsstandards zu einer Chance für die Schulentwicklung werden können. In: Unterricht Chemie 17(2006) Nr. 94/95, S. 4–9

[13] Weinert, F. E.: Neue Unterrichtskonzepte zwischen gesellschaftlichen Notwendigkeiten,

pädagogischen Visionen und psychologischen Möglichkeiten. In: BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM für Unterricht, Kultus, Wissenschaft und Kunst (Hrsg.): Wissen und Werte für die Welt von morgen. Dokumentation zum Bildungskongress am 29./30. April 1998 an der LMU München. München, S. 101–125

[14] vgl. die zwischen 1978 und 1986 vom Autor mitgestaltete Zeitschrift *soznat* oder die Zeitschrift *Wechselwirkung*