

Susanne Metzger
Christina Colberg
Patrick Kunz
(Hrsg.)

SWiSE
Swiss Science Education

Naturwissenschafts- didaktische Perspektiven

Naturwissenschaftliche
Grundbildung und
didaktische Umsetzung im
Rahmen von SWiSE

Band 1

Haupt

19 Das (unbekannte) Wesen der Naturwissenschaften

Patrick Kunz

Im Zusammenhang mit der naturwissenschaftlich-technischen Grundbildung in Kapitel 11 wird das Wesen der Naturwissenschaften – auch im deutschen Sprachraum oft als «Nature of Science (NoS)» bezeichnet – als das alles umfassende Element der naturwissenschaftlichen Grundbildung aufgeführt (vgl. Abbildung 11.2 in Kapitel 11). Die prominente Platzierung innerhalb der Rahmenkonzeption der naturwissenschaftlich-technischen Grundbildung reflektiert den teilweise eher marginalen Stellenwert von Nature of Science in den Schulzimmern aber nur bedingt. Dieses Kapitel schafft eine Übersicht über die Bedeutung und das Verständnis von Nature of Science aus der Perspektive der Naturwissenschaftsdidaktik und kontrastiert diese mit Alltagsvorstellungen darüber, wie Naturwissenschaften Wissen schaffen.

19.1 Das Wesen der Naturwissenschaften aus fachdidaktischer Sicht

Was genau ist unter dem Wesen der Naturwissenschaften zu verstehen? Eine kurze Antwort lautet: Beim Wesen der Naturwissenschaften handelt es sich um die Anwendung von erkenntnistheoretischem Wissen,¹ wie es im Science Framework von PISA ausführlich als «epistemic knowledge» beschrieben wird (vgl. Kapitel 11.2.2). Eine ausführlichere Beschreibung des Wesens der Naturwissenschaften ist jedoch nicht ganz so einfach. Denn Naturwissenschaften sind ein Unterfangen der Wahrheitssuche, das in einen geschichtlichen und kulturellen Kontext eingebettet ist und durch Menschen betrieben wird (Matthews, 2012). Im angelsächsischen Sprachraum hat die Diskussion um den Stellenwert von Nature of Science aus dem Blickwinkel von Wissenschaftsgeschichte und Philosophie eine Tradition, die bis

1 Die Erkenntnistheorie beschäftigt sich als wesentliche Teildisziplin der Philosophie mit Fragen, was die Voraussetzungen für Erkenntnis sind, wie Wissen zustande kommt und welche Erkenntnisprozesse denkbar sind. Dadurch wird Wissen immer infrage gestellt, verbunden mit der Frage, welche Zweifel an welcher Art von Wissen grundsätzlich bestehen können.

ins 19. Jahrhundert zurückreicht (Matthews, 2012). Das bedeutet allerdings nicht, dass man sich im Laufe der Zeit auf eine allgemein anerkannte, prägnante Definition einigen konnte. In der Literatur kristallisieren sich jedoch eine Reihe von Merkmalen heraus, die bei zahlreichen Studien in ähnlicher Form Erwähnung finden. Die in Textbox 19.1 zusammengefassten Merkmale des Wesens der Naturwissenschaften beruhen im Wesentlichen auf folgenden Forschungsarbeiten (in chronologischer Reihenfolge):

- «Project 2061: Science for All Americans» der American Association for the Advancement of Science (AAAS, 1989);
- «Ten Myths of Science» (McComas, 1996), einem Konsens von acht internationalen Naturwissenschafts-Standards (McComas, Clough & Almazroa, 1998) sowie «Nine Elements of NoS for School Science Purpose» (McComas, 2015);
- «Lederman Seven» (Lederman, Abd-el-Khalik, Bell & Schwartz, 2002; Lederman, 2006);
- Delphi-Studie mit Expertinnen und Experten aus Wissenschaftsphilosophie, -geschichte und -soziologie und Naturwissenschaftlern sowie Lehrpersonen und Erziehenden (Osborne, Collins, Ratcliff, Millar & Duschl, 2003).

Textbox 19.1: Merkmale des Wesens der Naturwissenschaften

- Naturwissenschaftliches Wissen verfügt über eine empirische Basis.
- Es gibt keine universelle naturwissenschaftliche Methode, viel mehr ist auch Kreativität gefragt.
- Naturwissenschaftliche Gesetze sind nicht auf derselben Wissensebene angesiedelt wie naturwissenschaftliche Theorien.
- Naturwissenschaftliche Forschung ist Teamarbeit.
- Die Anerkennung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgt im Diskurs innerhalb der Forschungsgemeinschaften.
- Naturwissenschaftliches Wissen stellt kein Abbild der Realität dar.
- Naturwissenschaftliches Wissen hat zwar beständigen, aber dennoch vorläufigen Charakter.
- Naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung unterliegt gesellschaftlichen und kulturellen Einflüssen.

Diese Liste ist nicht abschließend und ließe sich sinnvoll ergänzen. Deshalb dienen die folgenden beiden Punkte als Leitfragen bei der Auswahl (Lederman et al., 2002; Matthews, 2012):

- Ist es für die Gemeinschaft wichtig und nützlich, dass man sich mit diesem Element des Wesens der Naturwissenschaften auseinandersetzt?
- Ist dieses Element von Nature of Science für Schülerinnen und Schüler kognitiv zu begreifen?

Im Folgenden werden die in Textbox 19.1 aufgeführten Merkmale erläutert.

Empirische Basis

Naturwissenschaftliches Wissen basiert zur Hauptsache, jedoch nicht ausschließlich, auf Beobachtungen und experimentellem Vorgehen. Empirisch gewonnene Daten münden in einen Prozess der Interpretation und Theoriebildung. Dabei muss zwischen Beobachtungen und Ergebnissen einerseits sowie Schlussfolgerungen und Interpretation der Daten andererseits unterschieden werden.

Kreativität statt einer universellen Methode

Obwohl naturwissenschaftliches Wissen auf empirischer Forschung beruht, die oft aus einer zyklischen Abfolge von Fragenstellen und Antwortsuchen besteht, gibt es nicht nur diesen einen Weg der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Man benötigt Vorstellungsvermögen, um sinnvolle Fragestellungen zu generieren, Kreativität und Einfallsreichtum, um adäquates methodisches Vorgehen zu entwickeln, sowie Einfallsreichtum, um schlüssige Erklärungen, Gesetze und Theorien zu formulieren.

Gesetze nicht auf derselben Ebene wie Theorien

Naturwissenschaftliche Gesetze beschreiben *Beziehungen* zwischen beobachtbaren und messbaren natürlichen Phänomenen. Theorien sind *Erklärungen*, welche sich aus Beobachtungen und Messungen herleiten. Das sind zwei unterschiedliche Wissensebenen. Deshalb lassen sich Theorien nicht durch mehr und genauere Belege in Gesetze überführen.

Diskursive Anerkennung neuer Erkenntnisse

Neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse werden erst anerkannt, wenn sie sich wiederholen lassen. Dies bedingt eine sorgfältige Dokumentation des

Vorgehens und der Schlussfolgerungen sowie das Bestehen in einer kritischen Diskussion der Forschungsgemeinschaft (*peer review*).

Forschung als Teamarbeit

Die meisten Forschungserkenntnisse sind heutzutage kaum mehr als individuelle Einzelleistungen denk- und leistungsfähig. Das Spektrum reicht von kleinen Laborteams mit zwei bis drei Personen bis hin zu riesigen internationalen Konsortien wie beispielsweise den Arbeiten im Bereich der Kernteilchenforschung am CERN. Für eine fruchtbare Diskussion der Ergebnisse sind die Naturwissenschaften auf funktionierende Forschungsgemeinschaften angewiesen.

Kein Abbild der Realität

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse sind nicht als Abbilder der Wirklichkeit zu verstehen, sondern als funktionelle Theorien und Modelle, die helfen, natürliche Phänomene annäherungsweise zu verstehen und zu erklären.

Beständiger, aber doch vorläufiger Charakter

Naturwissenschaftliches Wissen ist zwar beständig und hat die zurzeit beste Erklärungsmacht. Naturwissenschaftliches Wissen kann sich jedoch im Lichte neuer Erkenntnisse verändern.

Gesellschaftlicher und kultureller Einfluss

Naturwissenschaftliche Ideen werden durch den zurzeit herrschenden gesellschaftlichen und kulturellen Kontext geprägt. Wirtschaft, Politik, sozioökonomische Lage etc. prägen, was und wie geforscht wird. Auch Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler selbst werden durch kontextuelle Faktoren beeinflusst. Außerdem üben Forschung und Forschende ihrerseits einen Einfluss auf ihr Umfeld aus.

Kritiker monieren, dass der schwer übersetzbare Ausdruck «Nature of Science» für sich in Anspruch nimmt, das eigentliche Wesen der Naturwissenschaften zu beschreiben (Matthews, 2012). Entsprechend erwecken Listen mit Elementen von Nature of Science den Eindruck, dass damit wirklich der innere Kern der Naturwissenschaften beschrieben wird. Wie bereits erwähnt, sind solche Listen jedoch unvollständig und wissenschaftstheoretisch schwer haltbar. Entsprechend wird von Matthews (2012) vorgeschlagen, anstatt «Nature of Science» viel besser den Ausdruck «Features of

Science» (in etwa zu übersetzen mit «Charakteristika, Merkmale der Naturwissenschaften») zu verwenden, da dieser offener sei.

19.2 Das Alltagsverständnis von Naturwissenschaften

Nachdem im vorangegangenen Teil die für eine Allgemeinbildung relevanten Elemente des Wesens der Naturwissenschaften zusammengefasst worden ist, geht es nun um die in der Bevölkerung herrschenden Vorstellungen zu verschiedenen Aspekten der Naturwissenschaften. Im Folgenden wird entlang der in 19.1 aufgeführten Merkmale eine Auswahl empirisch erhobener nicht wissenschaftlicher Konzepte und entsprechender Kommentare aus wissenschaftlicher Sicht zusammengefasst. Die nicht wissenschaftlichen Konzepte sind dabei bewusst überspitzt formuliert und in Anführungszeichen gesetzt. Die Zusammenstellung orientiert sich an den Untersuchungen und Vorschlägen von McComas (1996), Höttecke (2001), Lederman et al. (2002), Lederman (2006) sowie Hammann und Asshoff (2014) zum Wesen der Naturwissenschaften.

Empirische Basis

«In den Naturwissenschaften geht es darum, mit Experimenten einen Effekt zu erzeugen, ein Phänomen zu imitieren, Fakten zu sammeln oder Entdeckungen zu machen.»

Es ist oft nicht klar, dass in den Naturwissenschaften aufgrund konkreter Fragestellungen und dazu passenden Hypothesen gezielt nach Ursachen gesucht wird.

«Experimente werden einige wenige Male durchgeführt und sie liefern eindeutige Ergebnisse.»

Der Sinn von Messwertwiederholungen ist ebenso wenig klar wie der Umstand, dass Daten kritisch hinterfragt werden müssen.

Kreativität statt einer universellen Methode

«Naturwissenschaften sind wenig erfinderisch. Denn sie bedienen sich derselben, wenig kreativen universellen Methode. Experimente sind meist an ein feststehendes Verfahren mit genau definierten Schritten gebunden.»

Es gibt in der Tat einen idealtypischen Forschungszyklus (siehe z. B. Abbildung 14.2 in Kapitel 14). Solche Darstellungen verschweigen allerdings,

dass in Realität oft einzelne Schritte oder ganze Abfolgen von Schritten wiederholt oder variiert werden oder dass beispielsweise ein exploratives Verfahren auch ganz anders ablaufen kann. Dass die Etablierung einer Verfahrensmethode wie beispielsweise der Sequenzierung der DNA oft ein sehr kreativer Prozess sein kann, ist kaum bekannt.

«Wenn ein Experiment nicht klappt, dann wiederholt man es so lange, bis man die gewünschten Ergebnisse erhält.»

Auch dieses Konzept trägt dem kreativen Moment des Experimentierens nicht Rechnung. Zudem wird davon ausgegangen, dass Experimente bestimmte Ergebnisse erzielen sollen und nicht darauf angelegt sind, eine Fragestellung zu untersuchen.

Gesetze nicht auf derselben Ebene wie Theorien

«Theorien werden zu Gesetzen. Eine Theorie ist eine unbewiesene Behauptung. Erst durch Experimente werden objektive Beweise erbracht, durch die sich eine Theorie bestätigen und somit in ein naturwissenschaftliches Gesetz überführen lässt.»

Eine Ursache dieser nicht wissenschaftlichen Vorstellungen liegt in der unterschiedlichen Besetzung des Theoriebegriffs. Umgangssprachlich versteht man unter einer Theorie etwas, bei dem man sich nicht so sicher ist. Aus wissenschaftlicher Sicht handelt es sich bei einer Theorie um empirisch sehr gut belegte Erklärungsansätze, die dennoch veränderbar sind. Naturwissenschaftliche Gesetze hingegen stellen mathematisierbare Beziehungen zwischen natürlich messbaren Phänomenen her. Somit sind naturwissenschaftliche Theorien und Gesetze nicht auf derselben Wissensebene anzusiedeln und lassen sich dementsprechend auch nicht durch noch so viele Experimentiererergebnisse ineinander überführen.

Diskursive Anerkennung neuer Erkenntnisse

«Die Anerkennung neuer naturwissenschaftlicher Erkenntnisse erfolgt meist rasch und ohne Widerspruch, denn die Fakten sprechen ja für sich. Wenn Forschungsergebnisse kontrovers diskutiert werden, dann weil eine Theorie noch nicht hundertprozentig bewiesen wurde.»

Es ist wenig bekannt, dass neue naturwissenschaftliche Erkenntnisse in der Regel innerhalb einer Forschungsgemeinschaft erst anerkannt werden, wenn sie sich mehrfach und wenn möglich von unterschiedlichen Forschungs-

teams reproduzieren lassen. Die Rolle der Forschungsgemeinschaften insgesamt ist nicht klar. So ist der Sinn und der Stellenwert des wissenschaftlichen Publizierens inklusive des Peer-Review-Verfahrens im Sinne einer Qualitätskontrolle wenig bekannt. Dass dadurch neue Erkenntnisse durchaus zu Kontroversen führen können, wird oft dahin gehend interpretiert, dass sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nicht einig sind.

Forschung als Teamarbeit

«Einstein und Mister Q prägen das Bild der Naturwissenschaftler. Ein Forscher sieht wie folgt aus: ein einzelner älterer, weißhaariger Mann mit Brille und Laborkittel in einem Chemielabor mit einem Reagenzglas in der Hand.»

Diese stereotype Vorstellung von Forschenden wird nach wie vor durch Darstellungen in Büchern und Kinofilmen bestärkt. Die rein männliche Form ist dabei absichtlich gewählt. Dass es diesen genialen Einzelkämpfer kaum mehr gibt, ist noch nicht bis an die Öffentlichkeit gedrungen. Der überwiegende Teil der naturwissenschaftlichen Forschung erfolgt jedoch in Teams von Frauen und Männern. Und ein beträchtlicher Teil auch von naturwissenschaftlich-technischer Forschungsarbeit findet nicht in einem Labor, sondern an einem Schreibtisch statt.

Kein Abbild der Realität

«Naturwissenschaftliches Wissen ist ein Abbild der Realität. Durch gewissenhaftes Sammeln von Daten aus Experimenten und Beobachtungen lassen sich neue naturwissenschaftliche Entdeckungen machen. Denn naturwissenschaftliche Konzepte und Modelle repräsentieren die Wirklichkeit und können so in der Natur gefunden werden.»

Diese Vorstellung unterscheidet nicht zwischen empirisch gewonnenen, möglichst objektiven Daten einerseits und den wohl evidenzbasierten, aber dennoch durch den historisch-kulturellen Kontext geprägten Schlussfolgerungen andererseits. Weiter werden naturwissenschaftliche Modelle überwiegend als etwas Handfestes im Sinne von Strukturmodellen betrachtet. Die Rolle von Theorien und Modellen im Sinne von Denk- und Funktionsmodellen, als Hilfsmittel zur Entwicklung von Erklärungen und Versuchen der Annäherung an die Wirklichkeit, ist hingegen wenig bekannt.

Beständiger, aber doch vorläufiger Charakter

«Naturwissenschaftliches Wissen ist absolut und unumstößlich, denn Naturwissenschaften liefern eindeutige und klare Beweise. Entsprechend ist naturwissenschaftliches Wissen in Stein gemeißelt und weder diskutierbar noch revidierbar.»

Naturwissenschaftliche Konzepte und Theorien werden nicht als zurzeit gerade beste Erklärungen natürlicher Phänomene betrachtet. Naturwissenschaftliche Theorien werden nicht als Versuch einer Annäherung an eine kaum je völlig zu erklärende Wirklichkeit begriffen. Es ist entsprechend nicht klar, dass naturwissenschaftliches Wissen im Lichte neuer Erkenntnisse oder aufgrund besserer Messverfahren durchaus revidiert werden kann.

Gesellschaftlicher und kultureller Einfluss

«Naturwissenschaftliche Fakten sprechen für sich. Sie lassen sich durch historische und gesellschaftliche Faktoren nicht beeinflussen.»

Zahlreiche naturwissenschaftliche Entdeckungen konnten nur erfolgen, weil die gesellschaftlichen Rahmenbedingungen diese erst ermöglichten. Beispielsweise konnten Forscher wie Newton oder Darwin ihre Arbeiten nur deshalb durchführen, weil sie dank der damals herrschenden wirtschaftlichen Gesellschaftsordnung die dafür notwendige Zeit und die Mittel zur Verfügung hatten und auch das notwendige Grundlagewissen vorhanden war. Ein weiteres Beispiel ist die aufgrund des 2. Weltkriegs sehr rasch vorangeschrittene Kernphysik. So lassen sich unzählige Beispiele von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung aufzählen, die nur realisiert werden konnten, weil die zu der Zeit herrschenden politischen, gesellschaftlichen, kulturellen und weiteren Bedingungen gerade stimmten.

19.3 Das Wesen der Naturwissenschaften im Schulunterricht**19.3.1 Gehört das Wesen der Naturwissenschaften in den Unterricht?**

Die Diskrepanz zwischen wissenschaftlichem Konzept der Naturwissenschaften und den entsprechenden Alltagsvorstellungen ist augenfällig. Doch bedeutet das automatisch, dass das Wesen der Naturwissenschaften zum Schulstoff gehören muss? Zahlreiche Autorinnen und Autoren nennen das Wesen der Naturwissenschaften als einen integralen Bestandteil einer

naturwissenschaftlichen Allgemeinbildung (vgl. Kapitel 11). Shamos (2002) führt an, dass der bisherige Naturwissenschaftsunterricht die Menschheit nicht dazu gebracht habe, die gesellschaftlichen Probleme auf naturwissenschaftlich-rationale Art zu lösen. So offenbaren nicht zuletzt politische und gesellschaftliche Akteurinnen und Akteure Mängel in ihrem Naturwissenschaftsverständnis. Hierzu drei exemplarische Beispiele:

- Sogenannte klimaskeptische Politikerinnen und Politikern mischen sich in die Publikationstätigkeit von peer reviewten Wissenschaftszeitschriften ein (AAAS, 2015), weil nicht klar ist, wie der naturwissenschaftliche Erkenntnisbildungsprozess abläuft.
- Ein mangelhaftes Verständnis des naturwissenschaftlichen Theoriebegriffs führt in den USA zur Forderung, Evolutionstheorie und Intelligent Design (kreationistische Schöpfungslehre) im Naturwissenschaftsunterricht den gleichen Stellenwert einzuräumen. Es wird nicht realisiert, dass eine naturwissenschaftliche Theorie, die sich diskursiv der Realität anzunähern versucht, nicht auf der gleichen Ebene angesiedelt ist wie eine Religion, die für sich einen Wahrheitsanspruch erhebt.
- Es gibt zahlreiche Aussagen von Politikerinnen und Politikern zur Verlässlichkeit wissenschaftlichen Wissens wie «Fast in jedem Politikbereich gibt es wissenschaftliche Erkenntnisse in die eine und andere Richtung» und «Für viele Fragestellungen gibt es aber keine eindeutige wissenschaftliche Antwort» (SCNAT, 2015). Solche Aussagen demonstrieren ein falsches Verständnis der Endgültigkeit sowie der gesellschaftlichen Unabhängigkeit von wissenschaftlichem Wissen und können zur Vernachlässigung wissenschaftlicher Erkenntnisse bei politischen Entscheidungsfindungsprozessen führen.

Bedeutet diese Mängel nun, dass Naturwissenschaftsunterricht seine Ziele nicht erreicht und entsprechend gekürzt werden kann? Angesichts der aus den oben aufgeführten drei Beispielen resultierenden Konsequenzen für die Gesellschaft ist eine solche Kapitulation keine Option. Denn könnten diese Mängel nicht viel eher daraus resultieren, dass Naturwissenschaftsunterricht nach wie vor zu stark auf die Vermittlung von Fakten fokussiert? Wie von Shamos (2002) wird hier deshalb dafür plädiert, dass im Naturwissenschaftsunterricht verstärkt auch Methoden und Prozesse der Erkenntnisgewinnung, also auch das Wesen der Naturwissenschaften stärker zu gewichten sind.

19.3.2 Lässt sich das Wesen der Naturwissenschaften überhaupt unterrichten?

Die Integration von Aspekten des Wesens der Naturwissenschaften in den Schulunterricht ist offensichtlich nötig. Doch ist zu beachten, dass die Merkmale in Textbox 19.1 nicht als auswendig zu lernendes Dogma im Unterricht präsentiert werden (Matthews, 2012). Das Ziel von Nature of Science im Unterricht besteht vielmehr darin, dass Kinder und Jugendliche sich mit dieser Art der Erkenntnisgewinnung konstruktiv kritisch auseinandersetzen und einen Einblick erhalten, wie Naturwissenschaften Wissen schaffen. So bildet Nature of Science im nationalen neuseeländischen Lehrplan einen übergeordneten Strang, der die anderen vier Stränge (belebte Welt, Erde und Weltall, physikalische Welt, materielle Welt) vereint (Ministry of Education, 2007). Aufgrund dieser Bedeutung sind im neuseeländischen Kontext sehr viele Unterrichtsmaterialien entstanden, die das Verständnis von Nature of Science fördern.²

Wiederholt wird bezweifelt, dass sich solche Inhalte an alle Schülerinnen und Schüler vermitteln lassen (z. B. Shamos, 1995). Dem stehen Erkenntnisse aus Studien gegenüber, in welchen gezeigt werden konnte, dass nicht wissenschaftliche Konzepte, wie sie unter 19.2 aufgeführt wurden, sich mittels reflektierten forschend-entdeckenden Unterrichts durchaus in reifere Vorstellungen überführen lassen (Khishfe & Abd-el-Khalick, 2002). Sodian und Kolleginnen konnten sogar zeigen, dass «grundlegende Prinzipien wissenschaftlicher Argumentation bereits im Grundschulalter [bis 10 Jahre] vermittelbar sind» (Sodian, Koerber & Thoermer, 2006, S. 18), und das sogar mit einem nachhaltig messbaren Effekt auch noch ein Jahr nach dem entsprechenden Unterricht. Damit solche Effekte erreicht werden, gilt es, die Schülerinnen und Schüler nicht nur zum Nachdenken anzuregen, sondern sie in altersgemäßer Form explizit zur Reflexion des Prozesses der Erkenntnisgewinnung anzuhalten.

19.3.3 Entmystifizierung des Wesens der Naturwissenschaften im Schulunterricht

Was bedeuten diese Erkenntnisse konkret für den naturwissenschaftlich-technischen Unterricht? Im Folgenden werden exemplarisch einige der in 19.2 aufgeführten nicht wissenschaftlichen Vorstellungen aufgegriffen und

2 Nature of Science Teaching Activities. Online unter: <http://scienceonline.tki.org.nz/Nature-of-science/Nature-of-Science-Teaching-Activities> (24. März 2016).

skizziert, wie eine Reflexion des Wesens der Naturwissenschaften im Unterricht berücksichtigt werden könnte.

Empirische Basis: Experimente dienen nicht nur der Erzeugung eines Effektes. Der Unterschied zwischen einem Phänomen erzeugenden und einem fragengeleiteten Experiment lässt sich am besten an einem konkreten Beispiel erlebbar machen. Wichtig dabei ist, dass die beiden Vorgehensweisen im Unterricht explizit kontrastiert werden.

Beispiel:

Experiment zur Erzeugung eines Phänomens: Die Schülerinnen und Schüler erfahren anhand eines rezeptartig angeleiteten Vorgehens, dass sich ein Draht erhitzt, wenn er von elektrischem Strom durchflossen wird. Fragengeleitetes Experimentieren: Die Kinder werden angehalten, sich zu überlegen, wodurch das Ausmaß der Erwärmung des Drahtes beeinflusst werden könnte. Ihre Ideen sollen sie experimentell überprüfen und dokumentieren.

Kreativität statt einer universellen Methode

In den Naturwissenschaften wird methodisch, aber auch kreativ gearbeitet. Sobald der hypothetisch-deduktive Experimentierzyklus gefestigt ist, kann man die Klasse dazu anhalten, dieses methodische Vorgehen mit naturwissenschaftlichen «Zufallsentdeckungen» zu vergleichen. Dies hat den Vorteil, dass gleichzeitig das Methodenwissen zum hypothetisch-deduktiven Vorgehen gefestigt wird, wie auch die Einsicht erfolgt, dass naturwissenschaftliches Forschen eben auch eine wichtige kreative Komponente besitzt.

Beispiel:

Das Kern-Hülle-Atommodell erarbeiten sich die Schülerinnen und Schüler anhand von Rutherfords Goldfolien-Streuversuchen. Dabei wird das naturwissenschafts-methodische Vorgehen aufgefrischt. Danach wird den Jugendlichen in geeigneter Form die Entdeckung der Röntgenstrahlen präsentiert mit der Aufforderung, diese Entdeckung mit dem hypothetisch-deduktiven Vorgehen zu vergleichen.³

3 Weitere Beispiele von «kreativen naturwissenschaftlichen Zufallsentdeckungen» finden sich z. B. im Buch «Große Entdeckungen durch kleine Zufälle» (Schneider, 2006).

Diskursive Anerkennung neuer Erkenntnisse

Eine erste Variante, den diskursiven Anerkennungsprozess von naturwissenschaftlicher Erkenntnis näherzubringen, besteht darin, die Lernenden selbst anhand ihrer eigenen nicht wissenschaftlichen Erfahrungen erleben zu lassen, wie schwierig es ist, liebgewonnene Vorstellungen loszulassen, um ein neues Konzept zu übernehmen.

Beispiel:

Anhand der Frage «Woher nehmen Pflanzen ihre Bausubstanz?» aktivieren die Schülerinnen und Schüler zunächst ihre eigenen Vorstellungen. Mithilfe der historischen Experimente von van Helmont, Priestley und Ingenhousz erarbeiten sich die Lernenden die wissenschaftliche Sichtweise (z. B. Aufleger, Ziegler & Neuhaus, 2012). Als Abschluss überlegt sich die Klasse, weshalb die «Entdeckung» der Fotosynthese insgesamt mehrere Hundert Jahre gedauert haben mag.

Eine zweite Herangehensweise besteht darin, die Schülerinnen und Schüler in der Rolle von Forschenden eine Theorie gegenüber Widerständen aus der Forschungsgemeinschaft verteidigen zu lassen.

Beispiel:

In der Rolle von Alfred Wegener sollen die Lernenden zur Theorie der Kontinentalverschiebung Argumente gegen reale historische Vorwürfe zusammentragen. Als Hilfestellung steht ihnen entsprechendes Informationsmaterial zur Verfügung.

Kein Abbild der Realität

Modelle sollen im Naturwissenschaftsunterricht nicht nur zur Veranschaulichung von schwer zugänglichen Strukturen oder Ideen eingesetzt werden. Die Schülerinnen und Schüler sollen beim Einsatz von naturwissenschaftlichen Modellen auch zur Diskussion der Modellgrenzen angehalten werden (Kircher, 2007; Weitzel & Meisert, 2014).

Beispiele:

Die Lernenden betrachten unter dem Mikroskop verschiedene Arten von Zellen. Anhand dieser Informationen basteln sie selbst ein Strukturmodell einer Zelle aus Knete. Nun gilt es aber, noch einen Schritt weiter zu gehen: Anhand weiterer Informationen sollen sie die Grenzen der Aussagekraft ihrer eigenen Modelle aufzeigen.

Anhand eines Funktionsmodelles wird die Zwerchfellatmung sichtbar gemacht. Mithilfe eines Strukturmodells und Eigenkörperversuchen sollen die Lernenden selbst erarbeiten, inwieweit das Funktionsmodell der Realität entspricht. Der Stromkreislauf wird im Unterricht anhand einer Analogie zum Wasserkreislauf eingeführt. Nun sollen die Schülerinnen und Schüler die Unzulänglichkeiten dieser Analogie im Rahmen einer formativen Lernkontrolle identifizieren.

Beständiger, aber doch vorläufiger Charakter

Damit Lernende naturwissenschaftliche Konzepte als diskutierbare Annäherungsversuche an die Wirklichkeit begreifen, müssen sie sich aktiv mit der Veränderung ausgesuchten naturwissenschaftlichen Wissens auseinandersetzen. Dies kann einerseits anhand des Wandels naturwissenschaftlicher Konzepte im historischen Kontext erfolgen und/oder durch Erfahrbarmachen der unzureichenden Erklärungsmacht von Theorien und Modellen sowie der entsprechenden Anpassung.

Beispiel:

Ein Paradebeispiel für den Wandel von Modellvorstellungen aufgrund mangelnder Erklärungsmacht im Laufe der Geschichte ist die Entwicklung der Vorstellungen der Atommodelle vom Teilchenmodell im Minimum bis hin zum Kern-Hülle-Modell.

Gesellschaftlicher und kultureller Einfluss

Naturwissenschaftliche Erkenntnisse waren schon immer auch ein Spielball der Gesellschaft und vor allem auch der Politik.⁴ Mit solchen Zusammenhängen sollen sich die Jugendlichen sowohl im Rahmen des Geschichts- als auch des Naturwissenschaftsunterrichts aktiv auseinandersetzen, beispielsweise anhand von Rollenspielen oder Fallstudien.

4 Hier einige Beispiele: Galileo und die Kopernikanische Wende; die Vereinnahmung von Teilen der Evolutionstheorie durch den Faschismus; Kontroverse um den anthropogenen Klimawandel; weitere Beispiele von politischer Einflussnahme auf naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung finden sich in Oreskes & Conway (2014).

Beispiel:

Im Zusammenhang mit dem Thema Wetter und Klima werden Ausschnitte aus Al Gores Film «Die unbequeme Wahrheit» mit inhaltlich entsprechenden Sequenzen aus dem nicht wissenschaftlichen polemischen Machwerk «Der Klimaschwindel» (orig. «The Great Global Warming Swindle») kontrastiert (Kunz & Wilhelm, 2010).

19.4 Fazit

Das vorliegende Kapitel macht deutlich, dass ein Verständnis des Wesens der Naturwissenschaften nicht nur eine akademische Spielerei darstellt. Das Beispiel des Klimaskeptizismus zeigt, dass nicht wissenschaftliche Vorstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften potenziell weitreichende Konsequenzen für die Menschheit haben können. Entsprechend ist es wichtig, dass jetzige und künftige Entscheidungstragende sich nicht nur grundlegendes naturwissenschaftliches Fach- und Konzeptwissen aneignen, sondern sich auch mit dem Prozess der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung auseinandersetzen. Anhand von konkreten Beispielen aus Naturwissenschaften und Technik sollen Kinder, Jugendliche und Erwachsene mit nicht wissenschaftlichen Vorstellungen zum Wesen der Naturwissenschaften konfrontiert werden und ihre eigenen Sichtweisen reflektieren.

19.5 Literatur

- AAAS, American Association for the Advancement of Science (1989). *Project 2061: Science for All Americans*. AAAS, Washington, DC.
- AAAS, American Association for the Advancement of Science (2015). *AAAS Leads Coalition to Protest Climate Science Inquiry*. Abgerufen von <http://www.aaas.org/news/aaas-leads-coalition-protest-climate-science-inquiry> (24. März 2016).
- Aufleger, M., Ziegler, M. & Neuhaus, B. (2012). Forscherkiste mit Forscherheft: Photosynthese. *Unterricht Biologie* 317/318, 19–28.
- Hammann, M. & Asshoff, R. (2014). *Schülervorstellungen im Biologieunterricht. Ursachen für Lernschwierigkeiten*. Seelze: Kallmeyer Klett.
- Höttecke, D. (2001). Die Vorstellungen von Schülern und Schülerinnen von der «Natur der Naturwissenschaften». *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften* 7, 7–23.
- Khishfe, T. & Abd-el-Khalick, F. (2002). Influence of Explicit and Reflective versus Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Sixth Graders' Views of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching* 39(7), 551–578.

- Kircher, E. (2007). Modellbegriff und Modellbildung in der Physikdidaktik. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik. Theorie und Praxis* (S. 735–762). Heidelberg: Springer.
- Kunz, P. & Wilhelm, M. (2010). Luft und Klima. Impulse für den Unterricht. 18 Unterrichtseinheiten. In R. Kyburz-Graber, U. Nagel & F. Odermatt (Hrsg.), *Handeln statt hoffen. Materialien zur Bildung für Nachhaltige Entwicklung für die Sekundarstufe I* (S. 97–102). Zug: Klett und Balmer.
- Lederman, N. G. (2006): Syntax of Nature of Science within Inquiry and Science Instruction. In L. B. Flick & N. G. Lederman (Hrsg.), *Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning and Teacher Education* (S. 301–317). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Lederman, N. G., Abd-el-Khalik, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Toward Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching* 39(6), 497–521.
- Matthews, M. R. (2012). Changing the Focus: From Nature of science (NoS) to Features of Science (FoS). In M. S. Khine (Hrsg.), *Advances in Nature of Science Research*. (S. 3–26). Dordrecht: Springer.
- McComas, W. F. (1996). Ten Myths of Science: Reexamining what we think we know about the nature of science. *School Science and Mathematics* 96(1), 10–16.
- McComas, W. F. (2015). The Nature of Science & the Next Generation of Biology Education. *The American Biology Teacher* 77(7), 485–491.
- McComas, W. F., Clough, M. P. & Almazroa, H. (1998). The Nature of Science in Science Education – An Introduction. *Science & Education* 7, 511–532.
- Ministry of Education (2007). *The New Zealand curriculum*. Wellington: Learning Media.
- Oreskes, N. & Conway, E. (2014). *Die Machiavellis der Wissenschaft: Das Netzwerk des Leugnens*. Weinheim: Wiley-VCH.
- Osborne, J., Collins, S., Ratcliff, M., Millar, R. & Duschl, R. (2003). What «Ideas-about-Science» Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community. *Journal of Research in Science Teaching* 40(7), 692–720.
- Schneider, M. (2006). *Teflon, Post-it und Viagra: Große Entdeckungen durch kleine Zufälle*. Weinheim: Wiley-VCH.
- SCNAT, Swiss Academy of Science (2015). *ScienceDebate Schweiz*. Online unter: <http://www.naturwissenschaften.ch/organisations/scnat/expertise/sciencedebate> (1. März 2016).
- Shamos, M. H. (1995). *The Myth of Scientific Literacy*. New Brunswick, NJ: Routgers University Press.
- Shamos, M. H. (2002). Durch Prozesse ein Bewusstsein für Naturwissenschaften entwickeln. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy. Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 45–68). Opladen: Leske + Budrich.
- Sodian, B., Koerber, S. & Thoermer, C. (2006). Zur Entwicklung des naturwissenschaftlichen Denkens im Vor- und Grundschulalter. In P. Nentwig & S. Schanze (Hrsg.), *Es ist nie zu früh. Naturwissenschaftliche Bildung in jungen Jahren* (S. 11–20). Münster: Waxmann.
- Weitzel, H. & Meisert, A. (2014). Modelle im Biologieunterricht. *Unterricht Biologie* 397/398, 2–11.

Unter dem Titel «Innovation SWiSE – Swiss Science Education» engagieren sich seit 2009 zahlreiche Expertinnen und Experten der Naturwissenschaftsdidaktik für die Weiterentwicklung des naturwissenschaftlich-technischen Unterrichts in der Schweiz. Im vorliegenden Band werden zunächst Rahmenbedingungen und Facetten von SWiSE vorgestellt. Erfolgsfaktoren und Herausforderungen der Weiterbildungsangebote werden diskutiert, Synergien mit anderen Initiativen vorgestellt und das Projekt «SWiSE-Schulen» näher beleuchtet. Der Fokus des zweiten Teils liegt auf den naturwissenschaftsdidaktischen Grundlagen von SWiSE. Ausgehend von einer Auslegeordnung zur naturwissenschaftlich-technischen Grundbildung werden Aspekte des praktischen und forschend-entdeckenden Lernens für alle Stufen der obligatorischen Schule vorgestellt. Den Abschluss bildet der SWiSE-Kompetenzrahmen für naturwissenschaftlich-technisches Unterrichten.



 **Haupt**