



Dr. Regina Hübinger, Markus Emden,
Prof. Dr. Elke Sumfleth
Universität Duisburg-Essen

»Mein Körper
und ich
auf Weltreise«



»Wasser –
die vielen Gesichter
eines Stoffes«



Wetter
Baustein A



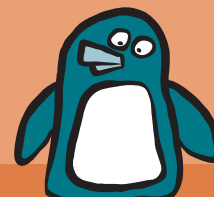
Energie
Baustein B+C



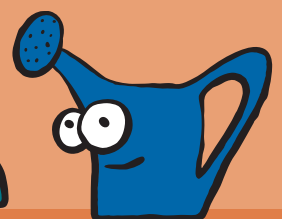
Ernährung
Baustein D+E



**Steckbrief
Wasser**
Baustein F



**Lebensraum
Wasser**
Baustein G



**Rohstoff
Wasser**
Baustein H

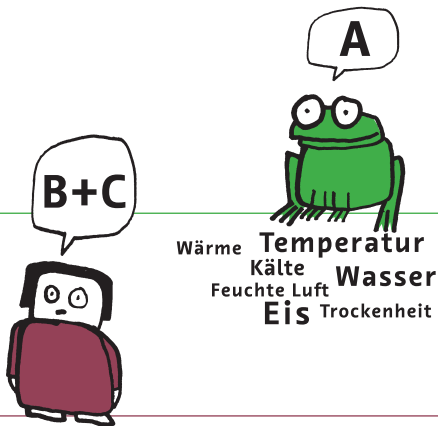


Dr. Regina Hübinger, Markus Emden,
Prof. Dr. Elke Sumfleth
Universität Duisburg-Essen

»Mein Körper und ich auf Weltreise«



»Wasser – die vielen Gesichter eines Stoffes«



A
Wärme **Temperatur**
Kälte **Wasser**
Feuchte Luft
Eis Trockenheit

Wetter

Baustein A: Wetter in anderen Regionen der Erde

B+C
Temperaturmessung
Energie und Körper Homöostase
Verdunstung Gänsehaut
Haut Schwitzen Wärmeisolierung

Energie

Baustein B: Temperaturmessung

Baustein C: Energie und Körper

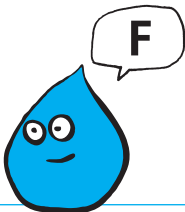


D+E
Auswahl des Proviant
Haltbarkeit **Nährstoffe**
Nachweis von Inhaltsstoffen
Energiebedarf

Ernährung

Baustein D: Auswahl des Reiseproviant

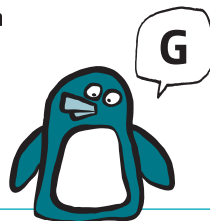
Baustein E: Nährstoffe



F
Schwimmen **Sinken**
Sieden **Kondensieren**
Eis Anomalie **Oberflächenspannung**
Erosion

Steckbrief Wasser

Baustein F: Eigenschaften des Wassers



G
Wasserkraft
Anpassung
Wasservorkommen
Kiemen **Mühle**
Eisfischen
Klimawandel

Lebensraum Wasser

Baustein G: Anpassungsleistungen von Tieren und Menschen



H
Wasserkreislauf
virtuelles Wasser
Trinkwasser
Aufbereitung Verbrauch
Wasserhärte

Rohstoff Wasser

Baustein H: Verantwortungsvolle Wassernutzung

	Vorwort der Schering Stiftung	5
	Vorwort des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung	6
1	Danksagung	7
2	Einleitung	8
3	Anforderungen an den naturwissenschaftlichen Unterricht	10
3.1	Neue Lehrpläne	11
3.2	Die Bausteinblöcke	14
3.2.1	Das Thema Weltreise (Bausteine A-E)	
3.2.2	Das Thema Wasser (Bausteine F-H)	
3.3	Bedeutung der Bildungsstandards	18
3.4	Problemlösen als Gestaltungsprinzip von Unterricht	21
3.5	Das Experiment und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen	28
3.5.1	Experiment und Schule	
3.5.2	Zielsetzungen	
3.5.3	Strukturierung von Experimentierphasen	
3.5.4	SDDS und NAW	
3.5.5	Interaktionsboxen	
3.5.6	Einbindung des Experiments im Unterricht	
4	Unterrichtsgestaltung mit dem Material	36
5	Strukturierungstraining für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen	40
6	Literaturverzeichnis	42

Begeisterung statt Büffeln – Naturwissenschaften, die Spaß machen

Die PISA-Studie 2006 hat für die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von deutschen Schülerinnen und Schülern erfreulicherweise ein deutlich positiveres Bild ergeben als die vorhergehenden Studien. Offenbar haben die Bemühungen um eine Verbesserung der Unterrichtsqualität, zum Beispiel durch eine stärkere Anwendungsorientierung und durch didaktisch verbesserte Schülerexperimente, Früchte getragen. Aber auch die verstärkten Anstrengungen, bereits zu Beginn der Sekundarstufe ein breiteres Spektrum an Naturwissenschaften anzubieten und den Unterricht stärker auf Kompetenzen auszurichten und an Standards zu orientieren, haben die Entwicklung positiv beeinflusst. Die Schering Stiftung sieht sich durch diese Ergebnisse in ihrem Ansatz bestärkt, mithilfe der Erarbeitung von Lehrmaterialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht in den Jahrgangsstufen 5 und 6 zu einer Verbesserung der Unterrichtsqualität beizutragen. Diese Materialien zielen darauf ab, Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit zum eigenständigen Experimentieren zu geben, es ihnen aber auch zu ermöglichen, Schlussfolgerungen aus diesen Experimenten zu ziehen, eigene Erklärungsansätze zu entwickeln und den Alltagsbezug naturwissenschaftlicher Konzepte herzustellen. Dieser Ansatz war bereits bestimmend für die ersten Materialien zum Thema »Mein Körper und ich auf Weltreise«, die im Jahr 2006 erschienen sind, und er wurde bei den neuen Materialien zum Thema »Wasser – die vielen Gesichter eines Stoffes« konsequent weitergeführt. Die Schering Stiftung ist Frau Prof. Dr. Elke Sumfleth und ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern an der Universität Duisburg-Essen zu großem Dank verpflichtet. Ihre Arbeit hat es uns ermöglicht, durch Unterrichtsmaterialien, die sich am neuesten Stand der pädagogischen Forschung orientieren, einem unserer wichtigsten Ziele nachzukommen: Kinder und Jugendliche für Wissenschaft und Forschung zu begeistern. Dass hier weitere Anstrengungen unumgänglich sind, hat die PISA-Studie 2006 ebenfalls gezeigt: Immer noch interessiert sich ein beträchtlicher Anteil der hochkompetenten Schülerinnen und Schüler wenig bis gar nicht für die Naturwissenschaften. Der naturwissenschaftliche Unterricht kann und muss deshalb eine wichtige Rolle dabei spielen, mehr begabte Jugendliche für die Naturwissenschaften zu gewinnen, um den Nachwuchs für naturwissenschaftliche und technische Berufsfelder zu sichern, ohne den unsere Gesellschaft nicht überlebensfähig ist.



Dr. Carsten Klein
Vorstand Wissenschaft
Sprecher des Vorstands



Die Ergebnisse der PISA-Studien haben in Deutschland zu einer intensiven Diskussion über Bildung im Allgemeinen und über die Stärkung der naturwissenschaftlichen Bildung im Besonderen geführt. Damit verbunden war eine Abkehr von der Input-Steuerung über Lehrpläne und eine Hinwendung zu einer Output-Steuerung über die Festlegung von Bildungszielen und deren Überprüfung. Die Bildungsziele sind für viele Fächer, auch für die Naturwissenschaften, als Kompetenzen in nationalen Bildungsstandards formuliert. Diese Kompetenzen beschreiben Fähigkeiten und Fertigkeiten, mit denen Schülerinnen und Schüler selbstständig vielfältige Probleme lösen können. Neben das im traditionellen Unterricht im Vordergrund stehende Fachwissen treten in den Bildungsstandards drei weitere Kompetenzbereiche, nämlich Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewerten.

Der in den Bildungsstandards angestrebte Kompetenzerwerb ist nicht ohne Inhalte möglich – aber auch das Inhaltslernen um des Inhalts willen ist nicht erwünscht. Vielmehr sollen Schülerinnen und Schüler an konkreten Beispielen Wissen erwerben, das sie später auf andere Inhalte übertragen können. Ein Lernanlass kann dabei durchaus mehrere Kompetenzbereiche berühren. Dieser Ansatz wird von den hier vorliegenden Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6 beispielhaft aufgegriffen und umgesetzt. Die Absicht, Lehrerinnen und Lehrer bei der Gestaltung kompetenzorientierten Unterrichts zu unterstützen, der Schülerinnen und Schülern Lust auf Naturwissenschaft macht, wird durch die zahlreichen Unterrichtsvorschläge verwirklicht. Die Leitidee einer Weltreise aus dem ersten Teil der Materialien wird nun mit dem Blick auf die vielen Facetten des Wassers fortgeführt. So können Schülerinnen und Schüler am vermeintlich Bekannten spannende, neue Aspekte entdecken und gleichzeitig Handlungswissen aufbauen, das eine Grundlage für den späteren Unterricht in den Naturwissenschaften bildet.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Baumert'.

Prof. Dr. Jürgen Baumert
Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin

Die Unterrichtsmaterialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6 gehen nun in ihre zweite Runde. Nachdem »Mein Körper und ich auf Weltreise« mit so positiver Resonanz aufgenommen wurde, hat sich die Schering Stiftung dazu entschlossen, Materialien zu einem weiteren Schwerpunkt zu entwickeln. Die Erfahrungen, die nach Vorlage des ersten Materialpakets gesammelt wurden, bestätigen dessen grundlegende Konzeption und fließen auch in »Wasser – die vielen Gesichter eines Stoffes« ein. Untrennbar verbunden damit ist die unterrichtspraktische Erprobung und anschließende Optimierung. Den Lehrerinnen und Lehrern, die sich an der Evaluation beteiligt haben, gilt an dieser Stelle unser Dank.

Gleichzeitig ist durch den engen Kontakt zur Forschergruppe und dem Graduiertenkolleg »Naturwissenschaftlicher Unterricht« an der Universität Duisburg-Essen die Expertise biologie- sowie physik- und chemiedidaktischer Forschung eingeflossen. Allen Kolleginnen und Kollegen, die unsere steten Nachfragen geduldig angehört haben und mit uns zusammen um fachwissenschaftlich korrekte und schülergerechte Formulierungen gerungen haben, sei ebenfalls herzlich gedankt.


In der Weiterentwicklung und Überarbeitung der Materialien wurde das Augenmerk verschärft auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen gerichtet. Die Anleitung von Schülerinnen und Schülern zum selbstständigen experimentellen Arbeiten und damit die Förderung ihrer Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung wird in Zukunft zunehmend Bedeutung erlangen und den Erfolg naturwissenschaftlichen Unterrichts maßgeblich mit beeinflussen. Die vorliegenden Materialien sollen Lehrerinnen und Lehrer speziell beim Unterrichten mit dieser Zielsetzung unterstützen. Für Anregungen und weitere Verbesserungsvorschläge sind wir allen dankbar, die uns ihre Erfahrungen und Ideen zurückmelden, um das Material auch zukünftig weiter zu optimieren.

Ohne das Engagement und Bekenntnis der Schering Stiftung zur naturwissenschaftlichen Frühförderung von Schülerinnen und Schülern hätten diese Unterrichtsmaterialien nicht zustande kommen können. Unser Dank gilt hier stellvertretend Dr. Carsten Klein, der die Fortführung des Projekts stets unterstützt und engagiert begleitet hat. Zum Schluss wünschen wir allen, die mit diesen Materialien arbeiten, viel Freude und hoffen, dass positive Erfahrungen Mut machen, neue Wege zu beschreiten.

Essen, im Mai 2009


Dr. Regina Hübinger


Markus Emden


Prof. Dr. Elke Sumfleth



Die hier vorliegenden Unterrichtsmaterialien greifen den in vielen Bundesländern bestehenden Trend auf, für die Klassen 5/6 Lehrpläne zu erstellen, die sich an der Ausbildung naturwissenschaftlicher Grundbildung bei Schülerinnen und Schülern (SuS) der Klassen 5 und 6 orientieren.

In zwei aufeinanderfolgenden Entwicklungsphasen sind dabei Unterrichtsmaterialien zu zwei Rahmenkontexten entstanden, die vielfältig anknüpfbar sind an die Rahmenvorgaben für den naturwissenschaftlichen Unterricht in den Ländern: Im Thema »Weltreise« muss Reiseproviant zusammengestellt werden. Anhand dieses Beispiels wird gezeigt, wie die klassischen Naturwissenschaften integriert unterrichtet werden können. Inhaltlich werden schwerpunktmäßig die Themenkreise »Ernährung«, »Anpassung des Körpers an verschiedene Temperaturen« und »Wahrnehmung und Messung verschiedener Temperaturen« behandelt.

Im Rahmenkontext »Wasser – die vielen Gesichter eines Stoffes« wird ausgehend von einem Unterrichtsgegenstand aufgezeigt, wie sich Naturwissenschaften untereinander sowie mit sozialwissenschaftlichen Ansätzen verquicken lassen. Die Aufteilung der Bausteine folgt in diesem Rahmenkontext der Perspektive, die auf den Gegenstand genommen wird. So finden sich die Bausteine »Steckbrief Wasser«, »Lebensraum Wasser« und »Rohstoff Wasser«.

Das Hauptanliegen der neuen Lehrpläne ist die Förderung der prozessorientierten Kompetenzen, indem vermehrt naturwissenschaftliche Arbeitsweisen eingesetzt, angewendet und gefestigt werden. Diese prozessualen Kenntnisse können im Unterricht durch die Bearbeitung problemorientierter Aufgaben erworben werden, die mithilfe naturwissenschaftlicher Methoden zu lösen sind. Im vorliegenden Material sind viele Beispiele geeigneter Problemaufgaben beschrieben. Im Unterricht sollen die SuS die Möglichkeit bekommen, selbstständig Experimente zu planen und durchzuführen. Ausgangspunkt hierfür sind ihre eigenen Vermutungen.

Das vorliegende Material ist an verschiedenen Schulen in NRW und Berlin erprobt und anschließend modifiziert worden. Aus dieser Zusammenarbeit ergaben sich Ansatzpunkte, an denen sich die äußere Form des Materials orientiert.

In der vorliegenden Publikation werden zwei Bereiche unterschieden:

Im ersten Teil werden Rahmenbedingungen naturwissenschaftlichen Unterrichts und theoretische Konzeptionen dargelegt, die die Erstellung des Materials bestimmt haben. In diesem Teil werden Lehrpläne für den integrierten Unterricht der Naturwissenschaften vorgestellt. Ein wesentliches Merkmal dieser Lehrpläne ist die Formulierung von Bildungsstandards als Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die sich daraus ergebenden Konsequenzen für die Durchführung des Unterrichts werden aufgezeigt.

Im zweiten Teil der Publikation schließen sich die konkreten Unterrichtsmaterialien an, die in acht verschiedenen Bausteinen angeordnet sind.

Die Bausteine heißen:

- **Baustein A:** Wetter in anderen Regionen der Erde
- **Baustein B:** Temperaturmessung
- **Baustein C:** Energie und Körper
- **Baustein D:** Auswahl des Reiseproviant
- **Baustein E:** Nährstoffe
- **Baustein F:** Eigenschaften des Wassers
- **Baustein G:** Anpassungsleistungen von Tieren und Menschen
- **Baustein H:** Verantwortungsvolle Wassernutzung

Baustein A dient als Einstieg in den Themenkontext »Weltreise«. In den **Bausteinen B und C** wird die Anpassung des Körpers an verschiedene Temperaturen bearbeitet. Mithilfe der **Bausteine D und E** kann das Thema »Ernährung« behandelt werden.

Die **Bausteine F bis H** können inhaltlich zwar an einigen Stellen an die vorhergehenden Bausteine anknüpfen, sind jedoch stärker untereinander vernetzt. Es mag sich dabei anbieten, zunächst Materialien des Bausteins F zu bearbeiten und dann variabel mit Angeboten der Bausteine G und H fortzufahren.

Die Materialseiten sind so aufgebaut, dass eine Seite für den direkten Einsatz im Unterricht entworfen wurde. Hierfür wurden in erster Linie Arbeitsblätter für die SuS und Folien für den Overheadprojektor gestaltet. Eine zweite Seite dient dazu, Hinweise für den Einsatz des Arbeitsmaterials für die Lehrerinnen und Lehrer aufzuführen.

3 Anforderungen an den naturwissenschaftlichen Unterricht



In den Unterrichtsmaterialien werden insbesondere folgende charakteristische Anforderungen an den naturwissenschaftlichen Unterricht thematisiert:

Phänomene als Ausgangspunkt integrieren naturwissenschaftlichen Unterrichts

Das Verstehen naturwissenschaftlicher Phänomene aus dem Alltagsleben erfordert die Integration naturwissenschaftlicher Inhalte und Zusammenhänge, die rein fachliche Zuordnung hilft nicht weiter. Die Berücksichtigung der Lernprozesse der SuS führt zu einer stärkeren Schülerorientierung.

Funktion des Experiments im naturwissenschaftlichen Unterricht

Die unterschiedliche Einbindung der Experimente in den Unterricht bedingt die Förderung unterschiedlicher Kompetenzen.

Berücksichtigung der Bildungsstandards

Die in den Lehrplänen formulierten Kompetenzen beschreiben die Ziele, die die SuS am Ende der Jahrgangsstufe 6 erreicht haben sollen. Im Material wird der Zusammenhang zwischen der Instruktion des Lehrers und den dadurch geförderten Kompetenzen gezeigt.

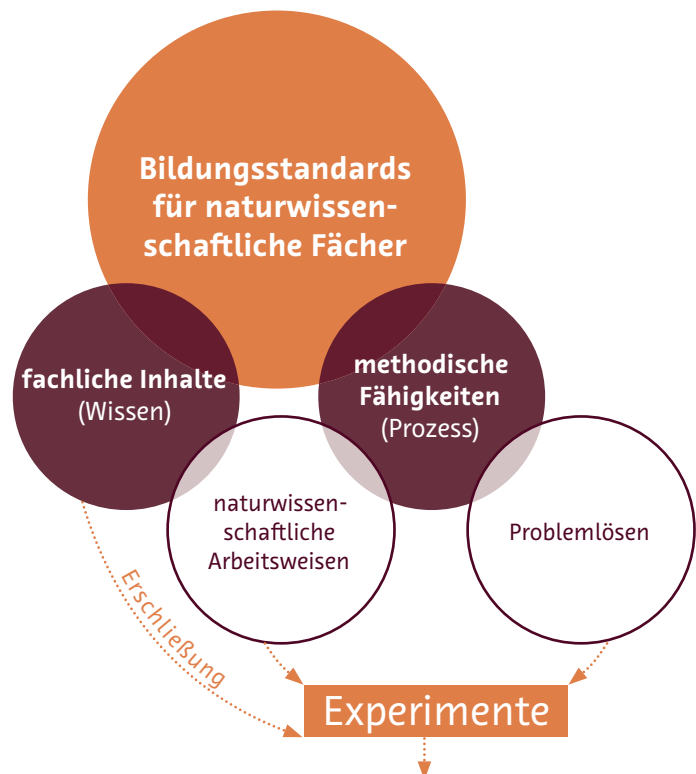
Gleichstellung von Inhalt und Methode

Zunehmend findet man in den Lehrplänen eine vergleichbare Gewichtung inhaltlicher und methodischer Kompetenzen. Die Förderung der methodischen Fähigkeiten der SuS gewinnt dadurch an Bedeutung.

Förderung der Kompetenzen der SuS durch Problemlösen und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen

Durch die Konfrontation mit Problemen werden die SuS angeregt, selbstständig Antworten auf diese Fragen zu finden. Eine besondere Problemlösungsstrategie ist die Beantwortung naturwissenschaftlicher Fragen mithilfe von Experimenten. Zur Vermittlung fachlicher Inhalte tritt auf diese Weise im Unterricht die prozessuale Ebene hinzu und rückt verstärkt in den Blickwinkel der Unterrichtsplanung und -durchführung.

In Abbildung 1 wird dargestellt, wie sich die Aspekte aufeinander beziehen. Die Experimente verknüpfen die Bereiche der fachlichen Inhalte und der Arbeitsweisen. Wenn sie in geeigneter Form in den Unterricht eingebunden werden, werden einerseits fachliche Inhalte im Unterricht vermittelt, andererseits werden manuelle Fertigkeiten und kontextbezogene, epistemologische Fähigkeiten der SuS geschult.



Förderung von Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler

Abb. 1: Experimente zur Umsetzung der Bildungsstandards

Die neuen Lehrpläne für die Klassen 5/6 geben nicht mehr nur konkrete Inhalte vor, die im Laufe eines Schuljahres zu behandeln sind, sondern inhaltliche und methodische Kompetenzziele, die die SuS am Ende einer bestimmten Altersstufe erreicht haben sollen. Damit weisen die Lehrpläne (bzw. die politischen Instanzen) den Lehrern eine höhere Verantwortung für das Lernen ihrer SuS zu. Das Abarbeiten von Begriffen und die isolierte Wissensabfrage im Rahmen des Unterrichts reichen nicht aus, um diese Ziele zu erreichen. Dadurch werden die Lernprozesse der SuS zunehmend wichtiger, wodurch die Methodik bei der Planung, Vorbereitung und bei der Durchführung von Unterricht an Bedeutung gewinnt.

In der folgenden Tabelle (Tab. 1) sind neuere Lehrpläne für den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht zusammengestellt. Die Lehrpläne werden in Bezug auf die Themen und Standards miteinander verglichen. Zudem werden Bezüge der Bausteinblöcke »Mein Körper und ich auf Weltreise« sowie »Wasser – die vielen Gesichter eines Stoffes« zu den jeweiligen Lehrplänen hergestellt.

Dabei zeigt sich Folgendes:

Obwohl die Anzahl der Standards zwischen 76 (Bremen) und 20 (Bayern) variiert, kann diese breite Streuung nicht auf die Anzahl der Stunden des Fachs Naturwissenschaft in den verschiedenen Bundesländern zurückgeführt werden. In Hamburg werden 5 (Physik; Biologie in Klassen 5/6 der integrierten Gesamtschule) und in Bayern 6 Stunden (Klassen 5/6 im Gymnasium G8) unterrichtet. In Baden-Württemberg gibt es z. B. das Fach Naturphänomene als Ergänzung zu differenziertem Unterricht. Bereits durch diesen Vergleich zeigt sich, dass die Standards auf unterschiedliche Weise formuliert und ausgestaltet sind. In einigen Lehrplänen werden Standards zu methodischen Kompetenzen und zu inhaltlichen Kenntnissen unterschieden (z. B. Berlin). Außerdem werden Rahmenthemen genannt, in denen der Kompetenzerwerb besonders gut möglich erscheint. In anderen Lehrplänen werden Inhalte genannt, die verbindlich mit bestimmten Kompetenzen der SuS verknüpft werden sollen (Bayern). In allen Lehrplänen sind Angaben zur Kompetenzschulung im Bereich der naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen genauso zu finden wie Ausführungen zum naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg und zur Funktion des naturwissenschaftlichen Experiments.



	Bezeichnung	Gültig seit:	Organisation des Plans	Exemplarische Bezüge zu »Mein Körper und ich auf Weltreise«	Exemplarische Bezüge zu »Wasser – die vielen Gesichter eines Stoffes«
Baden-Württemberg	Naturphänomene. Bildungsplan Gymnasium.	Schuljahr 2004/2005	18 prozessbezogene Standards in 4 Themenkreisen	Nicht vorgesehen in Jahrgangsstufen 5/6	Themenkreis • „Wasser“ (u. a. Aggregatzustände, Lösemittel)
	Fächerverbund Naturwissenschaftliches Lernen. Bildungsplan Realschule.		inhaltsbezogene Standards (36), prozessbezogene Standards (22) an 12 Themen orientiert	Behandlung des Themas ab Klasse 6	• „Über die biologische Vielfalt staunen“ (Angepasstheit, Körperbau) • „Phänomenologisches Wissen im Bereich der Stoffe sammeln und strukturieren“ (z. B. Stoffeigenschaften (bis Kl. 7)) In den Themen: • „Umgang mit Stoffen aus dem Alltag“ • „Wasser“
	Fächerverbund Materie – Natur – Technik. Bildungsplan Hauptschule/Werkrealschule.		inhaltsbezogene Standards (5), prozessbezogene Standards (20) unter 6 Überschriften	• „Wärme verändert“ (Angepasstheit an Klimate; Haut, Temperaturempfindung und -messung)	• „Vom Chaos zur Ordnung“ (Stoffe und Stoffeigenschaften) • „Wärme verändert“ (Aggregatzustände) • „Belebte Welt“ (Angepasstheit)
Bayern	Fachprofil Natur und Technik. Lehrplan Gymnasium G8.	19.07.2004	20 Standards in 4 Schwerpunkten – keine Differenzierung der Standards	Schwerpunkt „Biologie“ → Der Körper des Menschen und seine Gesunderhaltung (Sinne und Nervensystem, Temperaturregulation, Haut, Skelett und Muskulatur, Stoffaufnahme für Wachstum/Energieaufnahme, Stofftransport, Gesundheitsgefährdung durch Rauchen, Fortpflanzung/Wachstum)	Schwerpunkt „Naturwissenschaftliches Arbeiten“ → Themenbereich Wasser (Aggregatzustände, Lösemittel, Schwimmen und Schweben, Lebensraum Wasser, Wasserkreislauf, Wasseraufbereitung, Wasser als Grundlage des Lebens) Schwerpunkt „Biologie“ mit propädeutischer Chemie → Wirbeltiere in verschiedenen Lebensräumen (Körperbau, Fortbewegung)
	Physik/Chemie/Biologie. Lehrplan für die bayerische Hauptschule.	07.07.2004	8 Schwerpunkte ohne konkrete Standardformulierung	• „Die menschliche Haut“ (Aufbau und Schutzfunktion) • „Temperatur und Wärme“	• „Stoffe im Alltag“ (Stoffe kennen – unterscheiden – trennen – verwerten) • „Lebensgrundlage Wasser“ (Aggregatzustände, Lösemittel, Wasseraufbereitung) • „Lebensraum Wasser“ (Angepasstheit)
Berlin	Naturwissenschaften. Rahmenlehrplan Grundschule.	Schuljahr 2005/2006	inhaltsbezogene Standards (15) und prozessbezogene Standards (12) in 6 Themenbereichen	Trennung zwischen Bewegung und Entwicklung/Ernährung, formuliert werden Anforderungen und Inhalte	Themenbereich • „Umgang mit Stoffen im Alltag“ (Stoffeigenschaften, Schwimmen/Sinken, Stofftrennung/Schmutzwasserreinigung, Aggregatzustände, Lösemittel) • „Sonne – Wetter – Jahreszeiten“ (Oberflächentemperatur, Wärmestrahlung) • „Körper und Bewegung“, „Pflanzen – Tiere – Lebensräume“ (Angepasstheit)
Brandenburg	Rahmenlehrplan Naturwissenschaften. Sekundarstufe I (Wahlpflichtbereich).	1.8.2002	Standards für: Sachkompetenz (15), Methodenkompetenz (10), Sozial- und personale Kompetenz (13) in 37 Themenfeldern	Themenfeld • „Gesundheit – Was kann ich dafür tun?“ (Gesundheit und Ernährung) • „... mit Haut und Haaren“ (Unsere Haut – ein Organ, Regulations- und Ausscheidungsfunktion) • „Energie gehört zum Leben – Energieversorgung der Menschheit“ (Energieumsetzung bei Tieren) • „Der Mensch ist, was er isst – fit for food!“ (Zusammensetzung der Nahrungsmittel, Ernährungsregeln) • „Süßwaren maßvoll genießen!“ (Was ist drin?, Inhaltsstoffe und Gesundheit)	Themenfeld • „Wasser – kostbares Gut und Quelle des Lebens“ (u. a. Eigenschaften, Schweben und Schwimmen, Nutzung und Verbrauch, Vorkommen) • „Was trinke ich denn da?“ (Wasserhaushalt) • „Zu Wasser, zu Lande und in der Luft – Bewegung, wohin man schaut!“ (Fortbewegung im Wasser) (Regenerative Energiequellen und ihre Nutzung) • „Waschen und Reinigen – aber womit?“ (Wasserhärte, Oberflächenspannung)
Bremen	Naturwissenschaften, Biologie – Chemie – Physik. Bildungsplan für Gymnasium. Jahrgangsstufe 5-10.	06.12.2006	inhaltsbezogene Standards (52), prozessbezogene Standards (24) in 7 Rahmenthemen	Rahmenthema • „Gesund bleiben“ (Gesunde Ernährung)	Rahmenthema • „Stoffe erkunden“ (Trennverfahren, Aggregatzustände) • „Mit dem Wasser leben“ (Lebensmittel und Ressource, Stoffeigenschaften, Wasserverbrauch) • „Pflanzen und Tiere in ihrem Lebensraum kennenlernen“ (Angepasstheit)
	Naturwissenschaften. Bildungsplan für die Gesamtschule. Jahrgangsstufe 5-10.		inhaltsbezogene Standards (49), prozessbezogene Standards (25) in 7 Rahmenthemen		
	Naturwissenschaften. Bildungsplan für die Sekundarschule. Jahrgangsstufe 5-10.				

Tab. 1: Standard- und Kompetenzorientierung der Lehrpläne für den integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht in den Jahrgängen 5/6

	Bezeichnung	Gültig seit:	Organisation des Plans	Exemplarische Bezüge zu »Mein Körper und ich auf Weltreise«	Exemplarische Bezüge zu »Wasser – die vielen Gesichter eines Stoffes«
Hamburg	Rahmenplan Naturwissenschaften/Technik. Bildungsplan Achtstufiges Gymnasium, Sekundarstufe I.	01.08.2004	4 verbindliche und 2 Wahlthemenfelder ohne konkrete Standardformulierung	Themenbereich • „Pflanzen, Tiere und Menschen“ („Ernährung, Bewegung und Körperpflege dienen der Gesundheit“) Wahlthema • „Lebewesen sind spezialisiert“ (Wirbeltiere bewältigen Kälte und Wärme)	Themenbereich • „Wasser“ (Aggregatzustände, Oberflächenspannung, Lösemittel, Wasserkreislauf, Anpassung, Schwimmen und Schweben, Wassersparen, Wasser als Antrieb) Wahlthema • „Lebewesen sind spezialisiert“
	Rahmenpläne Naturwissenschaften. Bildungsplan Integrierte Gesamtschule, Sekundarstufe I.	01.08.2003	5 verbindliche und 2 Wahl-Themenfelder ohne konkrete Standardformulierung	Thema • „Der Mensch – ein besonderes Lebewesen!“ (Stütz- und Bewegungssystem, Gesunde Ernährung) • „Phänomene in der Elektrizität und in der Wärmelehre“ (Temperatur und Temperaturmessung) Wahlthema • „Lebewesen sind spezialisiert“ (Temperaturregulation)	Als Randthema zu • „Phänomene in der Elektrizität und in der Wärmelehre“ (Anomalie des Wassers) Wahlthema • „Lebewesen sind spezialisiert“ (Lebensräume, Schwimm- und Flugobjekte, Landwirtschaft, Anpassung) • „Wasser“ (u. a. Aggregatzustände, Kreislauf, Anpassung, Wassersparen, Wasser als Antrieb, Oberflächenspannung, Lösemittel)
	Rahmenplan Lernbereich Natur und Technik. Bildungsplan Hauptschule.	01.08.2007	Standards für: Fachwissen (4), Erkenntnisgewinnung (10), Kommunikation (7), Bewertung (4)	Themenbereich • Körper (1) (Was leisten unsere Sinnesorgane (Haut), Was stützt und bewegt unseren Körper?) • Lebensmittel (1) (Was ist gesund? (Nährstoffe etc.)) • Wetter und Klima (1)	Themenbereich • Wetter (1) Was ist Wasser? (Eigenschaften, Aggregatzustände, Ressource) • Bewegung (1) Was kann schwimmen? (Schwimmen und Sinken, technische Schwimmobjekte)
	Rahmenplan Lernbereich Natur und Technik. Bildungsplan Hauptschule und Realschule. Klassen 5-8.	01.12.2008	Verbindliche Inhalte und Arbeitsmethoden in 6 Themenbereichen		
Mecklenburg-Vorpommern	Rahmenplan Naturwissenschaften. Gesamtschule.	Schuljahr 2001/2002	Erkenntnismethoden (7) in 6 Themenkreisen, die in je 6 Aspekte untergliedert sind	Nicht vorgesehen in Jahrgangsstufen 5/6	Themenkreis • „Wasser – unsere Lebensquelle“ (Stoffeigenschaften, Anpassung, Kreislauf, Aggregatzustände, Nutzung, Wassersparen) • „Pflanzen in unserem Leben“ (Wasserhaushalt der Pflanze) • „Tiere in unserem Leben“ (Natur des Tieres → Bau, Lebensweise und Anpassung, Lebensraum, Fortbewegung)
Niedersachsen	Naturwissenschaften. Rahmenrichtlinien für die Integrierte Gesamtschule. Schuljahrgänge 5-10.	Schuljahr 2004/2005	41 Inhaltsaspekte in 9 Rahmenthemen + Methoden naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung (17), Lernmethoden (9)	Nur in Bezug auf Rahmenthema • „Bau und Leistung des menschlichen Körpers“ (Stoffwechsel in Klasse 7/8, Gesundheit in Klasse 9/10)	Rahmenthema • „Wasser – Grundlage unseres Lebens“ (u. a. Trennverfahren, Wasserreinigung, Aggregatzustände, Vorkommen, Stoffeigenschaften...)
Nordrhein-Westfalen	Lehrplan Naturwissenschaften. Gesamtschule.	01.08.2000	Keine konkreten Standardformulierungen	Rahmenthema • „Sinne und Wahrnehmung“ (Hautsinn, Wärmeempfinden, Temperaturmessung) • „Körper und Leistung“ (Nahrungsmittel und Nährstoffe; Energieversorgung des Körpers)	Rahmenthema • „Stoffe im Alltag“ (Stoffeigenschaften, Trennverfahren, Lösemittel). • „Wasser ein alltäglicher Stoff?“ (tw. vorgesehen für Jahrgangsstufen 7/8: Trink- und Brauchwasser, Aggregatzustände, Verschmutzung und Aufbereitung, Wasserbedarf, Anpassung; Lebensmittel)
Saarland	Lehrplan Naturwissenschaften. Gesamtschule. Klassenstufen 5-8.	1999	Keine konkreten Standardformulierungen	Unterrichtseinheit • „Warm und Kalt“ (Temperatur, Temperaturempfinden, Temperaturmessung, Kühlung durch Verdunstung)	Unterrichtseinheit • „Warm und Kalt“ (Anomalie, Aggregatzustände) • „Wir leben mit Haustieren“ (Fortbewegungsart, Körperbau) • „Reinstoffe und Stoffgemische im Alltag“ (Trennverfahren, Lösungen)
Schleswig-Holstein	Naturwissenschaften. Lehrplan für die Sekundarstufe I der weiterführenden allgemeinbildenden Schulen. Gesamtschule.	Schuljahr 1997/1998	Standards für: Sachkompetenz (7), Methodenkompetenz (5), Selbstkompetenz (7), Sozialkompetenz (4) in 8 Themen	Thema • „Ich und andere Menschen“ (Verantwortung für Gesunderhaltung)	Thema • „Wasser als Lebenselement“ (u. a. Aggregatzustände, Trennverfahren, Lösemittel, Oberflächenspannung, Lebensraum, Lebensmittel, Wasserverschmutzung und Reinigung) • „Tiere in unserer Umwelt“ (Anpassung)
Thüringen	Naturwissenschaften. Lehrplan für die Regelschule und für die Förderschule mit dem Bildungsgang der Regelschule.	Schuljahr 1999/2000	Keine konkreten Standardformulierungen	Nicht vorgesehen in Jahrgangsstufen 5/6 (in Klassenstufe 8: Gesundheit)	Nicht vorgesehen in Jahrgangsstufen 5/6 (in Klassenstufe 7: Wasser; u. a. Aggregatzustände, Anomalie, Kreislauf, Vorkommen...)

3.2 Die Bausteinblöcke

3.2.1 Das Thema Weltreise (Bausteine A-E)

Der gewählte Rahmen »Weltreise« rückt die Einflüsse des Klimas auf den Menschen in den Mittelpunkt. Je nach Reiseziel findet man sehr kalte, sehr heiße, trockene oder feucht-warme Standorte vor, die besonderer Anpassung bedürfen. Deshalb erfolgt der Einstieg mit dem Baustein A: »Wetter in anderen Regionen der Erde«.

Die Bedingungen des Reiseziels beeinflussen zum Beispiel die Wahl der Kleidung. Dabei ist zu berücksichtigen, wie der menschliche Körper sich einer extremen Umgebung anpassen kann. Durch dieses übergreifende Motto erfolgt eine Verbindung des menschlichen Körpers (Biologie) mit dem Schwerpunkt »Temperatur« bzw. Energie (Physik), sodass sich automatisch eine Integration der Fächer ergibt. Material zu diesen Inhalten findet man im Baustein B: »Temperaturmessung« und Baustein C: »Energie und Körper«.

Anschließend sollen die SuS den Reiseproviant für die Reise auswählen (Baustein D: »Auswahl des Reiseproviant«). Hierbei spielen wie bei der Zusammenstellung der eigenen Ernährung Überlegungen zum Geschmack der Nahrung, der Eignung und zur Gesunderhaltung eine Rolle. Vorteilhaft im Vergleich zur Bearbeitung dieser Inhalte am Beispiel der eigenen Ernährung ist, dass die Entscheidung über die Auswahl von Nahrung für eine Reise viel bewusster als im

täglichen Leben erfolgt. Durch diese Wahl werden die SuS vor die Situation gestellt, dass sie aus einer Überfluss-Situation heraus eine Mangelsituation durchdenken müssen, denn nicht alles, was ihnen zu Hause zur Verfügung steht, können sie auf eine Reise mitnehmen. Das hat besonders beim Thema »Ernährung« den Vorteil, dass sie von ihrer eigenen Situation abstrahieren müssen.

Durch die Untersuchung der Eigenschaften der Nahrung und ihrer Inhaltsstoffe werden chemische Aspekte berücksichtigt. Hierzu findet man im Baustein E: »Ernährung: Nährstoffe« verschiedene Versuche zur Bearbeitung der chemischen Eigenschaften von Nahrungsmitteln. Diese Eigenschaften sind häufig auf den Gehalt an Nährstoffen zurückzuführen, die in den Lebensmitteln nachgewiesen werden können.

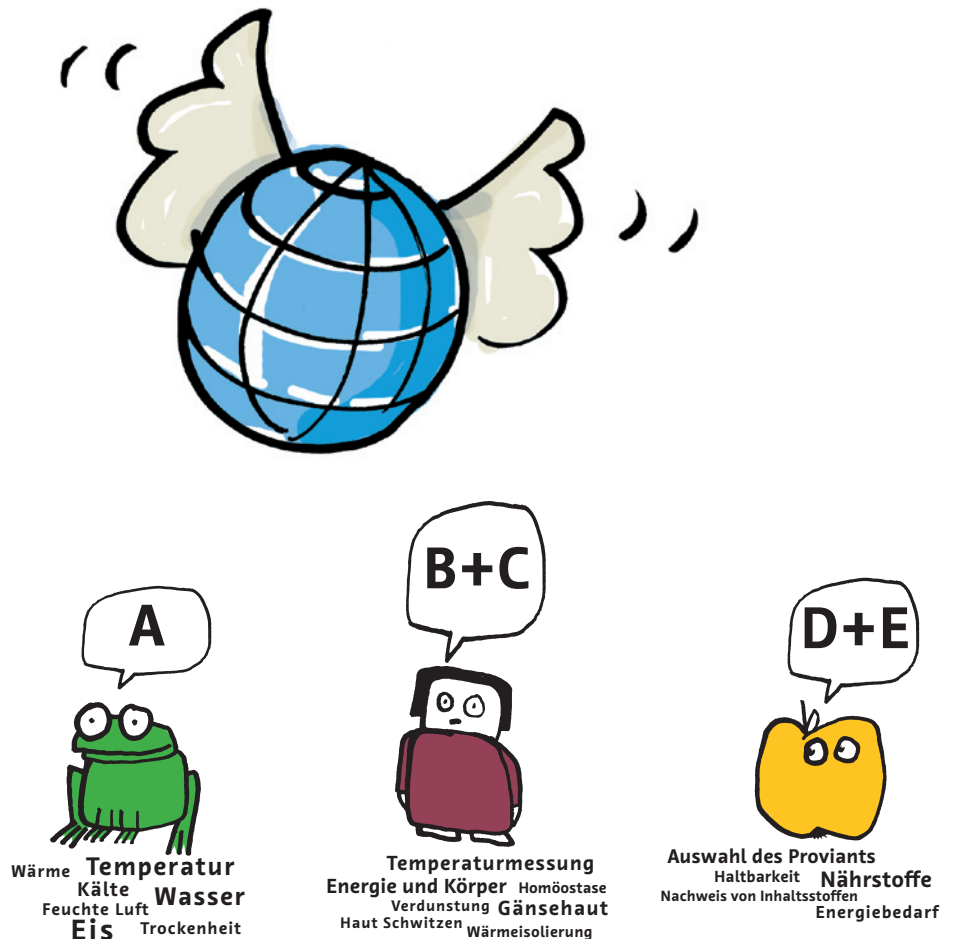




Abb. 2: Problemstrukturskizze: Ernährung und Weltreise

Beispielhaft kann man die Reihe an dem Problem der Auswahl geeigneten Reiseprovianten in der Abb. 2 zeigen. Fettgedruckt sind Inhalte, zu denen Material erstellt wurde. Da sich der Unterricht an den Interessen der SuS ausrichten sollte, sind mögliche andere Inhalte mit aufgeführt oder können in den Unterricht einfließen.

3.2 Die Bausteinblöcke



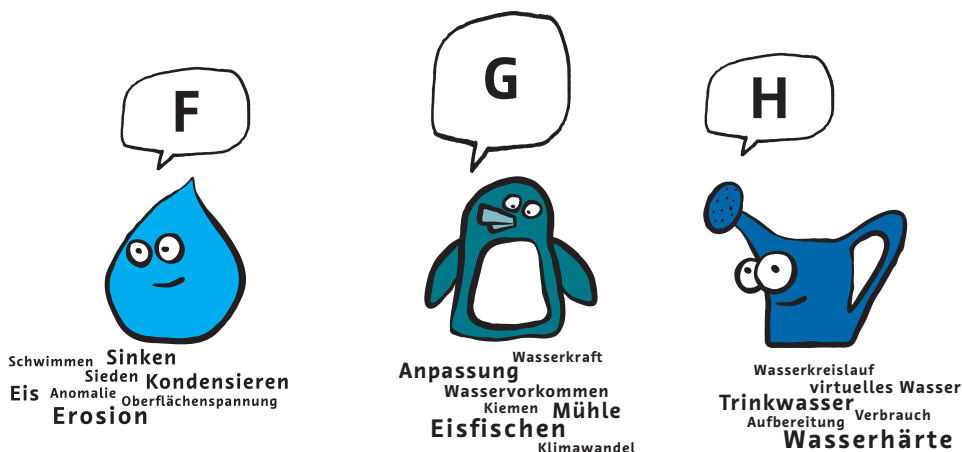
3.2.2 Das Thema Wasser (Bausteine F-H)

Wasser ist zugleich der Inbegriff der Alltäglichkeit und das naturwissenschaftliche Paradebeispiel für Anomalien und Unregelmäßigkeiten. Kein aktueller Lehrplan für die Naturwissenschaften geht an diesem Stoff und seinen Eigenschaften vorbei. Die Relevanz des Gegenstandes für SuS und ihr Leben ist unbestreitbar. Sie sind aufgrund ihrer Alltagserfahrungen mit ihm vertraut – oder glauben es zu sein. Denn je nach der Perspektive, aus der man sich dem Gegenstand nähert, birgt er Überraschungen und regt zum weiteren Nachdenken an. Die vorliegenden Materialien nähern sich dem Thema Wasser aus drei Richtungen.

Im **Baustein F** »Steckbrief Wasser« lernen SuS den ihnen so »vertrauten« Stoff aus einer naturwissenschaftlichen Sicht kennen, die zunächst durch physikalische und chemische Beschreibungen geprägt ist. Sie lernen Wasser mit seinen Eigenschaften zu beschreiben und dass viele davon in der Natur eine Ausnahme darstellen. Damit fungiert der Baustein als Einleitung, in der unterschiedliches Vorwissen zwischen den SuS abgeglichen werden kann. In eigenen Experimenten lernen sie diesen Stoff, der sie im Unterricht weiter beschäftigen wird, näher kennen und erfahren durch ihre Sinne, z. B. was Oberflächenspannung ist oder was Dichteanomalie bedeutet.

Angeschlossen werden können die Materialien des **Bausteins G**, der sich den »Anpassungsleistungen« widmet, mit denen sich Mensch und Tier auf ihr Leben am, im und mit dem Wasser eingestellt haben. Eingegangen wird auf Anpassungsleistungen der Tierwelt an ihren Lebensraum ebenso wie die des Menschen, der seinen Lebensraum am und mit dem Wasser ausgestaltet hat. Während sich Körpermerkmale der Tiere bedingt durch Evolutionsvorteile über die Jahrtausende zu ihren heutigen funktionalen Formen entwickelt haben, neigt der Mensch dazu, die Natur »zu entwickeln« und seinen Bedürfnissen zu unterwerfen. So findet dieselbe »Absicht« – das Leben im und am Wasser – unterschiedliche Ausprägungen: Wo der eine stromlinienförmige Körperzüge aufweist, hat der andere Deiche und Dämme gebaut.

Die Beschäftigung mit diesem einen Stoff kann SuS sinnfällig weiter in den Materialangeboten des **Baustein H** vermittelt werden, in dem sie Wasser unter den Aspekten der Ressourcenschonung und der Funktion als Lebensmittel betrachten. In diesem Baustein erfahren SuS, wozu Lebewesen Wasser brauchen, wie viel Wasser sie selbst wirklich verbrauchen und was mit dem »verbrauchten« Wasser geschieht. Ein Blick auf verborgenen Wasserkonsum im Sinne des virtuellen Wassers führt den SuS vor Augen, dass Wasser nicht nur zum Trinken und Waschen genutzt wird, sondern dass alle Lebensmittel vom Wasser abhängen.



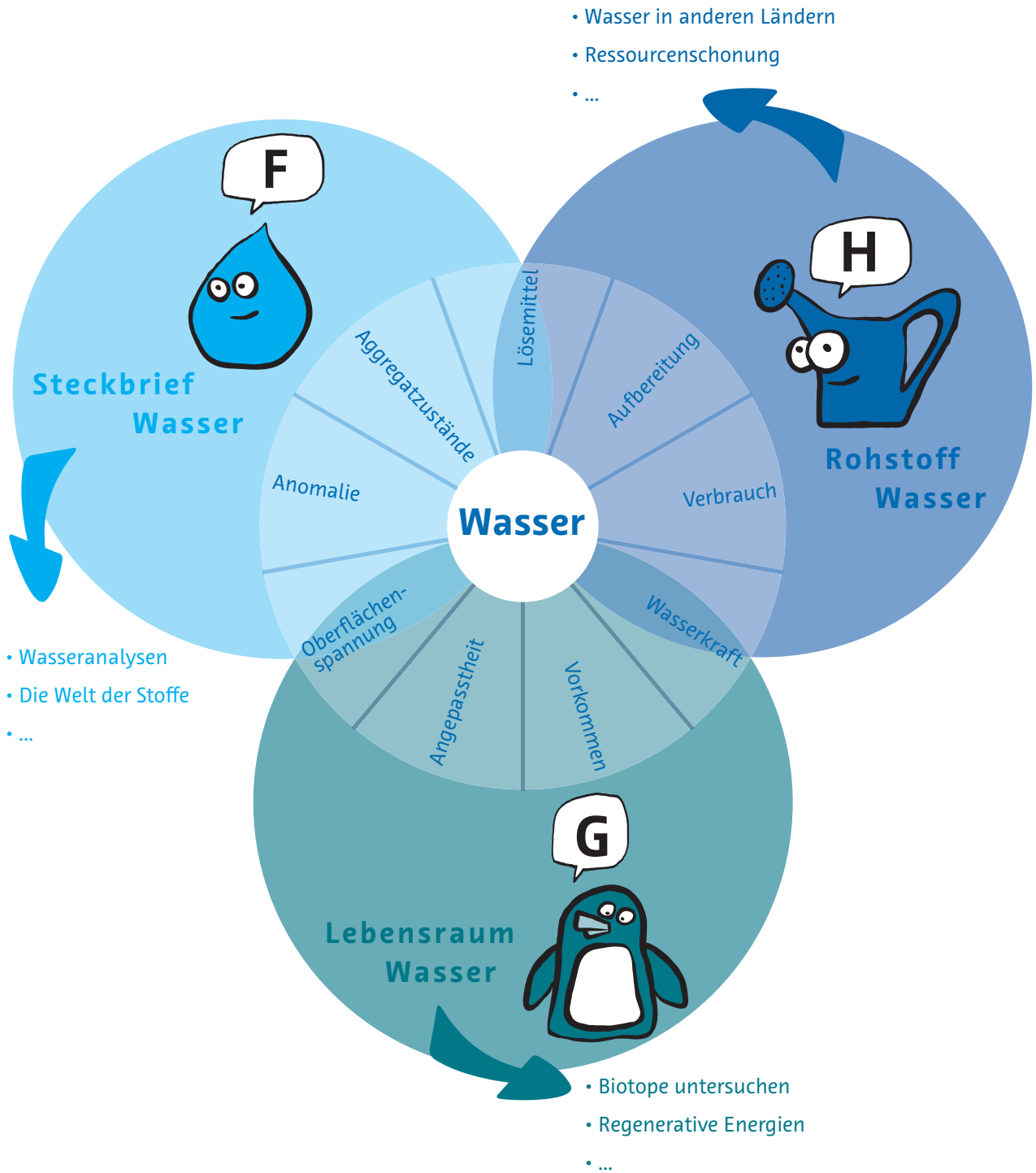


Abb. 3: Verzahnung der Bausteinblöcke F-H

3.3 Bedeutung der Bildungsstandards



Bildungsstandards sind ein wichtiges Kennzeichen neuer Lehrpläne für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Sie sind Ziele pädagogischer Arbeit und dienen zudem der Vergleichbarkeit und der Bewertung von Leistungen. Damit werden im Lehrplan Lernergebnisse formuliert, die von den SuS erreicht werden sollen. Diese Lehrpläne sind also outputorientierte Lehrpläne.

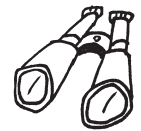
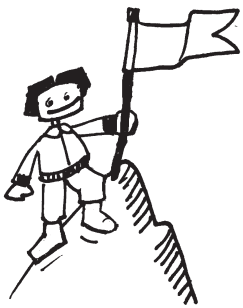
Diese auffälligen Veränderungen im Schulsystem kann man schon am Erscheinungsbild der Lehrpläne ablesen. Sie enthalten nicht mehr allein die Aufzählung obligatorischer und optionaler Fachinhalte, die im Unterricht abgearbeitet werden sollen, sondern vor allem die wesentlichen auf eine Altersstufe bezogenen Lernziele. Dadurch sind die neuen Lehrpläne im Allgemeinen weniger umfangreich und werden daher Rahmenlehrpläne oder Kernlehrpläne genannt. Die in den Lehrplänen formulierten Ziele sind fachlicher und methodischer Art. Daraus ergibt sich, dass die methodischen Fähigkeiten der SuS stärker in den Blickwinkel von Unterrichtsplanung und -durchführung gelangen.

Der naturwissenschaftliche Unterricht dient in diesem Sinne nicht nur dazu, spezielles Wissen eines Fachs zu vermitteln, sondern trägt auch zu einer allgemeinen Lebenskompetenz bei und ist für nachfolgendes Lernen anschlussfähig (vgl. Gräber, Nentwig, Nicolson 2002). Unter dem Schlagwort »scientific literacy« hat die Idee einer naturwissenschaftlichen Grundbildung Aufmerksamkeit gefunden. Aspekte des Handelns und des Bewertens sind in diesem Zusammenhang wichtig. Ziel einer solchen Bildung soll u.a. sein, »die Naturwissenschaften in ihrem gesellschaftlichen Kontext zu verstehen« (Gräber, Nentwig 2002, S. 11). Dieses anspruchsvolle Ziel wird in der naturwissenschaftlichen Diskussion zur Zeit als nicht erreichbar betrachtet. Die Naturwissenschaften in ihrer Bedeutung für die Gesellschaft zu erfassen bedürfe eines »so komplexen Verständnisses, dass wir uns besser an den Rat naturwissenschaftlicher Ex-

perten halten« (Shamos 2002, S. 46). Eine Alternative kann es nach Shamos sein, naturwissenschaftliche Prozesse, also Denk- und Arbeitsweisen stärker zu betonen, um so den Bildungsgehalt der Naturwissenschaften, der über die Anhäufung von Fachwissen hinausgeht, besser auszuschöpfen. Ausdrücklich wird diese methodische Komponente von der OECD formuliert und dient als Grundlage der PISA-Studie: »Naturwissenschaftliche Grundbildung ist die Fähigkeit, naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, die die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen.« (Deutsches PISA-Konsortium 2001, S. 198)

Es geht neben der Anwendung von naturwissenschaftlichem Wissen und der Einordnung der Bedeutung dieses Wissens auch darum, naturwissenschaftliche Fragen als solche zu identifizieren. In diesem Bereich liegt ein Schwerpunkt für den naturwissenschaftlichen Unterricht in den Jahrgangsstufen 5/6.

Um die Bildungsstandards für den Unterricht zu konkretisieren, werden sie in Form von Kompetenzen formuliert. Nach Weinert (Weinert 2001, S. 27f) versteht man Kompetenzen als »die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen [...] um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können«. Es wird deutlich, dass mit Kompetenzen nicht nur kognitives Wissen gemeint ist, sondern auch die Verfügbarkeit dieses Wissens in verschiedenen Handlungsmöglichkeiten. Zum Kompetenzbegriff gehört nicht nur das Vermögen, etwas zu tun, sondern auch der Wille. In Abgrenzung zu dem Begriff der Qualifikation beinhaltet der Kompetenzbegriff somit eine personengebundene Komponente.



Am Beispiel des in Berlin eingeführten Rahmenlehrplans für Naturwissenschaften soll verdeutlicht werden, wie diese Vorgaben umgesetzt werden können. Der Rahmenplan definiert in Anlehnung an den erweiterten Lernbegriff (Klippert 1998) zentral folgendes Lernziel: »Kompetentes Handeln erfordert vom Einzelnen ein Zusammenwirken von Leistungs- und Verhaltensdispositionen, also von kognitiven und sozialen Fähigkeiten, Fertigkeiten, Gewohnheiten und Einstellungen. Dieses Zusammenwirken wird als Handlungskompetenz bezeichnet und umfasst Sachkompetenz, Methodenkompetenz, soziale und personale Kompetenz« (Bildungssenat Berlin 2006, S. 8).

Die so bezeichneten Kompetenzbereiche werden in der Folge in prozessbezogenen und inhaltsbezogenen Standards (Basiskonzepte) beschrieben und lassen sich mit den Kompetenzbereichen der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern in Übereinstimmung bringen. Die inhaltsbezogenen Standards können dabei als Konkretisierungen im Kompetenzbereich »Fachwissen« verstanden werden, wohingegen die prozessbezogenen Standards (Bildungssenat Berlin 2006, S. 20) den restlichen Kompetenzbereichen (Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung) zugeordnet werden können:

Kompetenzbereiche im Rahmenlehrplan Naturwissenschaften/Berlin (Bildungssenat Berlin 2006)	Standards im Rahmenlehrplan Naturwissenschaften/Berlin (Bildungssenat Berlin 2006)	Bildungsstandards in den Naturwissenschaften (KMK 2005a-c)
Methodische Kompetenzen	beobachten beschreiben unterscheiden, Beobachtung und Erklärung	Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung
	entwickeln Untersuchungen und führen sie durch unterscheiden konstante und variable Bedingungen nutzen Beobachtungs- und Messinstrumente sachgerecht	
	finden Beispiele zu einfachen Begriffen entwickeln und nutzen Modelle	
	protokollieren skizzieren erschließen Informationen nutzen geeignete Präsentationen	
Soziale Kompetenzen	entwickeln gemeinsam Fragen beziehen sich aufeinander treffen Absprachen	Kompetenzbereich Kommunikation
	halten vereinbarte Arbeitsregeln ein	
Personale Kompetenzen	berücksichtigen Sicherheitsaspekte	Kompetenzbereich Bewertung

Tab. 2: Umsetzung der Bildungsstandards im Berliner Rahmenlehrplan Naturwissenschaften



Der Berliner Lehrplan gewährleistet darüber hinaus Anschlussfähigkeit an den späteren Unterricht in den Einzelfächern, indem er sich explizit auf die dort formulierten Basiskonzepte bezieht. Die im Plan angeführten inhaltsbezogenen Standards konkretisieren die Inhalte der naturwissenschaftlichen Teildisziplinen anhand der folgenden Basiskonzepte:

- Struktur und Funktion
- Variabilität und Anpasstheit
(bezogen auf Basiskonzept »Entwicklung«)
- Struktur-Eigenschaft
- Chemische Reaktion
- Energie
- Materie-Teilchen
- System
- Wechselwirkung

Durch die Standards werden übergeordnete Prinzipien der Naturwissenschaften beschrieben, die anschließend in Tabellen zu den einzelnen Themenfeldern weiter konkretisiert werden, z. B.:

- Im Themenfeld »Körper – Gesundheit – Entwicklung« finden sich die prozessbezogenen Standards zum Untersuchen und Präsentieren kombiniert mit dem Basis-Konzept »Struktur-Funktion«: »Nahrungsmittel analysieren, vergleichen und Ergebnisse in Tabellen darstellen« am Beispiel der »Nahrungsmittel, Nährstoffe, Mineralstoffe, Vitamine, Ballaststoffe, Wasser, Bau- und Betriebsstoffe«.
- »Anpasstheit der Gestalt und Lebensweise an den jeweiligen Lebensraum beschreiben und erläutern« (prozessbezogener Standard: Beobachten, Beschreiben) mit Bezug zu den Inhalten »Schwimmen im und auf dem Wasser, Schwimmblase, Auftrieb; Antrieb, Strömungswiderstand« (Bezug zum Basiskonzept »Variabilität und Anpasstheit« – Themenfeld »Körper und Bewegung«).

Die vorliegenden Unterrichtsmaterialien binden an die Vorgaben an. So können für das erste Beispiel die Bausteine D und E zu »Ernährung« Unterrichtsangebote unterbeiten, wohingegen die Materialien des Bausteins G (»Lebensraum Wasser«) Impulse zur Anpasstheit geben können.



Problemlösen als Gestaltungsprinzip von Unterricht

Die PISA-Studie 2003 zeigt, dass die Fähigkeiten zur Problemlösung bei den SuS verhältnismäßig gut ausgeprägt sind. Kombiniert mit dem eher mittelmäßigen Abschneiden der deutschen SuS in den Fachtests lassen diese Ergebnisse den Schluss zu, dass, obwohl die Jugendlichen in Deutschland »ein bemerkenswertes kognitives Potential erkennen« lassen, die Schulen dieses noch »stärker in fachbezogenes Wissen und Verständnis« umsetzen müssen. (PISA-Konsortium Deutschland 2005, S. 16).

Als Problemlösen wird allgemein ein Prozess bezeichnet, bei dem ein Hindernis irgendeiner Art überwunden werden muss (Sumfleth 1988). Mit dem Blick auf Unterricht kann eine beliebige Aufgabe abhängig vom Vorwissen für den einen SuS ein Problem darstellen, für den anderen aber nicht, weil er einen ihm bekannten Algorithmus anwendet. Er muss kein Hindernis überwinden, sondern kennt die Prozeduren, die zur Lösung führen (Bovet & Hupwieser 2004).

Die Lernprozesse der SuS sind in beiden Fällen unterschiedlich. SuS, die die notwendigen Prozeduren zur Lösung kennen, können selbstständiger arbeiten und benötigen weniger Unterstützung durch den Lehrer. Die kognitiven Anforderungen an diese SuS sind weniger hoch. Deshalb tritt die Erarbeitung von Lösungsstrategien neben die Erarbeitung von Wissen. SuS, die die Lösungsstrategien nicht kennen, sind zusätzlich mit der Verarbeitung von Wissen beschäftigt. Daraus folgt, dass die Fähigkeiten zur Problemlösung mit dem Vorwissen in Zusammenhang stehen, da bei unbekanntem Inhaltsbereich weniger kognitive Ressourcen zur Problemlösung vorhanden sind. Somit muss der Transfer, die Anwendung dieser Strategien in verschiedenen Bereichen, gelernt werden.

Die Problemsituationen sollten authentisch sein, eventuell einen Bezug zum Alltagsleben der SuS aufweisen und gleichzeitig Anlass sein, systematisches Wissen aufzubauen. Psychologisch kann man Problemlösen als Informationsverarbeitungsprozess auffassen, der durch den Problemlöser, die Aufgabe selbst und das Umfeld bedingt ist (Sumfleth 1989). Die Aufgabe stellt eine Instruktion des Lehrers dar, deren Auswahl in Abhängigkeit vom Vorwissen der SuS (Problemlösers) in Hinblick auf den Unterrichtsgegenstand erfolgt.

Zum Problemlösen gehört neben der eigentlichen Problemlösung auch das Erfassen des Problems, der sogenannte Problemverständnisprozess (Sumfleth 1989, vgl. Abb. 4). Zwischen den beiden Vorgängen besteht eine Wechselwirkung. Die Lösung des Problems beginnt, indem mithilfe des vorhandenen Wissens Ansätze zur Problemlösung ausgearbeitet werden. Führen diese nicht zu einem zufriedenstellenden Ergebnis, beginnt erneut der Problemverständnisprozess, um das Problem tiefer zu verstehen und neue Lösungsansätze zu finden.

Lernen findet vor allem dann statt, wenn nicht genügend Informationen über das Problem vorhanden sind, sodass neue Informationen in die Überlegungen integriert werden müssen. Hierbei können neue Wissens Elemente in die kognitive Struktur aufgenommen oder neue Verknüpfungen gefunden werden. Falsche Verknüpfungen können korrigiert werden. Das vorhandene Wissen wird erweitert oder umstrukturiert (Sumfleth 1988).

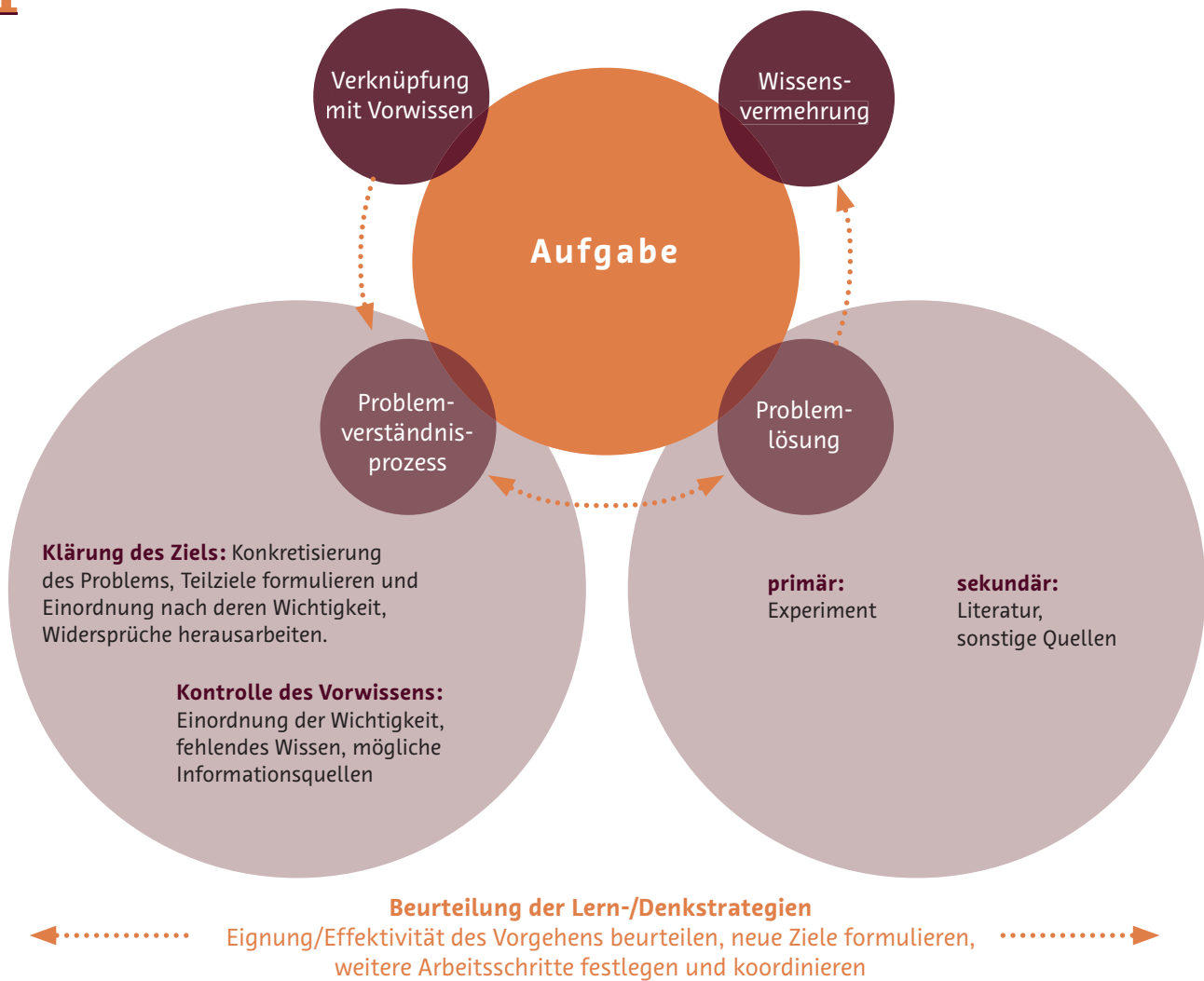


Abb. 4: Ablaufschema des Problemlöseprozesses im Unterricht

Eine Problemlösung kann nur dann erfolgreich sein, wenn die Aufgabe klar und das Problem zumindest weitgehend verstanden worden ist. Dieser Verständnisprozess hängt vom Vorwissen der SuS und deren Aktivierung ab. Dabei darf die Diskrepanz zwischen dem tatsächlichen Vorwissen der SuS und dem für die Problemlösung notwendigen Wissen nicht zu groß sein. Zu Anfang des Unterrichts ist es wichtig, die unterschiedlichen Ausprägungen des Vorwissens anzugleichen und evtl. auch falsch verstandene Zusammenhänge zu korrigieren, sodass möglichst einheitliche Voraussetzungen für die eigentliche Problemlösung vorhanden sind.

Auch sollte man bedenken, dass SuS häufig, vor allen Dingen dann, wenn sie wenig Erfahrungen mit dem Lösen von Problemen haben, unreflektiert die Aufgabenstellung übernehmen und sich stark an den Vorgaben orientieren, ohne nach geeigneten Alternativen zu suchen.

Für den Unterricht ergeben sich folgende Konsequenzen:

- Das vorhandene Wissen der Lernenden ist Ausgangspunkt für den Lernprozess.
- Die Instruktionen des Lehrers sind Teil der Fachinhalte, die für alle SuS gleich sind. Lernziele sind in diesem Sinne die angestrebten neuen Zusammenhänge.

- Es ist die vorrangige Aufgabe des Lehrers, die Phase des »Problemverstehens« so zu gestalten, dass möglichst viele SuS an dieser Phase beteiligt sind. In dieser Phase muss der Lehrer einen Austausch und Abgleich des Vorwissens ermöglichen.
- Der Wechselwirkung zwischen Problemverständnis und Problemlösung kann Rechnung getragen werden, indem die Phase möglichst kooperativ gestaltet wird. So erfolgt eine hohe Aktivierung der SuS und es können möglichst viele SuS an der Lösung des Problems beteiligt werden. Durch die Kooperation können die SuS ihre Vorstellungen austauschen und überprüfen.
- Trotz der bereits genannten Schwierigkeiten bei der Unterscheidung von Problem oder Aufgabe sollte abgeschätzt werden, ob die Instruktion eher die Einübung und Anwendung von Zusammenhängen oder die Ausbildung neuer Zusammenhänge einfordert.
- Es kann sich ergeben, dass die SuS fachlich falsche Lösungsansätze heranziehen. Hier müssen Überlegungen angestellt werden, ob und wie ein Eingriff sinnvoll ist oder nicht. Durch die Wahl ungeeigneter Lösungsansätze und deren Widerlegung können falsche Vorstellungen nachhaltig durch richtige ersetzt werden.

Bei der Auswahl des Problems muss die Schwierigkeit des Problems für die SuS bedacht werden. Die Stärken/Schwächen der SuS müssen eingeschätzt werden, um gezielt Hilfen geben zu können. Bei der Wahl geeigneter Hilfestellungen kann es hilfreich sein, mögliche Schülererfahrungen und Schüler(fehl-)vorstellungen zu bedenken.


Aufgabe, Problemlösung und Problemverständnisprozess stehen untereinander in Wechselwirkung. Zum Problemverständnisprozess gehören die Klärung der Ziele und die Berücksichtigung des Vorwissens. (siehe Abb. 4)

Problemlösungen können primärer oder sekundärer Art sein, d.h. direkt durch die eigene empirische Prüfung einer Lösungsidee oder -hypothese (z. B. durch ein Experiment) erfolgen oder auf dem Studium vorhandener Literatur beruhen. Zum Abschluss müssen die eingesetzten Lernstrategien auf ihre Eignung hin überprüft und daraus das weitere Vorgehen abgeleitet werden (vgl. *Bovet & Huwendiek 2004*).

Eine schwierige Aufgabe ist die Einschätzung des Vorwissens der SuS. Hilfreich kann es sein abzuschätzen, in welchen Kontexten die SuS mit diesen Fachinhalten in Berührung gekommen sein können. Es geht hierbei nicht um die komplette fachwissenschaftliche Erschließung des Problems, sondern darum, welche fachlichen Inhalte eine Bedeutung für die SuS haben könnten und wie sie dieses Problem erklären würden. An einem Beispiel soll dieser Zusammenhang erläutert werden.



Problemfindung: Janas Reiseproviant


E/1 Nährstoffe Baustein →	»Mein Körper und ich auf Weltreise« → Thema: Eigenschaften von Eiweiß		
	Klasse	Lehrer/in	Datum
	Name		
	Milch als Proviant		

Ausgangspunkt kurzer Text

In einem kurzen Text wird das Problem knapp geschildert. Dadurch haben die SuS wenig Schwierigkeiten, eine naturwissenschaftliche Fragestellung aus dem Text herauszuarbeiten. Der Schwerpunkt liegt hierbei nicht auf der Herausarbeitung der Fragestellung, sondern darauf, den Text daraufhin zu untersuchen, unter welchen Bedingungen die Milch sauer geworden ist und wie man den Vorgang gezielt mit einem Experiment untersuchen kann. Daraus können sich weiterführende Fragen ergeben, die sich auf die Wirkung von Säure auf Milch bzw. auf Eiweiße beziehen oder die Säuerung als Konservierungsmöglichkeit in Betracht ziehen.

Problemgrund

Jana hat sich entschlossen, frische Vollmilch mit auf ihre Reise zu nehmen. Nach zwei Stunden Wandern in der Sonne möchte sie etwas von der Milch trinken. Aus der Tüte kommt aber keine Milch heraus, sondern eine säuerlich riechende Masse.



Fragen des Textes, die sich naturwissenschaftlich bearbeiten lassen

- 1) Warum wird die Milch sauer?
- 2) Warum ist saure Milch fest?
- 3) Wie wird Dick-/Sauermilch hergestellt?

Fachliche Inhalte / angestrebte Lernziele

- 1) Die Wanderung findet bei Sonnenschein statt, sodass die Milch für eine bestimmte Zeit nicht gekühlt wird. Die Milchsäure wird durch die Zersetzung von Milchzucker durch Bakterien erzeugt. Die Bakterien arbeiten nur innerhalb eines bestimmten Temperaturbereichs: Ab 30 °C vermehren sich die Bakterien schneller und können somit mehr Milchzucker umsetzen. Ab einer bestimmten Temperatur, z. B. beim Erhitzen der Milch, werden die Bakterien zerstört. Haltbare Milch wird kurzzeitig erhitzt. Sie ist länger haltbar als normale Milch. Dabei werden die Bakterien zum großen Teil zerstört.
- 2) Die Milch wird sauer, wenn sie über einen längeren Zeitraum nicht gekühlt wird. Milchsäurebakterien wandeln den in der Milch enthaltenen Milchzucker in Milchsäure um. Durch die Erniedrigung des pH-Wertes wird das in der Milch enthaltene Eiweiß denaturiert. Die entstehende Säure führt also zur Verklumpung des Milcheiweißes.
- 3) Durch gezielte Säuerung von Milch werden Käse, Joghurt und Quark hergestellt, sodass die Säuerung unter kontrollierten Bedingungen quasi eine Konservierungsmethode darstellt. Sauer-/Dickmilch ist gezielt gesäuerte Milch, die deutlich länger haltbar ist als Frischmilch.

*Arbeitsmaterial im Arbeitsblatt E/1

Abb. 5: Problemfindung (kurzer Text)

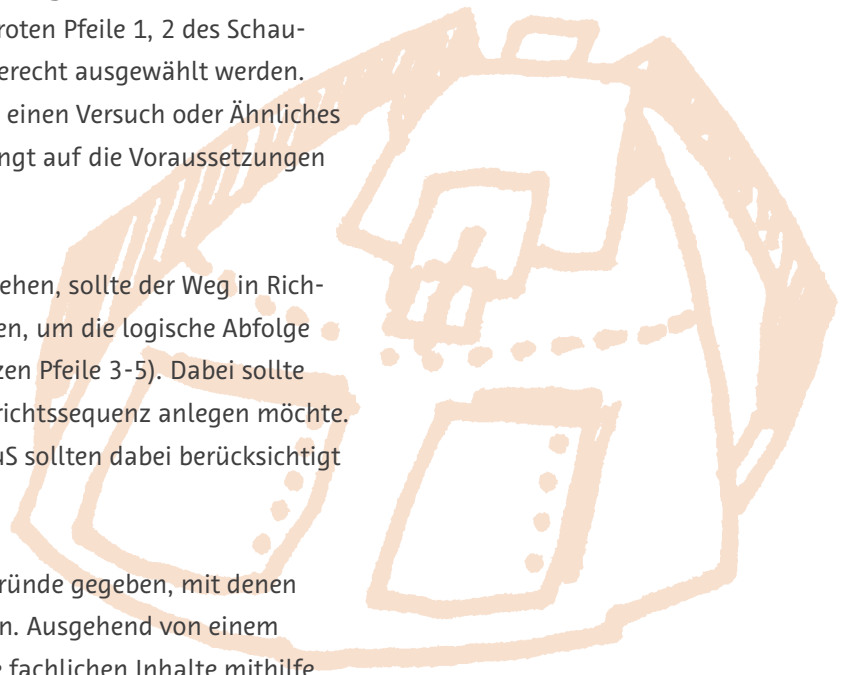


In Abbildung 5 wird ein Problem aufgezeigt, welches sich im Kontext »Weltreise« ergeben könnte: Milch wird bei Wärme transportiert und dabei sauer. Mit diesem Problem könnten die SuS bereits im Alltag in Berührung gekommen sein, sie könnten sich z. B. die Frage gestellt haben, warum die Milch im Kühlschrank gelagert wird oder warum ein Haltbarkeitsdatum auf der Milch angegeben ist. Nicht zum Erfahrungsbereich der SuS gehört das Wissen darüber, unter welchen Bedingungen die Milch eigentlich sauer wird und dass Eiweiße durch Säure zerstört (denaturiert) werden. Darüber hinausgehend wird Milch gezielt gesäuert, um ihre Haltbarkeit zu verlängern. Diese Erweiterung des Alltagswissens der SuS um fachliche Inhalte ist Lehrziel des Lehrers, wobei diese neuen Inhalte Teile der Fachstruktur widerspiegeln. Die Zusammenhänge der Inhalte im Rahmen von Fachstrukturen werden nach und nach aufgebaut. Abgesehen von dem systematischen Aufbau von Fachwissen werden die SuS in die Lage versetzt, Situationen im Alltag besser zu bewältigen. Das Schaubild (Abb. 5) stellt den Zusammenhang zwischen dem Problemgrund und den fachlichen Zielen dar.


Bei der Planung naturwissenschaftlichen Unterrichts sind die drei Aspekte »Problemgrund«, »Fragen« und »fachliche Inhalte bzw. Lernziele« zu berücksichtigen. Es muss sorgfältig geprüft werden, dass sie sich aufeinander beziehen. In der Praxis ergibt sich, dass der Lehrer bestimmte fachliche Inhalte vermitteln muss oder möchte. Ausgehend von diesem Ziel können Fragen formuliert werden. Diese Fragen können dazu dienen, einen Problemgrund auszuwählen (vgl. die roten Pfeile 1, 2 des Schaubilds). Dieser sollte vom Lehrer adressatengerecht ausgewählt werden. Es kann sich hierbei um einen Text, ein Bild, einen Versuch oder Ähnliches handeln. Dieses Material sollte aber unbedingt auf die Voraussetzungen der SuS abgestimmt sein.

Um die Perspektive der SuS nachzuvollziehen, sollte der Weg in Richtung der schwarzen Pfeile durchdacht werden, um die logische Abfolge aus Sicht der SuS zu prüfen (vgl. die schwarzen Pfeile 3-5). Dabei sollte festgelegt werden, wie offen man die Unterrichtssequenz anlegen möchte. Mögliche Alternativen und Interessen der SuS sollten dabei berücksichtigt werden.

Im Material sind verschiedene Problemgründe gegeben, mit denen dieses Vorgehen nachvollzogen werden kann. Ausgehend von einem vorgegebenen Problem wird gezeigt, welche fachlichen Inhalte mithilfe dieses Problemgrundes vermittelt werden können. Umgekehrt können auch Probleme mithilfe dieses Ablaufschemas selbst generiert werden.



Problemfindung: Janas Reiseproviant

E/1 Nährstoffe Baustein →	»Mein Körper und ich auf Weltreise« → Thema: Eigenschaften von Eiweiß		
	Klasse	Lehrer/in	Datum
	Name		

Milch als Proviant

Ausgangspunkt langer Text

In einem längeren Text wird das Problem ausführlich geschildert. Dadurch müssen die SuS zunächst erkennen, welche naturwissenschaftlichen Fragestellungen sich aus dem Text ergeben können. Sie müssen wichtige von unwichtigen Informationen unterscheiden.

Es ist schwieriger mithilfe des Textes herauszuarbeiten, unter welchen Bedingungen die Milch sauer geworden ist und wie man den Vorgang gezielt mit einem Experiment untersuchen kann.

Auch hier können sich weiterführende Fragen ergeben, die sich auf die Wirkung von Säure auf Milch bzw. auf Eiweiße beziehen, und die Säuerung als Konservierungsmöglichkeit.

Problemgrund

Jana hat große Pläne für heute: sie möchte eine Wanderung machen!

Sie geht an den Kühlschrank und schaut hinein. Was soll sie bloß als Proviant mitnehmen? Sie möchte nicht so viel tragen, denn schließlich soll es heute sehr heiß werden. Da steht noch eine Flasche Coca-Cola. Aber die mag Jana gar nicht so gerne, vor allem seit sie im NW-Unterricht erfahren hat, dass das nicht so gesund ist. Wasser mag sie schon gar nicht. Und Orangensaft? Das soll ja auch sehr gesund sein... Aber eigentlich ist ihr Orangensaft zu sauer... Aber da ist ja noch eine Tüte Milch.

Also packt sie die Milch in ihren Rucksack. So kann sie die Tüte gut tragen. Damit sie die Milch nicht aus der Tüte trinken muss, packt sie sich noch einen Plastikbecher dazu. Nach zwei Stunden Wandern in der Sonne macht sie eine Pause und freut sich auf ihre Milch.

Aber als sie sich etwas von der Milch in ihren Becher gießen möchte, passiert etwas Eigenartiges: Aus der Tüte kommt keine schöne Milch heraus, sondern eine säuerlich riechende Masse. Brr, das riecht aber ekelig! Jana ist ganz schön enttäuscht. Sie hatte sich doch so auf ihre Milch gefreut!

Fragen des Textes, die sich naturwissenschaftlich bearbeiten lassen

- 1) Was passiert mit Orangensaft, Coca-Cola und Milch beim Transport in der Hitze?
- 2) Warum ist Coca-Cola nicht gesund, Milch und Orangensaft gesund?
- 3) Warum ist Orangensaft sauer?
- 4) Warum wird die Milch beim Transport sauer?

Fachliche Inhalte / angestrebte Lernziele

- 1) Eigenschaften verschiedener Getränke beim Erhitzen: Orangensaft: Zerstörung von Vitamin C, Cola: Austreiben von Kohlendioxid, Milch: Denaturierung von Eiweiß.
- 2) Nährstoffe und Wirkstoffe in Nahrungsmitteln sind entscheidend für die Gesundheit: Orangensaft enthält Vitamin C und wenig Zucker, Cola enthält Zucker und Phosphorsäure, Milch enthält Eiweiße, Fett und Mineralstoffe.
- 3) Orangensaft enthält u. a. Zitronensäure. Der pH-Wert kann mit Teststäbchen geprüft werden.
- 4) Die Milch wird sauer, wenn sie über einen längeren Zeitraum nicht gekühlt wird. Milchsäurebakterien wandeln in der Milch enthaltenen Milchzucker in Milchsäure um. Durch die Absenkung des pH-Wertes wird das in der Milch enthaltene Eiweiß denaturiert.

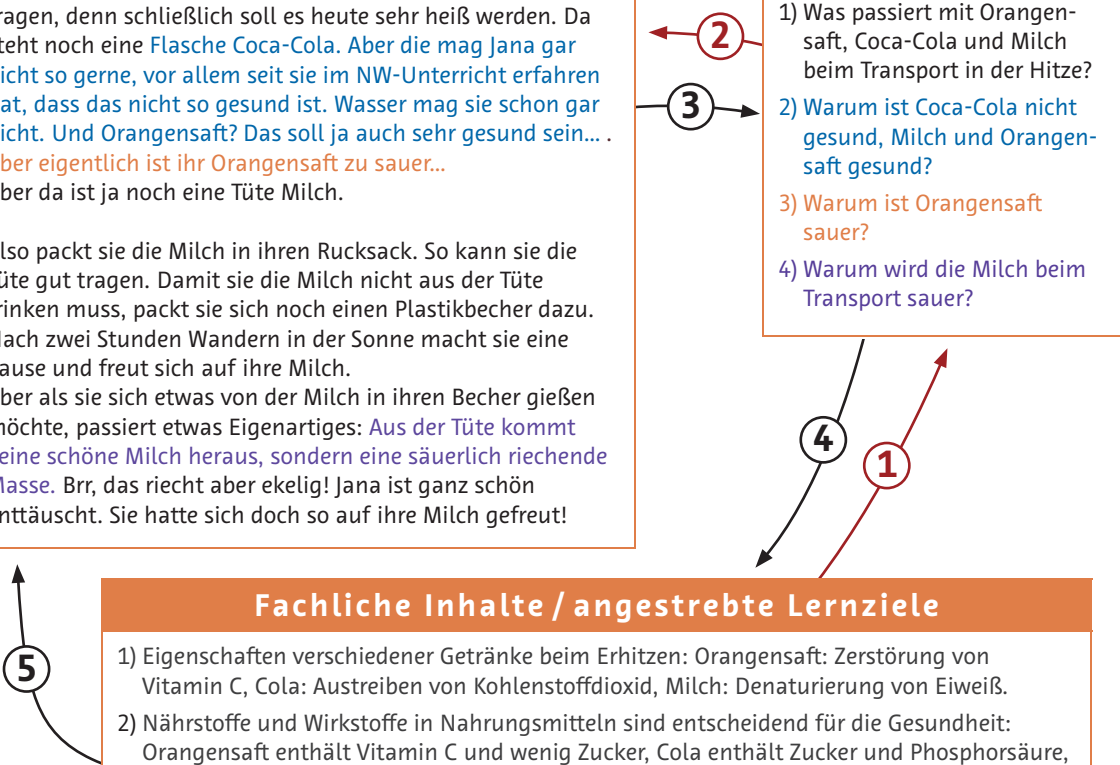
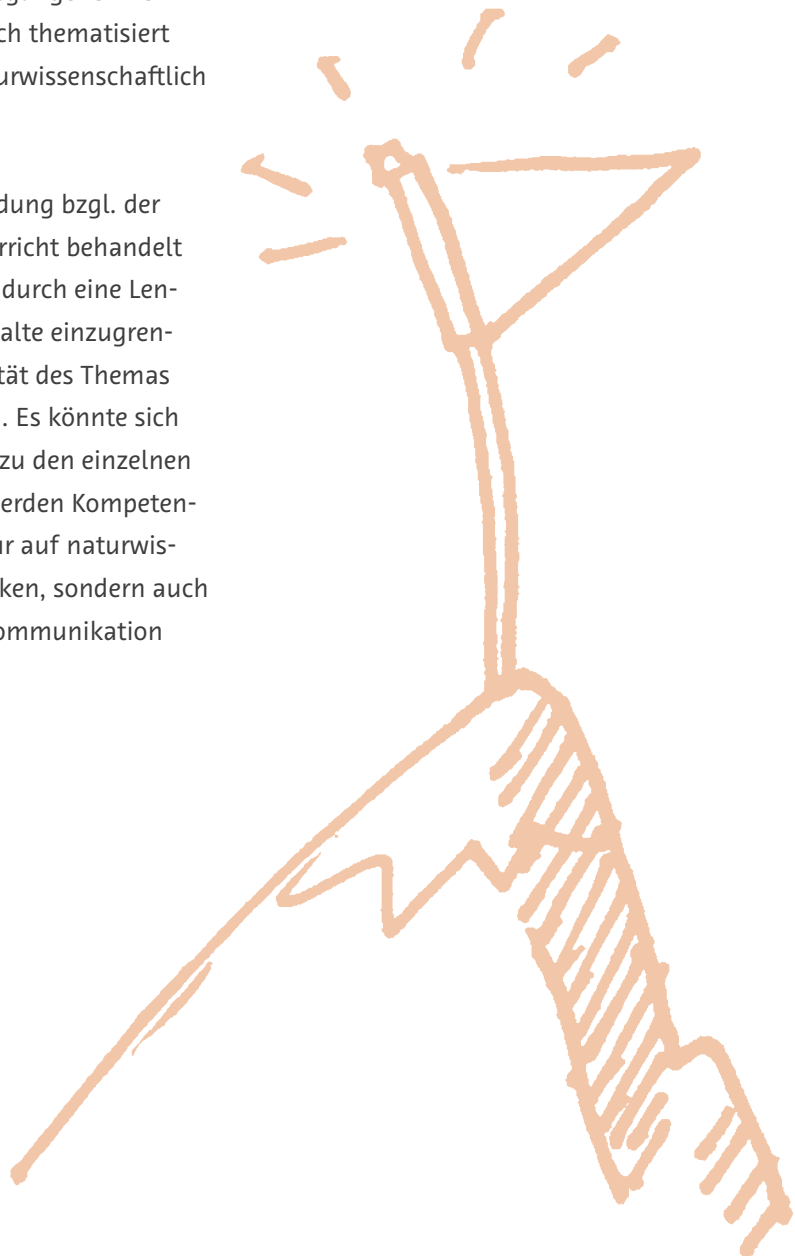


Abb. 6: Problemfindung (langer Text)



An einem zweiten Beispiel mit gleichem inhaltlichem Hintergrund soll gezeigt werden, wie unterschiedlich Unterricht in Bezug auf die Offenheit gestaltet werden kann (vgl. Abb. 6). Zudem wird am dargestellten Beispiel deutlich, wie man unterschiedliche Kompetenzen der SuS im Unterricht berücksichtigen und fördern kann. Hierfür wird ein längerer Text ausgewählt, aus dem sich mehrere Fragen, die naturwissenschaftlich beantwortet werden können, ergeben. Die Fragen sind aus den entsprechend farbig markierten Textteilen abgeleitet. Man erkennt, dass die fachlichen Inhalte wesentlich vielseitiger und komplexer sind als im vorangegangenen Beispiel (Abb. 5). An dieser Stelle kann auch thematisiert werden, welche Fragen überhaupt naturwissenschaftlich beantwortet werden können.

Der Lehrer muss nun eine Entscheidung bzgl. der fachlichen Inhalte treffen, die im Unterricht behandelt werden sollen. Eine Möglichkeit ist es, durch eine Lenkung des Unterrichtsgesprächs die Inhalte einzugrenzen. Auch ist es möglich, die Komplexität des Themas arbeitsteilig in Gruppen zu erschließen. Es könnte sich z. B. eine Recherche in Arbeitsgruppen zu den einzelnen Fragen anschließen. Auf diese Weise werden Kompetenzen der SuS gefördert, die sich nicht nur auf naturwissenschaftliche Arbeitsweisen beschränken, sondern auch auf überfachliche Kompetenzen wie Kommunikation und Kooperation beziehen.



3.5 Das Experiment und naturwissenschaftliche Arbeitsweisen



3.5.1 Experiment und Schule

Das Experiment hat im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufen seinen festen Platz. Es wird in den Naturwissenschaften als zentrales Medium der Wissensvermittlung und des Kompetenzerwerbs verstanden und ist folglich in den Lehrplänen und Rahmenrichtlinien aller naturwissenschaftlichen Fächer in den Bundesländern zentral verankert. Die Bildungsstandards der Fächer Biologie, Chemie und Physik berücksichtigen das Experiment im Kompetenzbereich »Erkenntnisgewinnung« in 12 von insgesamt 31 Standards (KMK 2005 a-c , vgl. Tab. 3).

Laut der *Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie* handelt es sich beim Experiment um eine »planmäßige Herbeiführung von (meist variablen) Umständen zum Zweck wissenschaftlicher Beob-

achtung« (Janich 1995, S. 621f). Damit »unterscheidet es sich von zufälligen Entdeckungen (die für den Erkenntnisfortschritt ebenfalls wichtig sind). Die Absicht ist immer Erkenntnisgewinn [...]. Um fragen zu können, muss man schon etwas wissen; man muss ein Problem haben« (Vollmer 2005). Immer wieder klingt beim Thema Experiment das Bild der »Frage an die Natur« an. Der noch immer verbreitete Gebrauch von engen Versuchsvorschriften (»Kochrezepten«) wird diesem Bild nicht gerecht, steht seit Jahrzehnten in der Kritik (vgl. Tamir & Lunetta 1981) und gilt als wenig lernförderlich, nicht zuletzt weil SuS in eng geführten Lernumgebungen in erster Linie »mit Geräten umgehen und nicht mit eigenen Ideen« (Lunetta 2003, S. 250)*. Die Ziele der Lehrenden beim Experimenteinsatz korrespondieren nicht unbedingt mit denen der Lernenden (Lunetta, Hofstein, & Clough 2007), sodass im Weiteren eine Klärung der angestrebten Ziele vonnöten ist.

Fragestellungen/Hypothesen entwickeln		Experimente planen und durchführen	Ergebnisse/Daten auswerten; schlussfolgern
Schülerinnen und Schüler ...			
Biologie		E5 führen Untersuchungen mit geeigneten qualifizierenden oder quantifizierenden Verfahren durch	E6 planen einfache Experimente, führen die Experimente durch und/oder werten sie aus
		E6 planen einfache Experimente, führen die Experimente durch und/oder werten sie aus	
		E7 wenden Schritte aus dem experimentellen Weg der Erkenntnisgewinnung zur Erklärung an	
Chemie	E1 erkennen und entwickeln Fragestellungen, die mithilfe chemischer Kenntnisse und Untersuchungen, insbesondere durch chemische Experimente, zu beantworten sind	E2 planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen	E5 erheben bei Untersuchungen, insbesondere in chemischen Experimenten, relevante Daten oder recherchieren sie
	E2 planen geeignete Untersuchungen zur Überprüfung von Vermutungen und Hypothesen	E3 führen qualitative und einfache quantitative experimentelle und andere Untersuchungen durch und protokollieren diese	E6 finden in erhobenen oder recherchierten Daten Trends, Strukturen und Beziehungen, erklären diese und ziehen geeignete Schlussfolgerungen
Physik	E6 stellen an einfachen Beispielen Hypothesen auf	E7 führen einfache Experimente nach Anleitung durch und werten sie aus	E9 werten gewonnene Daten aus, ggf. auch durch einfache Mathematisierungen
		E8 planen einfache Experimente, führen sie durch und dokumentieren die Ergebnisse	

Tab. 3: Das Experiment in den nationalen Bildungsstandards der naturwissenschaftlichen Fächer, Kompetenzbereich »Erkenntnisgewinnung«

* Hier wie im Folgenden sind Zitate aus der englischen Literatur eigene Übersetzungen.



3.5.2 Zielsetzungen

Traditionell wird das Experiment durch vielfältige Lern- und Lehrziele legitimiert: Es soll motivieren, Laborfertigkeiten vermitteln, dem Konzepterwerb und der Vertiefung dienen. Darüber hinaus soll es SuS Methoden der Erkenntnisgewinnung vermitteln, positiv auf ihre Grundhaltung gegenüber den Wissenschaften wirken und die sozialen Fähigkeiten der SuS schulen (vgl. Lunetta, Hofstein, & Clough 2007). Hodson (1996) wirbt für eine andere, stärker auf die Naturwissenschaften fokussierende Zielsetzung des Experiments, die folgende Aspekte berücksichtigen sollte: (1) Lernen von Naturwissenschaften (Konzepte und Inhalte), (2) Lernen über Naturwissenschaften (Methodik und das Wesen der Naturwissenschaften) sowie (3) Lernen, naturwissenschaftlich zu arbeiten.

Diesen Zielvorstellungen ist gemein, dass dem Experiment im Unterricht ein hohes Potenzial zugebilligt wird, das gleichzeitig kritischen Stimmen zufolge »eher durch »starke professionelle Annahmen« begründet ist [...] als durch überzeugende empirische Forschung oder zwingende, theoretische Argumente« (Hodson 1996, S. 755). Lunetta & Hofstein (2004) bezeichnen das »Experiment als einzigartige Lernumgebung« und berichten von lernförderlichen Effekten forschend-orientierter Experimente (inquiry labs) gegenüber eng geführten »Kochbuchrezepten«. Letztere, die traditionelleren Ansätzen folgen, orientieren sich an einem zu erreichenden Endzustand im Experiment und schreiben den Weg zu solchen Ergebnissen kleinschrittig vor. In diesen Ansätzen interessiert vor allem die Qualität der Ergebnisse (»richtig« oder »falsch«). In jüngeren Ansätzen hingegen wird zunehmend der Prozess der Erkenntnisgewinnung betont. Das heißt, dass SuS Experimentieren als Methode erlernen sollen, die sie flexibel in variablen Situationen anwenden können (vgl. Weinert 2001). Hierdurch können sie sich zu effizienten Problemlösern entwickeln. Eine Förderung metakognitiver Strategien ist dabei in Reflexions- und Diskussionsphasen zwischen SuS während

des forschend-orientierten Experimentierens möglich (Hofstein 2004). In der Literatur finden sich zahlreiche Vorschläge zur Strukturierung des experimentellen Vorgehens, die den Problemlöseweg fokussieren und ihren Ausgang bei frei wählbaren Problemen nehmen (vgl. Abb. 9).

3.5.3 Strukturierung von Experimentierphasen

Ein Vorschlag, der versucht, das Problemlösen im Unterricht zu betonen, findet sich in sogenannten egg-races (Davies 1990; Gärtner & Scharf 2003). In ihnen wird SuS eine Zielvorgabe gemacht, die sie mit einer vorgegebenen Materialauswahl zu erreichen haben. Als Methode in der Schule bieten sie sich an, wenn der Zielzustand (das Problem) für SuS relevant ist, die Aufgabe handlungsorientiert bearbeitet werden kann und Kreativität erfordert. Darüber hinaus sollen egg-races kooperativ bearbeitet werden:

»Egg-races sind somit kultivierte Wettbewerbe (in Gruppen nach bestimmten Regeln), die Schüler(innen) über positive Erlebniswerte den Zugang zur Chemie erleichtern sollen und den Unterricht beleben, indem sie die Interaktion zwischen den Schüler(innen) fördern« (Gärtner & Scharf 2003, S. 7). Der dabei durchlaufene Problemlöseprozess wird von Davies (1990) als siebenstufiger Prozess formuliert (vgl. Abb. 7), der je nach Experimentausgang zur Methodenreflexion und -adaption anhält bzw. mit einer erfolgreichen Lösung endet.

Mit dieser recht differenzierten Strukturierung des Problemlöseprozesses können Vorschläge von Kipnis & Hofstein (2008) sowie Lunetta (2003) zur Deckung gebracht werden werden. Hierbei ist zu beachten, dass Kipnis & Hofstein sich explizit der Strukturierung von inquiry-labs widmen, wohingegen Lunetta ein entsprechendes Verständnis vom forschend-orientierten Experiment bereits voraussetzt.

3.5

Beiden Vorschlägen ist gemein, dass sie eine post-lab-Phase umfassen, in der mit den Ergebnissen des Experimentes weiter gearbeitet wird. Erklärt werden kann dieser Unterschied zu den egg-races durch die unterschiedlichen Ansprüche, die jeweils an die Praxisphasen gestellt werden. Das egg-race definiert in seiner Aufgabe einen Endzustand, mit dem nicht weiter umgegangen werden muss. Die jüngeren Strukturierungsansätze hingegen sind einem wissenschaftlichen Anspruch verpflichtet, in dem das Experiment Fragestellungen zu beantworten versucht. Dem eigentlichen Experiment muss also zwingend die Ableitung der Antwort bzw. ein Transfer (Anwendung von Erkenntnissen) folgen.

3.5.4 SDDS und NAW

Vor dem Hintergrund des hypothesenprüfenden Experimentierens ist der SDDS-Ansatz von Klahr (2000) zu sehen. In ihm wird wissenschaftliche Erkenntnis als Ergebnis einer doppelten Suchbewegung verstanden (Scientific Discovery as Dual Search). Zunächst sucht der Forscher in einem mentalen Hypothesenraum nach angemessenen Hypothesen. In diesem »Raum« werden alle dem Forscher bekannten und

erschließbaren Hypothesen mental abgebildet. In einem zweiten Schritt durchsucht er einen mentalen Experimentierraum nach geeigneten Experimenten zur Hypothesentestung. Abschließend zieht er aus angestellten Beobachtungen und der entsprechenden Datenanalyse Schlussfolgerungen bezüglich seiner Hypothesen.

Aus diesem Ansatz haben Rumann (2005) und Walpuski (2006) den NAW-Ansatz weiterentwickelt, wobei das Akronym für Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen steht. Ihm zufolge gestaltet sich der Erkenntnisprozess im Experiment in einem Dreischritt aus: (1) Idee/Hypothese finden, (2) Experiment planen und durchführen und (3) Schlussfolgerungen ziehen (vgl. auch Klos, Henke, Kieren, Walpuski, & Sumfleth 2008; Hübinger & Sumfleth 2006). Wahser (2007) hat im NAW-Ansatz ein Flussdiagramm (Abb. 8) erstellt, das SuS bei der Strukturierung ihres experimentellen Vorgehens unterstützen soll. Die Struktur des Experiments im NAW-Ansatz kann seinerseits wieder mit dem Davies'schen (1990) Vorschlag zur Deckung gebracht werden.

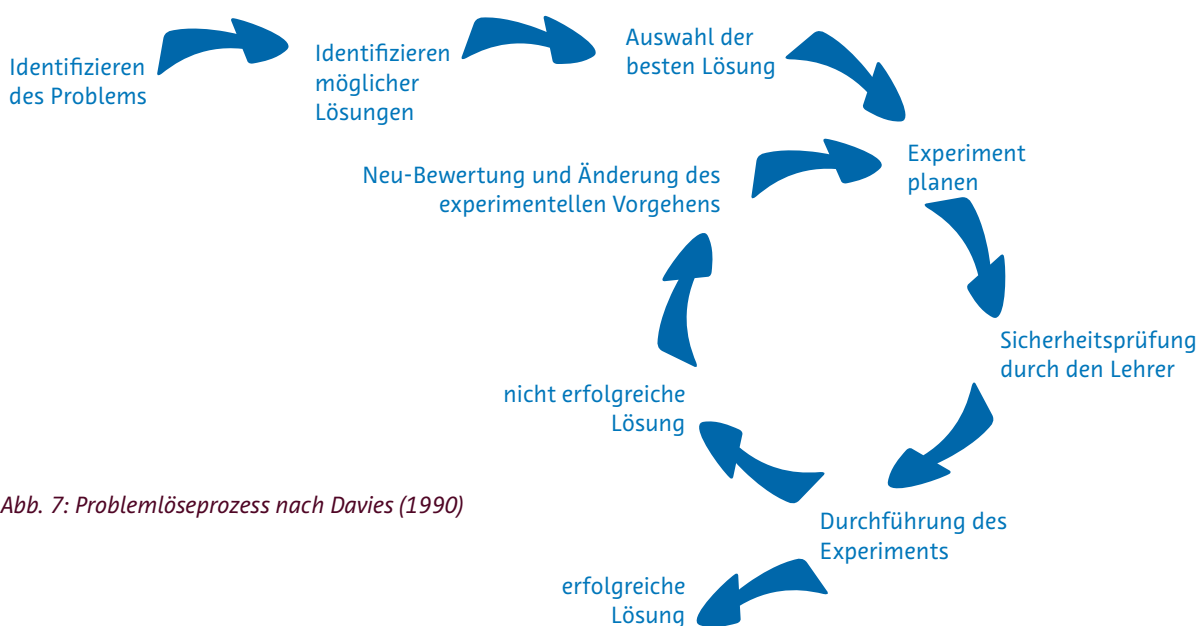


Abb. 7: Problemlöseprozess nach Davies (1990)

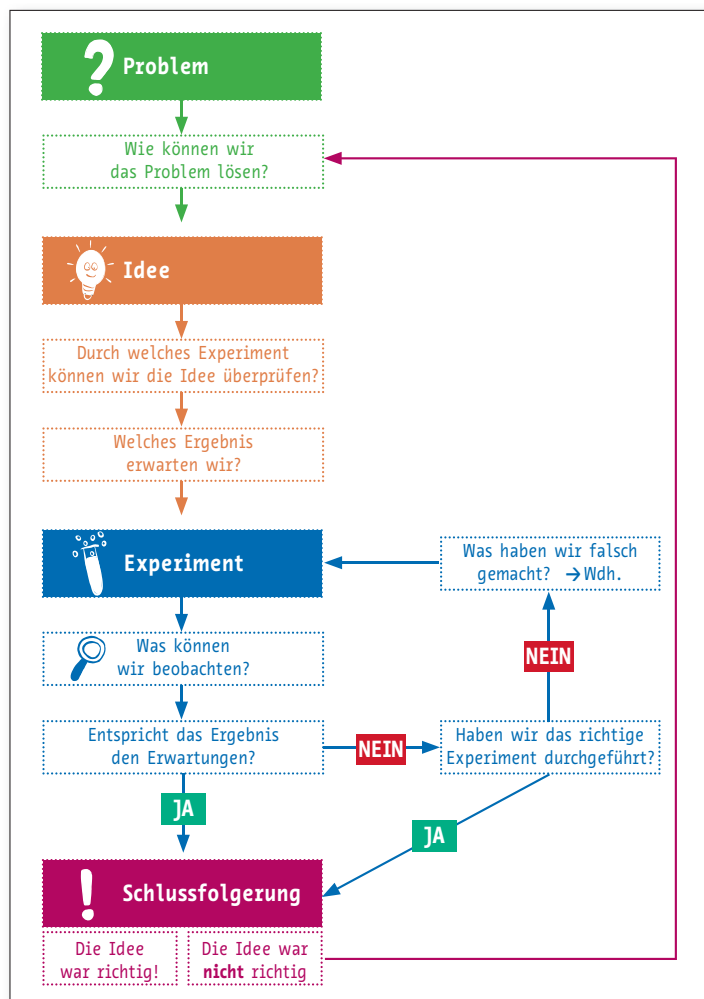


Abb. 8: Flussdiagramm zur Strukturierung naturwissenschaftlich-experimentellen Arbeitens

Darüber hinaus hat Wahser (2007) ein Strukturierungstraining entwickelt, in dem SuS im Laufe von drei ca. 30-minütigen Einheiten in das strukturierte naturwissenschaftliche Arbeiten eingeführt werden (s. Kapitel 5). SuS verfolgen im ersten Trainingsteil den Erkenntnisprozess Thomas Alva Edisons bei der Erfindung der Glühlampe und erarbeiten schrittweise das nebenstehende Flussdiagramm. Hierzu müssen sie verschiedene Aufgaben, die bezüglich Edisons Vorgehens gestellt werden, vor dem Hintergrund des Experimentierens im NAW-Ansatz bearbeiten. Vertiefend setzen sie sich textbasiert in zwei weiteren Trainingssitzungen mit naturwissenschaftlichen Problemen auseinander, die ein fiktionaler, mit ihnen gleichaltriger Schüler zu bearbeiten hat. Dabei werden sie in verschiedenen Aufgabenformaten zunächst für die Passung zwischen Idee und Experiment sensibilisiert und in einem abschließenden Training werden Feedbacksituationen für ihre eigenen Experimente vorgelegt. So sollen sie in der Diskussion mit Mitschülerinnen und -schülern lernen, dass der Ausgang von Experimenten nicht in der Bestätigung einer Idee resultieren muss und dennoch den Erkenntnisprozess unterstützen kann.

..... zeitlicher Fortschritt des Experiments>

Problemlöseprozess nach Davies (1990)

Identifikation	Auswahl Lösung	Planung	Durchführung
----------------	----------------	---------	--------------

Scientific Discovery nach Klahr (2000)

Suche im Hypothesenraum	Suche im Experimentierraum	Schlussfolgerung
-------------------------	----------------------------	------------------

Phasen des Experiments nach Lunetta (2003)

Planung und Design	Durchführung	Analyse	Anwendung
--------------------	--------------	---------	-----------

Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen nach Walpuski (2006)

Idee/Hypothese finden	Experiment durchführen	Schlussfolgerung
-----------------------	------------------------	------------------

Phasen des forschenden Experiments nach Kipnis & Hofstein (2008)

Identifikation	Hypothesenformulierung	Experiment planen	Daten sammeln und auswerten	Schlussfolgerung
----------------	------------------------	-------------------	-----------------------------	------------------

Abb. 9: Vergleich verschiedener Vorschläge zur Experiment-Strukturierung

3.5

3.5.5 Interaktionsboxen

In Anlehnung an die egg-races sind die sogenannten Interaktionsboxen entwickelt worden (Sumfleth, Ru-
mann, & Nicolai 2004). Diese zeichnen sich dadurch aus, dass SuS kooperativ in Kleingruppenarbeit einer naturwissenschaftlichen Problemstellung nachgehen. In Gruppen von typischerweise 3-4 SuS diskutieren die Gruppenmitglieder Lösungsmöglichkeiten, die sie auf Grundlage eines Angebots an Experimentiermaterialien entwickeln. Diese Materialien finden in einer Plastikbox Platz und sind so gewählt, dass es möglichst mehr als einen erfolgreichen Lösungsweg gibt. Gleichzeitig werden wo möglich Distraktormaterialien (zur »Ablenkung«) angeboten, die der Problemlösung nicht dienlich sind und gezielt Schülerfehlvorstellungen ansprechen sollen (z. B. Zucker als Hilfsmittel, um aus Salzwasser Süßwasser zu gewinnen). In der aktiven Auseinandersetzung mit der Problemstellung und den Experimentiermaterialien können SuS Fehlkonzepte selbst erkennen und falsifizieren.

Die Notwendigkeit zur Falsifikation ist dabei vor dem Hintergrund der Bestätigungsneigung (confirmation bias) von SuS gerechtfertigt: Denn oft können SuS widersprüchliche Versuchsergebnisse nicht deuten, da sie in der Planung und Durchführung eines Experiments ausschließlich die Bestätigung einer Idee erwarten (vgl. Hammann, Phan, Ehmer, & Bayrhuber 2006).

Zur weiteren Unterstützung des experimentellen Vorgehens im Umgang mit den Interaktionsboxen werden den SuS Strukturierungshilfen wie die von Wahser (2007) angeboten (Abb. 8), die ihnen durch den Problemlöseprozess helfen. Ein einführendes Training, um zu lernen, mit dieser Strukturierungshilfe umzugehen (siehe Kapitel 5 und CD-ROM), ist durch die Ergebnisse der Studie von Wahser (2007) angezeigt, da SuS jüngerer Jahrgänge nicht hinreichend sicher im Umgang mit solchen abstrakten Darstellungen sind. Durch diese Systematisierung werden SuS zur Methodenreflexion angeregt und weitere Defizite angesprochen, die sie beim Experimentieren aufweisen, z. B. bezüglich Problemen in der systematischen Variablenkontrolle oder der Aufklärung von Ursache-Wirkungs-Beziehungen (vgl. Hammann 2004; de Jong & van Joolingen 1998).



Abb. 10: Beispiel einer Interaktionsbox



3.5.6 Einbindung des Experiments im Unterricht

Wichtig ist es, die Experimente im Unterricht so anzulegen, dass die Versuchsbedingungen in geeigneter Weise variiert werden können. Hier werden die SuS kognitiv stark gefordert. Um jüngeren, unerfahrenen SuS das Entwickeln eines Experiments zu erleichtern (und um sich als Lehrer die Vorbereitung des Experiments zu erleichtern), können die Materialien für den Versuch vorgegeben werden. Haben die SuS kaum Erfahrungen mit chemischen Experimenten, können auch Teile des Versuchsaufbaus vorgegeben werden. Auf diese Weise werden die SuS herangeführt, die Variablen des Experiments in geeigneter Weise zu verändern. Vermieden werden

sollte in diesem Zusammenhang aber das »Kochen nach Rezept«, bei dem die SuS die Anleitung zur Durchführung eines Versuchs erhalten und nur die Beobachtung und Auswertung ergänzen müssen.

In der Tabelle 4 ist die Einbindung des Experiments in den Unterrichtsprozess dargestellt. Zur Verdeutlichung des Ablaufs sind Tätigkeiten der SuS und Anforderungen an die SuS genannt. Diese Anforderungen liefern Hinweise für die durch diesen Prozess geförderten Kompetenzen der SuS. Mögliche Instruktionen des Lehrers liefern Hinweise, wie der Lehrer das Erlernen dieser Kompetenzen unterstützen kann.

für SuS notwendige Bezüge und Verknüpfungen	Phase / Aktion im Unterricht	Ziel	Tätigkeiten der SuS	Anforderungen an SuS	mögliche Instruktionen des Lehrers
Vorwissen Fragen Alltag	Analyse von Texten, Bildern, Versuchen	Problem / Aufgabe als Teil der Fachstruktur erkennen	Fragen stellen	Problem verstehen / beschreiben können Versuch beobachten können, zielgerichtete Fragen formulieren können, naturwissenschaftliche Probleme erkennen können	Auswahl des Problems, Steuerung durch Gesprächsführung
+ Informationen aus Text, Bild	Gespräch	Folgerungen aus Problem ableiten und Lösungsansatz formulieren	Vermutungen zur Lösung aufstellen, voraussagen	Schlussfolgerungen ziehen können, verbalisieren können, Beobachtungen, Schlussfolgerungen von Vermutungen trennen können	Methoden zur Bild- / Textanalyse
+ Erfahrungen mit Experimenten	Versuchsplanung	Planen des Versuchs	neue Folgerungen aus Vermutung ableiten, voraussagen	Versuchsbedingungen in geeigneter Weise variieren können	Vorgabe der Versuchsgeräte
+ manuelle Fähigkeiten Alltagsfertigkeiten	Versuchsdurchführung	Durchführen des Versuchs	experimentieren, untersuchen, gezielt beobachten, messen / Daten erheben	manuelle Fertigkeiten ausbauen	Vorgabe der Versuchsanleitung, mögliche Korrekturen
+ schriftliche Darstellung	Versuchsdokumentation	Protokollieren des Versuchs	verbalisieren, dokumentieren	Beobachtungen darstellen können	Tabellen / Schaubilder oder Begriffe vorgeben
+ Rückbezug zur Frage	Versuchsauswertung	Folgerungen aus Versuch ableiten	Auswerten = Beantwortung der Forschungsfrage	Schlussfolgerungen ziehen können, Vermutung beurteilen können, mit Daten umgehen	Steuerung durch Gesprächsführung
+ Wissen aus Unterricht / Alltag + neu erworbenes Wissen	Verallgemeinerung / Abstraktion, Transfer, Modellbildung, Einordnung	Einordnung Systematik	übertragen auf andere Beispiele, Gesetzmäßigkeiten erkennen, Konsequenzen ziehen	verallgemeinern können, übertragen können, vergleichen können, abstrahieren können, veranschaulichen können	Beispiele / Begriffe / Tabellen / Schaubilder vorgeben, Fachsprache / Theorie / Modell

Tab. 4: Einbindung des Experiments im Unterricht

Frage	mögliche Hypothese	mögliches Experiment	mögliche weitere Fragen
Unter welchen Bedingungen wird die Milch fest?	Die Milch wird fest durch die fehlende Kühlung.	1) Milch ohne Kühlung stehen lassen und beobachten. 2) Milch erhitzen und beobachten.	1) Wieso verlängert sich die Haltbarkeit durch Kühlung? 2) Warum wird die Milch beim Erhitzen nicht sauer?
Warum wird die Milch sauer?	Die Milch wird durch die Bildung von Säure sauer.	Milch mit Säure versetzen und beobachten.	Wie entsteht die Säure?
Wie wird Dick-/ Sauer- milch hergestellt?	Durch die Zugabe von Bakterien wird die Milch gesäuert.	Milch mit Joghurt- kulturen versetzen und beobachten.	Kann man Sauermilch durch Zugabe von Säure herstellen?

Tab. 5: Beispiele für Hypothesen und Experimente

An dem Beispiel der sauer gewordenen Milch soll verdeutlicht werden, wie Fragen zu unterschiedlichen Hypothesen und somit zu anderen Unterrichtsinhalten führen. Ausgehend von der Problemfindung »Janas Reiseproviant« lassen sich folgende Fragen naturwissenschaftlich beantworten:

- 1) Unter welchen Bedingungen wird die Milch fest?**
- 2) Warum wird die Milch sauer?**
- 3) Wie wird Dick-/Sauermilch hergestellt?**

In der obigen Übersicht (Tab. 5) werden diese Fragen aufgegriffen, um zu zeigen, welche Hypothesen und welche Experimente daraus entwickelt werden können.

An einem Beispiel (vgl. Abb. 11) soll gezeigt werden, wie ein Experiment so in den Unterricht eingebunden wird, dass naturwissenschaftliche Arbeitsweisen der SuS gefördert werden. Ausgangspunkt sind hierfür die Überlegungen zu der in Kapitel 3.4 vorgestellten Problemstellung zum Thema »Janas Reiseproviant«. Das Experiment dient der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung. Die Hypothese wird anhand des vorgestellten Problems abgeleitet. Hilfreich ist hierbei die Formulierung einer Frage, deren Beantwortung die Vermutungen der SuS beinhaltet. Um die Anzahl der zu testenden Hypothesen einzugrenzen, kann man Vermutungen auch durch Angaben, die aus dem Problemkontext abgeleitet werden können, ausschließen. In dieser Phase sind

die SuS kognitiv stark gefordert. Für die verbliebenen Vermutungen müssen dann Experimente abgeleitet werden. Hierzu müssen die SuS geeignete Versuchsbedingungen vorschlagen. Weniger anspruchsvoll ist dann die sichere und sinnvolle Durchführung des Versuchs, denn durch die selbstständige Planung des Versuchs können die SuS besser Hinweise zur Durchführung des Experiments beachten, da sie sich den experimentellen Versuchsaufbau durch die kognitive Aktivierung in der Planungsphase besser vorstellen können. Bei der Durchführung des Versuchs zeigt sich als Folge, dass die SuS den Versuch gezielt in Hinblick auf die Fragestellung/Hypothese verfolgen und weniger unwesentliche Beobachtungen herausstellen.

Die letzte Phase, die Versuchsauswertung, bezieht sich auf die Überprüfung der Hypothese. Diese Phase ist dann besonders schwierig, wenn die Beobachtungen den Erwartungen der SuS nicht entsprechen und dann systematisch auf die Hypothese zurückbezogen werden müssen. Zeigen sich unerwartete Ergebnisse, muss die Hypothese neu formuliert werden. Auch die Versuchsanordnung und -durchführung muss auf ihre Richtigkeit hin geprüft werden.

Im Fall der Bestätigung kann die Erkenntnis zur Theoriebildung herangezogen werden.



NWA: Janas Reiseproviant

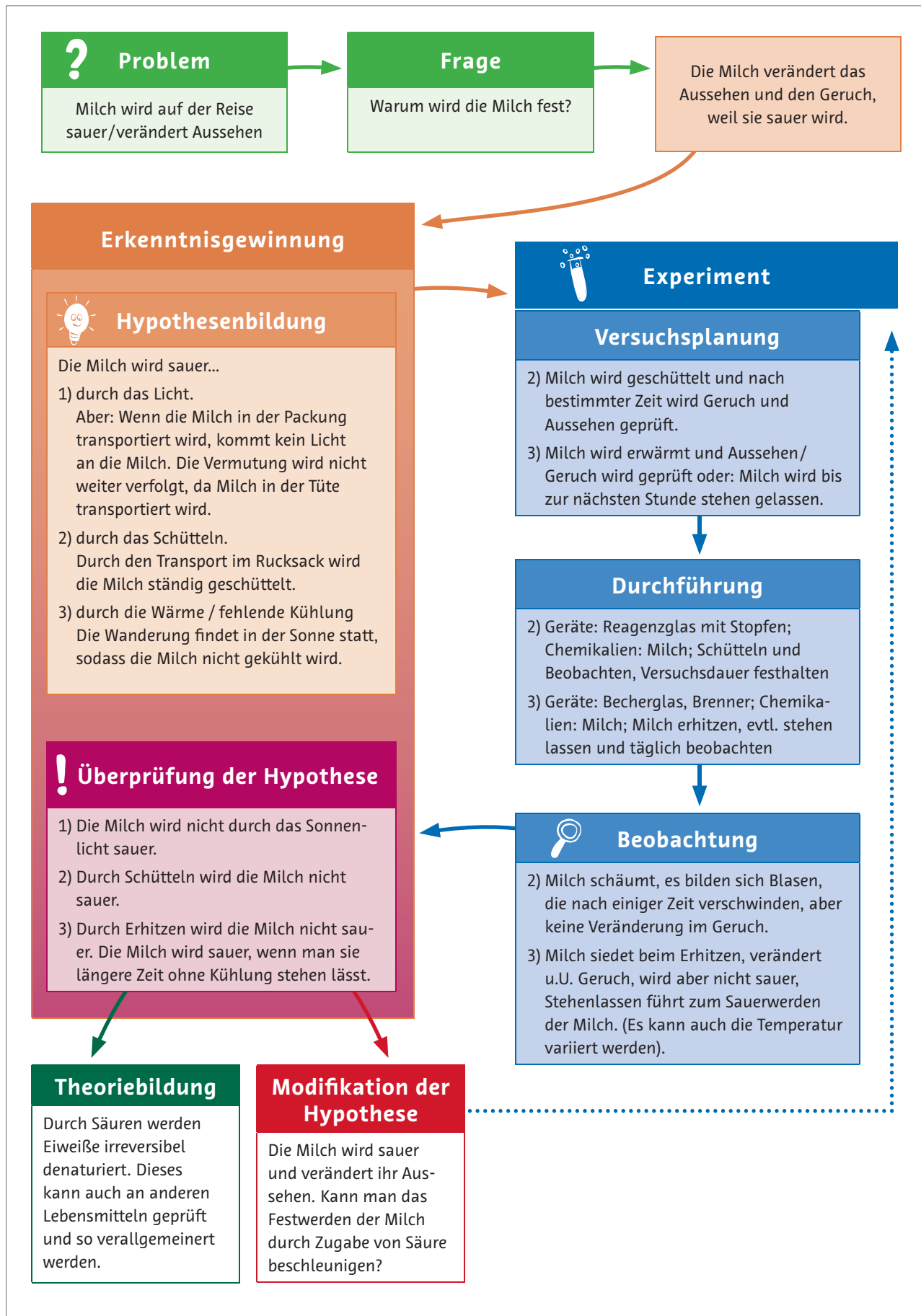
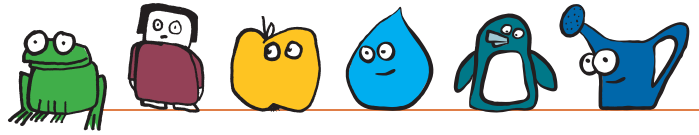


Abb. 11: Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen im Unterricht

4 Unterrichtsgestaltung mit dem Material



Im vorangegangenen Abschnitt wurde die theoretische Konzeption für die Förderung von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen für die Lösung von Problemen im Unterricht erläutert. In diesem Kapitel wird erläutert, wie die in Kapitel 3 vorgestellten Ansätze im Material berücksichtigt wurden. Werden diese Ansätze im Unterricht umgesetzt, können die SuS im Unterricht selbstständiger arbeiten. Dabei ist der Ausgangspunkt für den Unterricht das Vorwissen der SuS. Im Idealfall erweitern sie im Unterricht nicht nur ihr Wissen über einen bestimmten fachlichen Inhalt, sondern auch ihre methodischen Kenntnisse, die sie auf andere Inhalte übertragen können.

Die Rolle des Lehrers verändert sich hierbei grundlegend. Er tritt nicht als Wissensvermittler in Erscheinung, der Fachwissen für die SuS aufbereitet und es ihnen mitteilt, sondern er schafft einen Rahmen, in dem sich die SuS bewegen, um sich selbstständig Fachwissen anzueignen. Verfolgt man im Unterricht ein solches Konzept, erreicht man eine Förderung der SuS, die über die reine Wissensvermittlung hinausgeht. In Bezug auf die für die Jahrgangsstufe 10 formulierten Bildungsstandards für die Fächer Biologie, Chemie und Physik legt man auf diese Art und Weise bereits eine Grundlage, um Kompetenzen, die über die Wiedergabe und Anwendung von Fachwissen hinausgehen, aufzubauen.

Zunächst sind Bezüge des Bausteins zu aktuellen Lehrplänen aufgezeigt. Anschließend findet man eine Tabelle (Tab. 6), in der die im Baustein geförderten Kompetenzen durch fettgedruckte Buchstaben hervorgehoben sind. Es werden drei Anforderungsbereiche unterschieden: In der ersten Spalte (I) findet man Anforderungen im Bereich der Wiedergabe von Wissen. Im zweiten Anforderungsbereich (II) werden diese Kenntnisse angewendet und dargestellt. Im dritten Anforderungsbereich (III) werden diese Kompetenzen verknüpft, ausgewertet und selbstständig angewendet. In den Zeilen findet man vier Kompe-

tenzbereiche: Es wird unterschieden zwischen Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewertung.

Kompetenzen zur Erkenntnisgewinnung werden nochmals unterteilt in

- Untersuchungsmethoden,
- Umgang mit Variablen,
- Planung eines Experiments und Schlussfolgern,
- Umgang mit Modellen.

Der Bereich der Kommunikation wird unterteilt in die Bereiche

- Verbalisierung von Wissen,
- Umgang mit Informationen aus Texten und anderen Medien,
- Verwendung der Fachsprache.

Der Kompetenzbereich Bewertung unterscheidet zwischen drei möglichen Schwerpunkten

- Bewertung aufgrund naturwissenschaftlicher Aspekte und Normen,
- Bewertung mit Bezug auf individuelle Betroffenheit,
- Bewertung unter Berücksichtigung / Abwägung verschiedener Perspektiven.

Mithilfe der Tabelle (Tab. 6) kann man die verschiedenen Ausprägungen der jeweiligen Kompetenz nachvollziehen. Bei Überlegungen zur Bestimmung der Anforderungsbereiche I-III muss bedacht werden, wie vertraut die SuS mit dem jeweiligen Inhaltsbereich sind. Bei der Bildung von Hypothesen ist es z. B. wesentlich, welches Vorwissen die SuS über den Inhalt haben bzw. ob sie mit dem Inhalt bereits im Alltag in Berührung gekommen sind. Der Schwerpunkt der geförderten Kompetenzen kann im Unterricht unterschiedlich sein und sollte auf die jeweilige Lerngruppe abgestimmt sein. Es ist auch möglich, dass innerhalb einer Lerngruppe alle Bereiche erreicht werden können. Durch den jeweiligen Kenntnisstand












Anforderungsbereich	I	Abk.	II	Abk.	III	Abk.
Fachwissen	Alltagserfahrungen, Wissen, Kenntnisse und Konzepte wiedergeben, Konzepte mit Beispielen verknüpfen	F1	Wissen, Kenntnisse und Konzepte erklären, anwenden Beispiele verallgemeinern	F2	Wissen, Kenntnisse und Konzepte verwenden, transferieren und verknüpfen	F3
Erkenntnisgewinnung	bekannte Untersuchungsmethoden beschreiben und nach Anleitung durchführen / bzw. nachvollziehen	Eu1	Untersuchungsmethoden anhand von Hypothesen planen und durchführen	Eu2	Untersuchungsmethoden selbstständig auswählen und in Bezug auf Hypothesen auswerten	Eu3
	unsystematisch mit Variablen bei der Planung eines Experiments umgehen bzw. Variablen nachvollziehen können	Ev1	teilweise systematisch mit Variablen bei der Planung eines Experiments umgehen	Ev2	systematisch mit Variablen bei der Planung eines Experiments umgehen (auch bei unbekanntem Inhaltsbereich)	Ev3
	Versuchsergebnisse bzw. Daten ermitteln	Ed1	Versuchsergebnisse und Daten in Hinblick auf die Hypothesen auswerten	Ed2	Versuchsergebnisse und Daten zur Prüfung der Hypothesen heranziehen (Rückbezug auch bei falscher Hypothese möglich)	Ed3
	bekannte Modelle beschreiben	Em1	Modelle auswählen und anwenden	Em2	Modell zur Hypothesenerstellung nutzen	Em3
Kommunikation	über Kenntnisse/Arbeitsergebnisse sprechen	K1	Kenntnisse/Arbeitsergebnisse angemessen darstellen	K2	Kenntnisse/Arbeitsergebnisse reflektieren	K3
	Informationen entnehmen und wiedergeben	Ki1	Informationen erfassen und darstellen/veranschaulichen	Ki2	Informationen auswerten, reflektieren, vergleichen und nutzen	Ki3
	Fachsprache wiedergeben/erlernen	Kf1	Fachsprache benutzen	Kf2	Fachsprache in neuen Kontexten benutzen	Kf3
Bewertung	naturwissenschaftliche von nicht-naturwissenschaftlichen Aussagen unterscheiden	Bn1	naturwissenschaftliche Aspekte in Problemstellungen identifizieren / naturwissenschaftlich beantwortbare Fragen formulieren	Bn2	naturwissenschaftliche Kriterien anwenden und diese auf eigene Untersuchungen beziehen	Bn3
	Bewertung und Begründung einer Problemstellung beschreiben	Bi1	Problemstellungen in eigene Erfahrungsbereiche einordnen	Bi2	persönliche Konsequenzen aus einer Problemstellung formulieren	Bi3
	Perspektiven zu einer Problemstellung isoliert voneinander beschreiben	Bp1	mehrere Perspektiven innerhalb eines Fachs zueinander in Beziehung setzen	Bp2	Problemstellungen multiperspektivisch (interdisziplinär) betrachten und zu Lösungsansätzen gelangen	Bp3

Tab. 6: Kompetenzmodell für die Klassen 5/6

der SuS ergibt sich der Umstand, dass die Zuordnung der Kompetenzen bzgl. der einzelnen Materialien nicht immer scharf abgegrenzt werden kann.

Dieses empirisch nur teilweise belegte Modell hilft dabei, die Anforderungen an die SuS besser einschätzen zu können und die Aufgabenstellungen in

Zusammenhang mit den geförderten Kompetenzen zu bringen. Die im Baustein angegebenen, fett gedruckten Kompetenzen beziehen sich auf die genannten Aufgabenstellungen des jeweiligen Bausteins. Durch Modifikation der Aufgabenstellungen können aber auch andere Kompetenzen gefördert werden.

	Symbol	Art der Tätigkeiten der Schüler	Vorbereitung für den Lehrer	Kompetenz
Fachwissen		Aufgaben bearbeiten	Die Schüler lösen hier eine Aufgabe allein oder in Partnerarbeit. Es handelt sich z. B. um Rätsel, Mapping-Verfahren, Anlegen von Tabellen.	F1/2 Kf1/2
		Lernhilfe	Die Schüler lernen den Umgang mit Fachbegriffen, Konzepten und Zusammenhängen mithilfe von Schemata oder Texten.	F2/3 Kf1
Erkenntnisgewinnung		Arbeitstechniken erlernen	Die Schüler führen manuelle Tätigkeiten durch und erlernen den Umgang mit Laborgeräten.	Eu1 Ev1 Ed1
		Problemfrage erkennen	Die Schüler setzen sich mit einem Problem auseinander, welches sich z. B. durch einen Text oder ein Experiment ergibt. Sie formulieren eine sich daraus ergebende Frage.	Eu2/3 Ev2/3
		ein Experiment durchführen	Die Schüler planen und führen ein Experiment zu einer selbst formulierten Hypothese durch.	Eu2/3 Ev2/3 Ed2/3
		mit Modellen arbeiten	Die Schüler beschreiben und wenden Modelle an.	Em1-3
		mit Daten/ Versuchsergebnissen umgehen	Die Schüler lernen den Umgang mit Versuchsergebnissen und beziehen sie auf Hypothesen. Sie erfassen Daten und stellen sie dar.	Ed1/2 K1-3
Kommunikation		mit Texten arbeiten	Die Schüler lesen und erfassen Texte. Wichtige Informationen müssen aus dem Text gezogen werden und weiter verarbeitet werden.	Ki1-3
		Text oder Zeichnung anfertigen	Die Schüler fertigen Texte oder Zeichnungen an, um einen Text zu erschließen oder eine eigene Vorstellung oder eine Lösung darzustellen.	Ki2/3
		über Naturwissenschaft kommunizieren	Die Schüler üben die Verwendung von Fachbegriffen und tauschen sich über naturwissenschaftliche Sachverhalte aus.	K1-3 Ki1-3 Kf1-3
Bewertung		Sachverhalte und Probleme bewerten	Die Schüler bewerten einen Sachverhalt. Sie begründen und vertreten ihre Bewertung. Gleichzeitig setzen sie sich mit alternativen Bewertungen anderer Schüler auseinander.	Bn1-3 Bi1-3 Bp1-3

Tab. 7: Zusammenhang zwischen Unterrichtsorganisation und Kompetenzen

Damit die Zuordnung der Kompetenzen zu dem Arbeitsmaterial weniger abstrakt wird, findet man Symbole, die sich auf unterrichtliches Handeln beziehen. Hierbei erfolgt die Sortierung nicht nach der systematischen Darstellung der Kompetenzen, sondern nach typischen Abläufen im Unterricht, die der Lehrer bei der Planung und Vorbereitung des Unterrichts berücksichtigen muss. Hierzu gehören z. B. die Durchführung von Experimenten, die Arbeit mit einer Overheadfolie oder einem Arbeitsblatt, die Entnahme bzw. die Darstellung von Informationen aus Texten. Bei den Arbeitsblättern sind aus Gründen der Übersicht immer nur Schwerpunkte angegeben. Je nach Gestaltung des Unterrichts werden mit den jeweiligen Arbeitsblättern auch andere methodische Kompetenzen geschult.

Die Abkürzungen der letzten Spalte in der Tabelle (Tab. 7) beziehen sich auf die Abkürzungen aus der Darstellung der Kompetenzen (Tab. 6). Im Material findet man eine Übersicht, in denen die hier beschriebenen Symbole und die Abkürzungen des Kompetenzmodells dem Arbeitsmaterial zugeordnet werden. Um das Thema in verschiedene Kontexte einzubetten, findet man ein Schaubild, in dem der Bezug zu anderen Themen und Bausteinen dargestellt wird.

Nach diesem Überblick folgen die einzelnen Arbeitsblätter. Mit einem Buchstaben sind die Bausteine bezeichnet (A bis H). Die Arbeitsblätter sind durchnummeriert und kennzeichnen die Seite für die SuS, die zusätzlich mit »+« bezeichnete Seite beinhaltet die Angaben für den Lehrer. Hier findet man Ausführungen zu folgenden Punkten:

Lernziele:

→ Die methodischen und inhaltlichen Lernziele sind hier aufgeführt.

Bezug zu den geförderten Kompetenzen:

→ Diese Angaben beziehen sich auf Tab. 6

Voraussetzungen:

→ Falls besondere Voraussetzungen zur Bearbeitung notwendig sind, werden diese aufgeführt.

Basisinformationen:

→ Fachliche, wichtige Informationen werden zusammenfassend dargestellt. In einem Kasten werden vertiefende Informationen angegeben.

Lösungen:

→ Hier sind, wenn notwendig, Lösungen für die Aufgaben beschrieben.

Hinweise für den Einsatz des Arbeitsmaterials:

→ Hier werden weitere Hinweise für die Verwendung im Unterricht gegeben.

Mögliche Bezüge zu »Mein Körper und ich auf Weltreise«:

→ Dort wo Materialien der Bausteine F-H günstig mit Materialien aus dem Block der Bausteine A-E verknüpft werden können, wird dies entsprechend vermerkt.

Bereitzustellende Experimentiermaterialien:

→ Für Schülerexperimente bereitzustellende Materialien sowie ggf. Hinweise zu Besonderheiten sind angegeben.

Das vorliegende Material kann zur Vermittlung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen herangezogen werden. Die gezielte Förderung der Kompetenzen ergibt sich nicht automatisch aus dem vorgestellten Arbeitsmaterial, sondern durch die sinnvolle Einbindung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen in den Unterrichtsprozess. Dieses hat zur Folge, dass der Lehrer sich verstärkt den konkreten Lernprozessen der SuS im Unterricht zuwendet und sie einen wesentlichen Teil der Unterrichtsplanung ausmachen. Neben inhaltlichen Zielsetzungen für die Stunde rücken methodische Ziele verstärkt in den Vordergrund.

5 Strukturierungstraining für naturwissenschaftliche Arbeitsweisen



Die im Folgenden vorgeschlagenen Materialien können eingesetzt werden, um SuS an ein strukturiertes naturwissenschaftliches Arbeiten heranzuführen. Empirische Studien, in denen dieses Trainingsprogramm entwickelt und erprobt worden ist, konnten die Lernförderlichkeit des vorliegenden Trainings bestätigen.

Es gliedert sich in drei Einzeltrainings, die man mit SuS in Vorbereitung auf einen durch Experimente geprägten Unterricht durchführen kann. Jedes dieser Trainings beansprucht maximal 30 Minuten. Die einzelnen Trainingsteile sollten an drei aufeinander folgenden Terminen mit den SuS bearbeitet werden. Dabei ergibt sich durch die Anlage der Trainingsteile eine inhaltliche Vertiefung zentraler Aspekte sowie eine Abstraktion des Prozesses der Erkenntnisgewinnung vom konkreten Beispiel zur Befähigung einer selbstständigen Anwendung.

Lehrkräfte können die einzelnen Trainingsteile für SuS ausdrucken und diese mit ihnen zusammen bearbeiten. Hierzu lesen sie gemeinsam die Texte auf den einzelnen Trainingsseiten. Es wird ihnen jeweils die Zeit eingeräumt, die Informationen des Textteils mit den Informationen des Flussdiagramms abzustimmen und anschließend einige kurze Fragen zu den einzelnen Testseiten zu beantworten. Dabei ist darauf zu achten, dass SuS sich trotz der formulierten Multiple-Choice-Fragen nicht in eine Testsituation gedrängt fühlen – der geschätzte Zeiteinsatz ist so gewählt, dass es allen SuS möglich sein sollte, überlegt zu ihren Antworten zu kommen. Erst nach dem Abschluss eines jeden Trainings werden die Antworten im Klassenverband verglichen und mögliche Probleme thematisiert.

Alternativ können Lehrkräfte anstelle eines Papierausdrucks die einzelnen Trainingsteile mithilfe von Beamer- oder OHP-Projektionen durchführen (die entsprechenden Folienvorlagen finden sich auf der CD-ROM, vgl. Abb. 12). In diesem Fall ist allerdings durch Ausgabe einer Kopie sicherzustellen, dass die SuS das Flussdiagramm zum naturwissenschaftlichen Arbeiten im weiteren Unterricht verfügbar haben.

Zum Aufbau des Trainings:

→ Im **ersten Trainingsteil** erarbeiten SuS ein grafisch-abstrahiertes Flussdiagramm des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses. Sie folgen gedanklich dem amerikanischen Erfinder Thomas Alva Edison auf seiner Entdeckungsreise, an deren Ziel letztendlich die Erfindung der Glühlampe steht. Dabei lernen sie, dass sich der Entdeckungsprozess – bzw. der Prozess der Erkenntnisgewinnung – in eine Reihe einzelner Teilaspekte zergliedern lässt, die nacheinander bearbeitet werden können. Gleichmaßen wird ihnen vor Augen geführt, dass der Weg der Erkenntnisgewinnung nicht beim ersten Beschreiten zum Erfolg führen muss: Edison hielt erst nach über 1300 Versuchen eine funktionierende Glühlampe in Händen. Die Einbettung in eine Geschichte bzw. Orientierung an einem historischen Original (vgl. McComas 2008) ermöglicht es SuS dabei, zunächst dem Prozess der experimentellen Erkenntnisgewinnung konkret zu folgen und die abstrahierende Grafik mit Inhalten zu füllen.



Sebastian kann keine Schlussfolgerung in Bezug auf seine Idee formulieren, da er das Experiment mit einem Kupferdraht durchgeführt hat.

Wie hätte ein passendes Experiment aussehen können?

- Der Strom durch einen Eisendraht wird erhöht.
- Ein Platindraht wird an einen Kupferdraht gehalten.
- Der Strom durch einen Platindraht wird erhöht.
- Ein Platindraht wird über einer Flamme erhitzt.

Anhand Edisons Idee wollen wir nun noch einmal das Flussdiagramm besprechen.

Setzt dazu folgende Wörter in den Lückentext ein:

Beobachtungen, Ergebnis, erwartete Ergebnis, Experiment (2x), Idee (2x), Problem (2x), Schlussfolgerung

Die Entwicklung einer für den Hausgebrauch geeigneten Lichtquelle stellte das _____ dar. Um das _____ zu lösen, formulierte Edison folgende _____: Je mehr Strom durch einen Platindraht fließt, desto heller glüht dieser. Das _____ und das _____ waren damit ebenfalls festgelegt. Bei der Durchführung des _____ konnte Edison beobachten, dass der Draht glühte. Die _____ und schließlich das _____ stimmten also mit den Erwartungen überein. Als _____ konnte festgehalten werden: Die _____ den Strom durch einen Platindraht zu erhöhen, um mehr Licht zu erzeugen, war richtig.

Häufig können wir beobachten, dass Schüler nicht zwischen Beobachtungen und Schlussfolgerungen unterscheiden können. Deswegen wollen wir das mit dir üben.

Im Folgenden findest du verschiedene Aussagen.

Welche Aussage ist eine Beobachtung, welche Aussage ist eine Schlussfolgerung?

	Beobachtung	Schlussfolgerung
Um Licht zu erzeugen, muss ich Strom durch einen Draht leiten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ohne Strom kann ich keinen Draht zum Glühen bringen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Der Draht glüht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wenn man Strom durch einen Draht leitet, glüht er.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ein Draht in einem luftleeren Glaskolben glüht.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Die Lampe leuchtet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abb. 12: Trainingsfolien

→ Der **zweite Teil** des Trainings beginnt mit einer kurzen Wiederholung dessen, was im ersten Trainingsteil gemeinsam erarbeitet worden ist. So wird gewährleistet, dass SuS sich wieder ins Bewusstsein rufen, wie das Flussdiagramm zu lesen ist. Ihren Umgang damit trainieren sie im Folgenden unter besonderer Betonung der Passung zwischen Idee und Experiment. Dadurch wird ihnen verdeutlicht, dass es sich beim Experimentieren um ein zielgerichtetes Vorgehen handelt, das nicht die Produktion von Effekten, sondern die Überprüfung von Ideen/Hypothesen verfolgt (vgl. Hammann 2006).

→ Im **dritten Teil** des Trainings wiederholen SuS gemeinsam die zentralen Erkenntnisse der vorherigen Trainings. In diesem abschließenden Trainingsteil konzentrieren sie sich auf die systematische Unterscheidung zwischen Beobachtung und Schlussfolgerung. Gleichzeitig sollen sie dafür sensibilisiert werden, dass Experimente auch fehlschlagen können. Auch solche für die SuS unerwartete Experimentierergebnisse sind für den Erkenntnisprozess wichtig und können zu weiteren Experimenten und Forschungen führen. Für diese Art der Rückmeldung sensibel zu sein und sie ernst zu nehmen, wirkt dem weiter oben angesprochenen confirmation bias vor (Klayman & Ha 1989) und befähigt SuS zum reflektierten und selbstbestimmten Umgang mit Experimenten.

6 Literaturverzeichnis



- Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U., Schneider, W. et al. [Deutsches PISA-Konsortium] (2001). PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.
- Bovet, G. & Huwendiek, V. (2005). Leitfaden Schulpraxis. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Davies, K. (1990). In Search of Solutions. Some Ideas for Chemical Egg Races and Other Problem-solving Activities in Chemistry. London: Royal Society of Chemistry.
- de Jong, T. & van Joolingen, W. R. (1998). Scientific Discovery Learning With Computer Simulations of Conceptual Domains. Review of Educational Research, 68, 179-201.
- Gärtner, H.-J. & Scharf, V. (2003). Chemische „Egg Races“ in Theorie und Praxis. 17 Vorschläge zur Gruppenarbeit von Mädchen und Jungen im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Studienmaterialien. (<http://www.ekaestr.bildung-rp.de/staff/gae/methode/eggrace/chemrace.pdf>, Stand: 20.01.2009)
- Gräber, W. & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy – Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Hg.), Scientific Literacy (S. 7-20). Opladen: Leske + Budrich.
- Gräber, W., Nentwig, P., & Nicolson, P. (2002). Scientific Literacy – von der Theorie zur Praxis. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Hg.), Scientific Literacy (S. 135-145). Opladen: Leske + Budrich.
- Hammann, M. (2004). Kompetenzentwicklungsmodelle. Merkmale und ihre Bedeutung – dargestellt anhand von Kompetenzen beim Experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 57, 196-203.
- Hammann, M. (2006). Kompetenzförderung und Aufgabenentwicklung. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 59, 85-95.
- Hammann, M., Phan, T. T. H., Ehmer, M., & Bayrhuber, H. (2006). Fehlerfrei experimentieren. Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht, 59, 292-299.
- Hodson, D. (1996). Practical Work in School Science: Exploring Some Directions for Change. International Journal of Science Education, 18, 755-760.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. Science Education, 88, 28-54.
- Hofstein, A. (2004). The Laboratory in Chemistry Education: Thirty Years of Experience with Developments, Implementation, and Research. Chemistry Education: Research and Practice, 5, 247-264.
- Hübinger, R. & Sumfleth, E. (2006). „Mein Körper und ich auf Weltreise.“ Materialien für den naturwissenschaftlichen Unterricht für die Klassen 5/6. Berlin: Schering Stiftung.
- Janich, P. (1995). „Experiment.“ In J. Mittelstraß (Hg.), Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. Band 1 (S. 621-622). Weimar: Verlag J. B. Metzler.
- Klayman, J. & Ha, Y. (1989). Hypothesis testing in rule discovery: strategy, structure, and content. Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition, 15, 596-604.
- Kipnis, M. & Hofstein, A. (2008). The Inquiry Laboratory as a Source for Development of Metacognitive Skills. International Journal of Science and Mathematics Education, 6, 601-627.
- Klahr, D. (2000). Exploring Science. Cambridge/MA: The MIT Press.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M. et al. (2003). Expertise zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).
- Klippert, H. (1998). Methoden-Training. Übungsbausteine für den Unterricht. 7. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz.
- Klos, S., Henke, C., Kieren, C., Walpuski, M., & Sumfleth, E. (2008). Naturwissenschaftliches Experimentieren und chemisches Fachwissen – zwei verschiedene Kompetenzen. Zeitschrift für Pädagogik, 54, 304-321.
- Lunetta, V. N. (2003). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In B. J. Fraser & K. G. Tobin (Hg.), International Handbook of Science Education. Special Paperback Edition. (S. 249-262). Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publishers.
- Lunetta, V. N., Hofstein, A., & Clough, M. P. (2007). Learning and Teaching in the School Science Laboratory: An Analysis of Research, Theory, and Practice. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hg.), Handbook of Research on Science Education (S. 393-441). Mahwah/NJ, London: Lawrence Erlbaum Associates.
- McComas, W. F. (2008). Seeking Historical Examples to Illustrate Key Aspects of the Nature of Science. Science & Education, 17, 249-263.
- Prenzel, M., Baumert, J., Blum, W., Lehmann, R., Leutner, D., Neubrand, M. et al. [PISA-Konsortium Deutschland] (2005). PISA 2003: Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs. Zusammenfassung. (http://pisa.ipn.uni-kiel.de/Zusammenfassung_2003.pdf, Stand: 20.01.2009)
- Rumann, S. (2005) Kooperatives Experimentieren im Chemieunterricht. Berlin: Logos-Verlag.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hg.) [KMK] (2005a). Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hg.) [KMK] (2005b). Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hg.) [KMK] (2005c). Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004. München: Luchterhand.
- Senat für Bildung, Jugend und Sport Berlin [Bildungssenat Berlin] (Hg.) (2006). Rahmenlehrplan Grundschule. Naturwissenschaften. Berlin: W&T-Verlag.
- Shamos, M. H. (2002). Durch Prozesse ein Bewußtsein für die Naturwissenschaften entwickeln, In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa, & R. Evans (Hg.), Scientific Literacy (S. 45-68). Opladen: Leske + Budrich.
- Sumfleth, E., Rumann, S., & Nicolai, N. (2004). Kooperatives Arbeiten im Chemieunterricht. Essener Unikate, 24, 75-85.
- Sumfleth, E. (1989). Das Vorwissen der Schüler – eine wesentliche Variable in Problemlöseprozessen. In K. H. Wiebel (Hg.), Zur Didaktik der Physik und Chemie (S. 89-111). Alsbach: Leuchtturm.
- Sumfleth, E. (1988). Lehr- und Lernprozesse im Chemieunterricht. Frankfurt (Main) u. a.: Lang.
- Tamir, P. & Lunetta, V. N. (1981). Inquiry-related tasks in high school science laboratory handbooks. Science Education, 65, 477-484.
- Vollmer, G. (2005). „Experiment.“ In D. Freudig (Hg.), Lexikon der Biologie auf CD-ROM. Heidelberg: Spektrum, Akademischer Verlag.
- Wahser, I. (2007). Training von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen zur Unterstützung experimenteller Kleingruppenarbeit im Fach Chemie. Berlin: Logos-Verlag.
- Walpuski, M. (2006). Optimierung von experimenteller Kleingruppenarbeit durch Strukturierungshilfen und Feedback. Berlin: Logos-Verlag.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hg.), Leistungsmessung in Schulen (2. Auflage, S. 17-31). Weinheim, Basel: Beltz-Verlag.

Impressum

UNIVERSITÄT
DUISBURG
ESSEN

Dr. Regina Hübinger
Markus Emden
Prof. Dr. Elke Sumfleth
Universität Duisburg-Essen,
Campus Essen
Didaktik der Chemie
Schützenbahn 70
45127 Essen
Tel +49.201.183 33 52
Fax +49.201.183 31 49
E-Mail:
regina.huebinger@uni-due.de
markus.emden@uni-due.de
elke.sumfleth@uni-due.de



scheringstiftung

Dr. Carsten Klein
Vorstand Wissenschaft
Schering Stiftung
Unter den Linden 32-34
10117 Berlin
Tel. +49.30.20 62 29 65
Fax +49.30.20 62 29 61
E-Mail: info@scheringstiftung.de
www.scheringstiftung.de

Gestaltung:
glutrot GmbH, Berlin
www.glutrot.de

Druck:
Druckhaus Schöneeweide,
www.dhs-berlin.de

© Schering Stiftung, Mai 2009



Mix

Produktgruppe aus vorbildlich bewirtschafteten
Wäldern, kontrollierten Herkünften und
Recyclingholz oder -fasern
www.fsc.org Zert.-Nr. SCS-COC-001294
© 1996 Forest Stewardship Council

Dieses Material für den naturwissenschaftlichen
Unterricht wurde auf FSC-zertifiziertem Papier gedruckt.