

Björn Risch

Entwicklung eines an den Elementarbereich anschlussfähigen
Sachunterrichts mit Themen der unbelebten Natur



Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften der Universität Bielefeld



Cuvillier Verlag Göttingen

Entwicklung eines an den Elementarbereich anschlussfähigen Sachunterrichts mit Themen der unbelebten Natur

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften der Universität Bielefeld

vorgelegt von

Björn Risch

Dezember 2005

1. Gutachterin: Frau Professor Dr. Gisela Lück
2. Gutachterin: Frau Professor Dr. Katharina Kohse-Höinghaus
Externe Gutachterin: Frau Professor Dr. Elke Sumfleth

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

1. Aufl. - Göttingen : Cuvillier, 2006
Zugl.: Bielefeld, Univ., Diss., 2005
ISBN 3-86537-783-1

⊕ CUVILLIER VERLAG, Göttingen 2006
Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen
Telefon: 0551-54724-0
Telefax: 0551-54724-21
www.cuvillier.de

Alle Rechte vorbehalten. Ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages ist es nicht gestattet, das Buch oder Teile daraus auf fotomechanischem Weg (Fotokopie, Mikrokopie) zu vervielfältigen.

1. Auflage, 2006
Gedruckt auf säurefreiem Papier

ISBN 3-86537-783-1

Danksagung

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit vom Februar 2003 bis Dezember 2005 in der Arbeitsgruppe Didaktik der Chemie I der Universität Bielefeld unter der Leitung von Frau Prof. Dr. Gisela Lück angefertigt.

Diese Arbeit konnte nicht ohne die Unterstützung einer Reihe von Personen entstehen, die mir in den unterschiedlichen Phasen beratend zur Seite standen.

Frau Prof. Dr. Gisela Lück danke ich für die interessante Themenstellung, ihre vielfältigen Anregungen und intensiven Diskussionen. Ihr großes Engagement für das Thema „Naturwissenschaftliche Bildung im Kindesalter“ hat mich immer wieder begeistert und motiviert!

Frau Prof. Dr. Katharina Kohse-Höinghaus und Frau Prof. Dr. Elke Sumfleth danke ich für die freundliche Übernahme des Koreferats.

Besonders danken möchte ich allen Mitarbeitern und ehemaligen Mitarbeitern der Arbeitsgruppe Chemie und Didaktik der Chemie I – Katrin Langermann, Sonja Krahn, Dr. Hendrik Förster, Sonja Schekatz, Anke Seidel, Dr. Martin Püttschneider, Wolfgang Below und Gudrun Bülder – für ihre ständige Hilfsbereitschaft und das harmonische Arbeitsklima.

Allen Examenskandidaten und Auszubildenden, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben, möchte ich herzlich danken.

Ein großer Dank gilt den Schülerinnen und Schülern sowie deren Klassenlehrerinnen der Grundschulen Wellensiek und Theesen für ihre Bereitschaft, an der empirischen Untersuchung teilzunehmen.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie und meinen Freunden, auf die ich mich verlassen kann und die mich immer unterstützt haben.

Ein ganz lieber Dank geht an Karin.

„Kinder sind keine Fässer die gefüllt, sondern Feuer, die entfacht werden wollen.“

FRANÇOIS RABELAIS (1494-1553)
Französischer Mönch, Priester, Arzt, Schriftsteller

INHALTSVERZEICHNIS

AUSGANGSLAGE UND PROBLEMSTELLUNG.....	1
1 BETRACHTUNG DES ÜBERGANGS VOM ELEMENTARBEREICH IN DIE PRIMARSTUFE UNTER BESONDERER BERÜCKSICHTIGUNG DER BILDUNGSINHALTE ZUR UNBELEBTEN NATUR.....	11
1.1 Bildungspläne im Elementarbereich	14
1.1.1 Analyse der deutschen Bildungspläne bzgl. Themen zur unbelebten Natur	16
1.1.2 Frühpädagogische Konzepte im europäischen Ausland.....	26
1.1.3 Zusammenfassung.....	31
1.2 Der Sachunterricht im Anfangsunterricht der Primarstufe	36
1.2.1 Analyse der deutschen Lehrpläne für den Sachunterricht der Primarstufe	37
1.2.2 Bildungsvorgaben zur unbelebten Natur im Kindesalter (Elementarbereich und Primarstufe) – Ein Vergleich zwischen den einzelnen Bundesländern	43
1.2.3 Vergleich der deutschen Lehrpläne mit denen des deutschsprachigen Auslands.....	48
1.2.4 Analyse von Klassenbüchern einer Bielefelder Grundschule	50
1.2.5 Zusammenfassung und Konsequenzen	51
1.3 Schulvergleichsstudien – Deutschland im internationalen Bildungsvergleich.....	52
1.3.1 TIMSS.....	54
1.3.2 PISA.....	55
1.3.3 IGLU/ PIRLS	58
1.3.4 VERA.....	60
1.3.5 Zusammenfassung.....	61
2 AUSWAHL DER MODULE ZUR UNBELEBTEN NATUR FÜR DEN ANFANGSUNTERRICHT	63
2.1 Rahmenbedingungen für die Durchführung von Experimenten zur unbelebten Natur im Anfangsunterricht	64
2.2 Darstellung der Module.....	67
2.2.1 Modul „Luft und Gase“	68
2.2.2 Modul „Mischen, Trennen und Löslichkeit“	80
2.2.3 Modul „einfache Nachweis- und Analyseverfahren“	92
2.2.3.1 Chromatographie im Sachunterricht: Der unbelebten Natur auf der Spur.	94
2.2.3.2 Nachweis von Säuren: Mit Rotkohlsaft sauren Sachen auf der Spur.	100
2.2.4 Modul „Metalle“	106

3	EMPIRISCHE UNTERSUCHUNGEN	113
3.1	Untersuchungsgegenstand	114
3.1.1	Legitimation des Untersuchungsgegenstandes	114
3.1.1.1	Bisherige Untersuchungen	114
3.1.1.2	Lern- und entwicklungspsychologische Voraussetzungen von Grundschulkindern	115
3.1.2	Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes	117
3.1.3	Untersuchungsdesign	120
3.1.4	Untersuchungsverfahren	121
3.1.5	Einordnung der vorliegenden empirischen Untersuchung in den qualitativen Forschungsansatz	124
3.2	Untersuchung in der Grundschule Wellensiek (Bielefeld)	126
3.2.1	Auswahl der Module	127
3.2.1.1	Modul „Luft und Gase“	127
3.2.1.2	Modul „Mischen, Löslichkeit und Trennen“	131
3.2.1.3	Modul „einfache Nachweis- und Analysemethoden“	134
3.2.1.4	Auswahl der Experimente zum „Nachweis von Säuren“	137
3.2.2	Fazit zu den Experimentierstunden an der Grundschule Wellensiek	140
3.3	Untersuchung in der Grundschule Theesen (Bielefeld)	142
3.3.1	Auswahl der Module	142
3.3.1.1	Modul „Luft und Gase“	143
3.3.1.2	Modul „Mischen, Löslichkeit und Trennen“	145
3.3.1.3	Modul „einfache Nachweis- und Analysemethoden“	147
3.3.1.4	Modul „Metalle“	147
3.3.2	Fazit zu den Experimentierstunden an der Grundschule Theesen	150
3.4	Methoden der Datenerhebung	151
3.4.1	Modell der Triangulation	153
3.4.2	Forschungsmethode „Beobachten“	154
3.4.2.1	Einordnung der Methode in die vorliegende empirische Untersuchung	155
3.4.2.2	Stichprobe und Untersuchungsablauf	156
3.4.3	Forschungsmethode „Befragen“	156
3.4.3.1	Qualitative Interviews mit Kindern	157
3.4.3.2	Problemzentriertes Interview	158
3.4.3.3	Gruppeninterview	159
3.4.3.4	Experimentierangebot	161
3.4.3.5	Stichprobe und Untersuchungsablauf	162
3.4.4	Forschungsmethode „Testen“	163
3.4.4.1	Einordnung der Methode in die vorliegende empirische Untersuchung	163
3.4.4.2	Stichprobe und Untersuchungsablauf	164
3.5	Methoden der Datenaufbereitung	165
3.5.1	Wahl der Darstellungsmittel	165
3.6	Methoden der Datenauswertung	167
3.6.1	Auswertung der Interviews	167
3.6.2	Wahl der Auswertungstechnik für die vorliegende empirische Untersuchung	168
3.6.3	Auswertung des Klassentests	172

4	DARSTELLUNG DER ERGEBNISSE UND ÜBERPRÜFUNG DER HYPOTHESEN.....	173
4.1	Darstellung der Ergebnisse	173
4.1.1	Ergebnisse der Interviews	173
4.1.1.1	Kategorie A: Lieblingsexperiment	174
4.1.1.2	Kategorie B: Erinnerungsfähigkeit an die <i>Durchführung</i> der Experimente	175
4.1.1.3	Kategorie C: Erinnerungsfähigkeit an die <i>Beobachtung</i> eines Experimentes	178
4.1.1.4	Kategorie D: Erinnerungsfähigkeit an die <i>Deutung</i> eines Experimentes	180
4.1.1.5	Zusammenfassung der Kategorien B-D: Erinnerung an die Experimente	184
4.1.1.6	Kategorie E: „Tun“ versus „Wissbegier“	188
4.1.1.7	Kategorie F: Außerschulische Durchführung von Experimenten	189
4.1.2	Auswertung der Gruppeninterviews.....	190
4.1.3	Auswertung des Experimentierangebots	191
4.1.4	Ergebnisse der Klassentests	194
4.2	Überprüfung der Hypothesen	197
5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	207
6	ANHANG	215
6.1	Kategorien der Interviewanalyse.....	215
6.2	Auswertungskategorien der Interviews an Beispielen.....	216
6.3	Interviewdaten: Hendrik, GS Theesen, 14.03.2005	220
6.4	Interviewdaten: Jane, GS Theesen, 14.03.2005	224
6.5	Interviewdaten: Johannes, GS Wellensiek, 07.07.2004	228
6.6	Klassentests	231
7	VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN UND TABELLEN.....	239
7.1	Verzeichnis der Abbildungen.....	239
7.2	Verzeichnis der Tabellen.....	241
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	243

Ausgangslage und Problemstellung

Die Voraussetzungen für einen Richtungswechsel im deutschen Bildungswesen sind derzeit so gut wie schon lange nicht mehr. Lange Zeit hatte man ein unzureichendes Verständnis von der Bedeutung frühkindlicher Lernprozesse, doch neue Erkenntnisse u.a. der Bildungsforschung und der Neurobiologie¹ betonen immer wieder die immense Bedeutung der Bildungsprozesse in der frühen Kindheit für den gesamten weiteren Bildungsweg. Heute weiß man, dass die Grundlagen für erfolgreiches Lernen schon vor der Einschulung gelegt werden, im Elternhaus und im Kindergarten.

Ein gewichtiger Grund für ein Umdenken im „Bildungsland“ Deutschland liegt sicherlich auch im schwachen Abschneiden deutscher Schüler² in den zahlreichen internationalen Schulleistungsstudien. Die Ergebnisse haben für erhebliche Unruhe in der sonst eher behäbigen deutschen Bildungspolitik gesorgt. Zahlreiche Reformpläne – manche davon vielleicht etwas zu voreilig veröffentlicht – sind seitdem entstanden und werden nach und nach in die Praxis umgesetzt. Im Zuge dessen zeichnen sich auch im Elementarbereich und in der Grundschule einschneidende Veränderungen ab. Zwar gibt es keine empirisch belastbare Begründung für die These, „dass ein Versagen des frühpädagogischen Bereichs kausal für das PISA-Desaster der 15jährigen deutschen Schüler verantwortlich zu machen ist“ (HANSEL 2004, S.7), aber offensichtlich wird doch, dass die Wurzeln der schwachen Studienergebnisse außerhalb und zeitlich vor der Sekundarstufe I liegen müssen.

¹ Spätestens seitdem Hirnforscher wie Singer von „Zeitfenstern“ sprechen – Phasen, in denen Kinder viele Dinge besonders leicht aufnehmen (vgl. SINGER 2002) – hat sich die Zusammenarbeit zwischen Erziehungswissenschaftlern und Neurobiologen mit dem Ziel der bestmöglichen frühkindlichen Bildung intensiviert. Der Aufschwung der kognitiven Neurowissenschaft gründet sich im Wesentlichen auf die neuartige Methode der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT), die es möglich macht, dem Gehirn beim Vollbringen höherer geistiger Leistungen „zuzuschauen“ (*Bildgebung*) (vgl. SPITZER 2004, S. 10f.). Kritiker allerdings halten fMRT-Bilder für wenig Konkret, denn die „Aufnahmen geben lediglich Auskunft über Stoffwechselprozesse im Gehirn, wenn dieses bestimmte psychologische Leistungen erbringt“ (MAUSFELD 2005, S. 63). Diese Korrelate sind hochinteressant, aber selbst erklärungsbedürftig.

² In der vorliegenden Arbeit werden aus Gründen der besseren Lesbarkeit die Funktionsbezeichnungen wie Schüler, Lehrer, Erzieher u.a. gemäß den Regeln der deutschen Sprache nach Genus und nicht nach Sexus verwendet, wohl wissend, dass besonders im Berufsfeld „Erzieher“ mehrheitlich Frauen angestellt sind.

Auch der naturwissenschaftliche Schulunterricht rückt im Zuge der nationalen und internationalen Erhebungen wieder stärker in den Blickpunkt der Öffentlichkeit. Besonders die Unbeliebtheit des Schulfaches Chemie (vgl. HÖNER & GREIWE 2000) und das daraus resultierende mangelnde Interesse der Schüler an allem irgendwie „Chemischem“ ruft immer wieder Diskussionen hervor. Chemie wird insgesamt von großen Teilen der Bevölkerung für schwierig und unverständlich empfunden.

Dabei heißt es doch „Chemie ist Leben“ – so lautet zumindest ein Slogan der chemischen Großindustrie. Und tatsächlich, fast alle Dinge, die uns umgeben – und unsere Lebensqualität entscheidend verbessern – sind in ihrer Entstehung an chemische Vorgänge geknüpft. Vieles von dem, was uns selbstverständlich erscheint, ist erst durch die moderne chemische Forschung möglich geworden. So begegnen uns heute nahezu täglich in allen Bereichen des Lebens chemische Phänomene: Waschmittel im Badezimmer, Backpulver in der Küche, Lacke und Klebstoffe beim Basteln, eine Vielzahl an Medikamenten gegen diverse Krankheiten, etc. Darüber hinaus basiert unser eigenes Leben und Bewegen auf chemischen und physikalischen Vorgängen: Stoffwechselprozesse, Sauerstofftransport, Aktivierung der Muskulatur, etc. Trotz allem gilt Chemie in unserer Gesellschaft allgemein als gefährlich bzw. ungesund und wird fast immer mit negativen Dingen, wie Schadstoffen, Schwermetallen, Atom Müll etc., assoziiert. Bei aller Ablehnung wundert es daher nicht, dass grundlegende Kenntnisse über die unbelebte Natur³ in unserer Gesellschaft als Spezialwissen für Experten gelten und nicht unbedingt zu den unverzichtbaren Elementen allgemeiner Bildung zählen.

Dabei ist eine naturwissenschaftliche Basiskompetenz in der heutigen Zeit bedeutender denn je, erfordert doch die so wichtige Beschäftigung mit Möglichkeiten und Grenzen der Teilhabe an der Gestaltung unserer Umwelt ein naturwissenschaftliches Grundverständnis. Darüber hinaus leistet naturwissenschaftliche Bildung einen bedeutenden Beitrag zu den vielfach geforderten Schlüsselqualifikationen, wie Problemlöseorientierung und Ganzheitlichkeit, die unabdingbar zum Erlangen der eigenen Mündigkeit sind. Ferner eröffnen entsprechende Grundkenntnisse zur unbelebten Natur berufliche Perspektiven und fördern die Meinungsbildung im Alltag (vgl. LÜCK 2003, S. 19f.).

³ Unter dem Sammelbegriff „unbelebte Natur“ werden chemische und physikalische Phänomene verstanden. Gerade im frühkindlichen Bereich ist eine genaue Zuordnung der Inhalte zu den beiden großen Bezugsfächern „Chemie“ und „Physik“ nicht immer eindeutig feststellbar. Die „belebte Natur“ dagegen stellt den großen Bereich der Biologie mit seinen Nebenfächern dar.

Doch wann und wo erhält man die Möglichkeiten, sich diese naturwissenschaftlichen Grundkompetenzen anzueignen? Der Chemieunterricht – je nach Bundesland erst mit der siebten Klasse beginnend – schafft es scheinbar nicht, die Schüler zu erreichen und dem negativen Image entgegenzuwirken. Im Gegenteil, wird doch im schulischen Alltag der Chemieunterricht – meistens aufgrund von Theorielastigkeit und zu abstrakten Inhalten – sobald wie möglich gemieden und abgewählt; häufig sogar mit Unterstützung der Eltern, da in den Augen der meisten Erziehungsberechtigten der Chemieunterricht als Nebenfach gilt und weniger gute Zensuren hier eher akzeptiert werden, als in anderen Fächern.

Demgegenüber ist das Interesse von jüngeren Kindern, sich ein Bild von der Welt zu machen, die Welt zu erforschen, ihr einen Sinn zu geben und sie zu verstehen, nahezu unbegrenzt. Kinderfragen wie „Warum ist der Himmel blau?“, „Wo bleibt der Zucker, wenn man ihn in den Tee rührt?“ oder „Warum schwimmt Eis auf Wasser?“ verweisen auf grundlegende Fragen der Naturwissenschaft und werden von Kindern nahezu jeden Tag geäußert. Und wie bei engagierten Naturwissenschaftlern lassen sich bei Kindern ganz ähnliche Vorgehensweisen beobachten: Sie entwickeln eine große Freude und empfinden ein tiefes Glück, wenn sie mit allen Sinnen ein Experiment staunend beobachten, anschließend durch Fragen Antworten auf das vorgestellte Phänomen verlangen oder durch eigene Hypothesen Erklärungsmodelle konzipieren und experimentell überprüfen.

Es ist auffällig und bemerkenswert, dass in der letzten Zeit dem Interesse von Kindern an Naturwissenschaften wieder mehr Beachtung geschenkt wurde. Besonders im außerschulischen Bereich expandiert die Auswahl an naturwissenschaftsbezogenen Angeboten: Zahlreiche Neuerscheinungen in den Bereichen naturwissenschaftliche Kindersachbücher⁴, Kinderzeitschriften⁵, Gesellschaftsspiele und Neuproduktionen in Rundfunk und Fernsehen⁶ und auch die Eröffnung so genannter Science Center⁷ mit

⁴ z.B. „365 Experimente für jeden Tag“ (VAN SAAN 2002).

⁵ z.B. NATIONAL GEOGRAPHIC WORLD, ein neues zweisprachiges Kindermagazin, das am 21. November 2003 erschienen ist.

⁶ z.B. Löwenzahn-Reihe des ZDF zum Jahr der Chemie 2003.

⁷ Science Center sind Einrichtungen, in denen sowohl Erwachsene als auch Kinder an interaktiven Exponaten ihr Verständnis von naturwissenschaftlichen Phänomenen erweitern können. Dabei ist es den Besuchern frei gestellt, mit welchem Objekt sie sich auseinandersetzen wollen. Im Rahmen seiner

naturwissenschaftlichem Angebot sind deutliche Indizien. Selbst die Universitäten werben um den jüngeren Nachwuchs und sehen in der Gruppe der Kinder eine Investition in die Zukunft: So finden sich an immer mehr Chemie- und Physikfachbereichen der Universitäten Professoren und Studenten, die Versuchstage, Schnupperwochenenden, Mitmachlabors⁸, „Kinderuniversitäten“ oder aufwändige Experimentalvorlesungen für Schüler durchführen. Dabei zeigt sich, dass Kinder im Kindergartenalter aber auch Grundschulkinder eine große Begeisterung beim selbstständigen Forschen und Experimentieren entwickeln. Der frühpädagogische Bereich hat auf diese Erkenntnisse reagiert und die Zeiten der „Ignoranz“ gegenüber Naturwissenschaften im Kindesalter scheinen überwunden zu sein. So zählen Chemie und Physik mittlerweile mehr denn je zum Bildungskanon des Elementarbereichs.

Die Bildungsarbeit im Kindergarten ist die Basis für den schulischen Erfolg und daher ein ganz zentraler Aspekt, wenn es um die Frage geht, wie Kinder besser für die Zukunft vorbereitet werden können. So haben alle Bundesländer den Bildungsauftrag der Elementarerziehung (wieder) zum Thema gemacht und Empfehlungen für Vorschulkinder erarbeitet. Einen großen quantitativen Anteil in allen Bildungsplänen nimmt nun auch der naturwissenschaftliche Bereich ein. Zumeist kindgerecht aufgearbeitet und mit didaktisch gelungenen Vorschlägen zur täglichen Umsetzung ist auch die unbelebte Natur in den jeweiligen Empfehlungen implementiert. Somit werden Kinder im Elementarbereich zunehmend an chemische und physikalische Experimente herangeführt: Sie erfahren beispielsweise durch einfache Versuche zum ersten Mal, dass es „Nichts“ nicht gibt: Luft ist praktisch überall und nicht nur draußen an der „frischen Luft“.

Während im Elementarbereich die Notwendigkeit zur Stärkung von Themen der unbelebten Natur längst erkannt und auf diese neu gewonnenen Erkenntnisse reagiert wurde, stellt sich die Frage, wie es hingegen mit dem Experimentierangebot im

Dissertation stellte FÖRSTER fest, dass jedoch in diesen Einrichtungen vorwiegend physikalische bzw. technische Versuche im Vordergrund stehen, während Chemie-orientierte Experimente eher selten angeboten werden (vgl. FÖRSTER 2005).

⁸ Als eines der ersten Schüler-Mitmachlabors wurde das *teutolab*-CHEMIE der Universität Bielefeld im Februar 2000 von Frau Prof. Kohse-Höinghaus gegründet. Es bietet Experimentiertage für Schüler der Jahrgangsstufen 3-12, also von der Primarstufe bis zur Sekundarstufe II an (vgl. KOHSE-HÖINGHAUS 2000, S. 702f.).

Anfangsunterricht der Primarstufe aussieht. Eine nahtlose Anknüpfung an die ersten experimentellen Erfahrungen aus dem Elementarbereich ist besonders wichtig, um ein anschlussfähiges Wissen aufzubauen und dadurch ein tieferes und nachhaltiges Verständnis für die unbelebte Natur und die Deutung der Phänomene zu entwickeln.

„In Deutschland ist der Sachunterricht das Fach, in dem die erste schulische Begegnung mit naturwissenschaftsbezogenen Themen erfolgt“ (PRENZEL et al. 2003, S. 148). Untersuchungen zeigen aber, dass anstelle von naturwissenschaftlichen Inhalten häufig noch Unterrichtseinheiten aus dem sozialwissenschaftlichen und heimatkundlichen Umfeld thematisiert werden (vgl. LÜCK 2000, S. 24), was nicht zuletzt auch auf die z.T. einseitigen Inhalte im Primarstufenstudiengang zurückzuführen ist. Folglich fehlt es im Grundschulbereich noch in weiten Teilen an entsprechenden Unterrichtsinhalten, um die naturwissenschaftliche Neugier und die Euphorie beim Experimentieren der jungen Schüler zu stillen.

Erste Konzepte für naturwissenschaftliche Unterrichtsinhalte gab es bereits in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts. SPRECKELSEN entwickelte einen Lehrgang⁹, bestehend aus sechs Unterrichtseinheiten – spiralförmig konzipiert – mit Unterrichtsvorschlägen für Lehrer. Inhaltlich lagen dem Curriculum drei fundamentale Konzepte („Basiskonzepte“) zugrunde: Teilchenstrukturkonzept, Wechselwirkungskonzept und Erhaltungskonzept (vgl. SPRECKELSEN 1971). An der Evaluationsphase dieses strukturorientierten Curriculums nahmen 85 Lehrer und 3682 Schüler teil (vgl. WIEBEL 1977). Von den Lehrern wurde der Lehrgang anfangs sehr positiv angenommen, geriet dann aber später in die Kritik. Als Hauptgründe wurden eine zu starke Bindung des Lehrers an das Curriculum und die Frage der Altersangemessenheit aufgeführt (vgl. SPRECKELSEN 2001, S. 97). Bei aller Beanstandung an dem strukturbezogenem Ansatz, so hat er doch den weiteren Verlauf der Sachunterrichtsentwicklung mitgeprägt und viele Diskussionen über Ziele, Funktionen und neue Methoden hervorgerufen.

⁹ SPRECKELSENS Anregungen für einen naturwissenschaftlichen Lehrgang basieren auf den Konzeptionen des amerikanischen SCIS (Science Curriculum Improvement Study), einem Curriculum für den naturwissenschaftlichen Lernbereich, das seinen Beginn schon im Vorschulalter hatte (vgl. TÜTKEN 1970). Da bei der Implementierung neuer Curricula stets die landestypischen kulturellen Anschauungsweisen berücksichtigt werden müssen, war eine Übertragung des amerikanischen Konzepts auf deutsche Schulverhältnisse nicht möglich. Daher kam es zu einer völligen Neuentwicklung der Inhalte (vgl. SPRECKELSEN 2001, S. 99).

Untersuchungsgegenstand

Ein zentrales und dringendes Problem liegt in der Klärung der so genannten Anschlussfähigkeit des Wissens, verbunden mit der Herausforderung, einen kontinuierlichen Bildungsprozess für das Kind zu gewährleisten. Daher liegt der thematische Schwerpunkt der vorliegenden Arbeit in der Auseinandersetzung mit der Übergangproblematik vom Elementarbereich in die Primarstufe. Besondere Beachtung gebührt dabei dem Aspekt der Sicherung einer regelmäßigen Vermittlung von Inhalten zur unbelebten Natur, um dem Interesse der Kinder an chemischen und physikalischen Inhalten zu jedem Zeitpunkt altersgerecht entgegen zu kommen. Um einen bestmöglichen Übergang vom Kindergarten zur Grundschule zu gewährleisten, wird im Rahmen dieser Arbeit evaluiert, durch welche Auswahl an Experimenten und Unterrichtsinhalten die in der Vorschule begonnene Heranführung an die unbelebte Natur im Anfangsunterricht der Primarstufe fortgesetzt werden kann, ohne durch unnötige Wiederholungen oder durch zu große zeitliche Abstände bei der Fortführung naturwissenschaftlichen Lernens das einmal entstandene Interesse zu blockieren. Ziel ist es dabei, konkrete Vorschläge für die praktische Umsetzung im Unterrichtsalltag der Grundschule zu entwickeln, auch unter Berücksichtigung der entwicklungspsychologisch bedingten Fähigkeiten der Kinder in der entsprechenden Altersstufe. Die Grundlage für diese Arbeit bilden Analysen deutscher Bildungs- und Lehrpläne für den Elementar- und Primarstufenbereich, sowie in diesem Projekt erhobene empirische Daten aus Untersuchungen in zwei Bielefelder Grundschulen.

Nicht erst seit den neueren Erkenntnissen aus lern- und entwicklungspsychologischen Studien weiß man, dass die kognitiven Voraussetzungen von Grundschulkindern in Bezug auf Deutungen naturwissenschaftlicher Phänomene unterschätzt werden (vgl. PRENZEL et al. 2003, S. 191). Um die Kinder nicht weiterhin zu unterfordern, muss der Unterricht inhaltlich und methodisch anspruchsvoll gestaltet werden, so dass die affektiven und kognitiven Zugänge zu den Themenfeldern der unbelebten Natur bereits im frühen Alter gefördert werden können. Wahrnehmungs-, Denk- und Lernbedingungen von Grundschulkindern sind dabei zu berücksichtigen (vgl. PERSPEKTIVRAHMEN SACHUNTERRICHT 2002, S. 2).

Es besteht demnach ein dringender Bedarf, die Phänomene der unbelebten Natur in einfachen Experimenten und verständlichen Deutungen für den Primarstufenbereich

aufzuarbeiten, um so Grundlagen für das Vermitteln physikalischer und chemischer Themen auch in diesen Altersstufen zu schaffen. Im Elementarbereich werden mittlerweile Phänomene der unbelebten Natur verstärkt behandelt. Diese Entwicklung darf in der Primarstufe nicht zum Stillstand und damit zum Rückschritt kommen! Erste Anfänge sind gemacht: In einem vorläufigen Entwurf des neuen Rahmenplans für Nordrhein-Westfalen heißt es, dass es für den gesamten Sachunterricht erforderlich sei, die naturwissenschaftlich-technische Perspektive zu stärken. Auch in weiteren Lehrplänenwürfen (Bayern, Baden-Württemberg, Berlin, etc.) zeigt sich eine Wende hin zur unbelebten Natur.

Wie können neue Unterrichtsinhalte zur unbelebten Materie für die Primarstufe entwickelt werden? Eine Evaluation des naturwissenschaftlichen Vorwissens der Schüler zu Beginn ihrer Schulzeit könnte als Basis für erste Überlegungen dienen. So stellen jüngst die Herausgeber der IGLU-E Untersuchung fest, dass „es in Deutschland bisher insgesamt noch zu wenige [...] Arbeitsgruppen [gibt], die im Rahmen empirischer Forschung zeigen, wie das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler in einem naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht aufgegriffen und systematisch weiterentwickelt werden kann“ (PRENZEL et al. 2003, S. 150).

Dabei geht es nicht darum, in der Primarstufe mit Kindern einen vorgezogenen Chemie- oder Physikunterricht durchzuführen, sondern Leitlinien zu entwickeln, die zu einem Verständnis chemischer und physikalischer Phänomene führen sollen. Die kognitiven Fähigkeiten der Kinder, sowie deren Handlungsorientierung müssen beachtet werden, um realistische Lernerfolge zu erzielen. Der Einsatz von Alltagsstoffen erweist sich dabei als ein geeignetes Mittel, Kinder über die schulische Heranführung hinaus für Themen der unbelebten Natur zu sensibilisieren. Zum einen knüpfen Kinder dadurch an Alltagserfahrungen an und zum anderen sind die Experimente mit Alltagsstoffen problemlos zu Hause wiederholbar bzw. explorativ weiter zu entwickeln.

Legitimation des Untersuchungsgegenstands

Jede wissenschaftliche Arbeit bedarf eines objektiven Begründungszusammenhangs, der das Thema rechtfertigt und auch tatsächlich plausibel macht. Die vorliegende Arbeit ist im didaktischen Bereich anzusiedeln.

Die Allgemeine Didaktik beschäftigt sich mit der Theorie und Praxis des Lehrens und Lernens. Das Wort „Didaktik“ leitet sich vom griechischen Verb *didáskein* ab und kann sowohl aktiv (als „lehren“ oder „unterrichten“) wie auch passiv (als „lernen“, „belehrt werden“, „unterrichtet werden“) und medial („aus sich selbst lernen“, „ersinnen“, „sich aneignen“) übersetzt werden. Didaktik ist also nicht nur Theorie, sondern immer auch Praxis des Lehrens und Lernens (vgl. JANK & MEYER 1994).

Aus dem Aufgabenprofil der Chemiedidaktik erfährt die vorliegende Arbeit ihre Legitimation. Die Chemiedidaktik liefert als wissenschaftliche Teildisziplin der Chemie mit ihren Aufgaben und Zielen den Rahmen, um sich mit der Vermittlung von Phänomenen der unbelebten Natur im Kindesalter auseinander zu setzen und damit didaktisch sinnvolle Grundlagen für den späteren Chemieunterricht zu schaffen. Die Fachdidaktik Chemie steht in einem Spannungsverhältnis zwischen der Disziplin Chemie und der Allgemeinen Didaktik. „Sie integriert beide Wissenschaftsbereiche und vermittelt zwischen ihnen“ (ASCHERSLEBEN 1983, S. 30). Im Mittelpunkt der Chemiedidaktik „steht das schulisch institutionalisierte Lehren und Lernen der Chemie“ (PFEIFER, LUTZ & BADER 2002, S. 7), also der Schulunterricht. Als wichtigste Aufgabe gilt es, „die Suche nach Antworten für die unbefriedigende Praxis des gegenwärtigen Chemieunterrichts“ (BECKER et al. 1992, S. 54) fortzusetzen¹⁰. Dabei wird das mangelnde Interesse am naturwissenschaftlichen Unterricht häufig darauf zurückgeführt, dass die Begegnung mit naturwissenschaftlichen Fragen in der Schule zu spät einsetzt (vgl. GRAMM 2000). Doch wann ist der richtige Zeitpunkt und mit welchen fachlichen Inhalten sollte begonnen werden? Darüber gibt es viele unterschiedliche Meinungen, unter anderem auch von den Psychologen: „Während klassische Theorien der Denkentwicklung von der Grundannahme ausgehen, dass es globale Veränderungen im kindlichen Denken gibt, die über alle Inhaltsbereiche hinweg wirksam sind [...], nehmen viele neue Entwicklungspsychologen an, dass Veränderungen bereicherspezifisch und inhaltsgebunden sind und keine globalen Stadien der Denkentwicklung postuliert werden sollten“ (OERTER & MONTADA 1998, S. 623). Interpretiert man PIAGET – Repräsentant der klassischen Entwicklungs- und Kognitionspsychologie – in

¹⁰ In unserem Arbeitskreis wird die Aufgabe der Chemiedidaktik etwas weiter gefasst. So sind wir der Meinung, dass die Chemiedidaktik sich nicht nur mit dem schulischen Chemieunterricht auseinandersetzen sollte, sondern insgesamt für die optimale Vermittlung chemischer Inhalte für die breite Öffentlichkeit verantwortlich ist.

Bezug auf Vermittlung naturwissenschaftlicher Phänomene im Kindesalter, so spricht sich dieser gegen eine Einführung in dieser Altersstufe aus. Nach PIAGET ist das Erreichen des konkret bzw. sogar formal operationalen Stadiums (ab etwa dem 12. Lebensjahr) die Grundvoraussetzung, um überhaupt Wahrnehmungen mit nicht konkret Gegebenem logisch nachvollziehen zu können. Zahlreiche Studien¹¹ belegen dagegen, dass bereits Kinder im Vorschulbereich die entsprechenden Voraussetzungen für einen Zugang zu naturwissenschaftlichen Phänomenen besitzen¹², was daher erst recht im Grundschulalter angenommen werden kann. Grundvoraussetzung, um selbst jüngeren Kindern bereichsspezifische Phänomene naturwissenschaftlich erklärbar und verständlich zu machen, ist eine entsprechende didaktische Reduktion der Fachinhalte, gepaart mit einer kindgerechten Vermittlungsart¹³.

Begründung des Aufbaus

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, ein anschlussfähiges, also ein auf den Elementarbereich aufbauendes Curriculum für den Anfangsunterricht der Primarstufe mit Themen zur unbelebten Natur darzulegen. Hierzu werden die entwickelten chemischen und physikalischen Unterrichtsinhalte im Rahmen einer empirischen Untersuchung evaluiert.

¹¹ Pionierarbeit in Deutschland hat auf diesem Gebiet sicherlich LÜCK geleistet, die im Rahmen ihrer Untersuchungen eindeutig nachgewiesen hat, dass Kinder im Kindergartenalter sowohl großes Interesse an naturwissenschaftlichen Experimenten, als auch – selbst Monate später noch – ein detailgenaues Erinnerungsvermögen an die jeweiligen Versuche zeigen (vgl. LÜCK 2000).

¹² Der Frage nach dem intuitiven chemischen Wissen junger Kinder zu einfachen Phänomenen der unbelebten Natur wird derzeit im Rahmen einer Dissertation von KRAHN an der Universität Bielefeld untersucht. Die Kenntnis über solches bereichsspezifisches Wissen spielt eine zentrale Rolle bei der Überlegung, ab welchem Alter chemische Themen die Aufmerksamkeit von jüngeren Kindern wecken und eine Heranführung an Themen der unbelebten Natur sinnvoll wird.

¹³ Die Vermittlung chemischer Inhalte kann durch ein breites Spektrum an Methoden vollzogen werden, wobei dessen Extreme durch „naturwissenschaftlich-objektive“ und „animistisch-metaphorische“ Formulierungen gekennzeichnet sind. Im pädagogischen Bereich versteht man unter Animismus ein bewusst eingesetztes didaktisches Mittel der Analogiebildung („Beseelung der unbelebten Natur“), um eine Brücke zu bilden zwischen der Erfahrungswelt der Kinder und dem für diese Kinder noch unbekanntem Bereich der – z.B. chemischen – Phänomene. PÜTTSCHEIDER stellte im Rahmen seiner Dissertation fest, dass neben einem positiven affektiven Zugang zu Naturphänomenen durch animistische Vermittlung auch eine Steigerung der kognitiven Fähigkeiten zu beobachten ist (vgl. PÜTTSCHEIDER 2005).

Zunächst wird im *ersten Kapitel* auf die Problematik des Übergangs vom Elementar- in den Primarstufenbereich eingegangen. Dabei wird im Rahmen einer Sachstandserhebung aufgezeigt, welche naturwissenschaftlichen Inhalte die einzelnen Bundesländer für den Kindergarten- und Grundschulbereich vorsehen. Damit verbunden erfolgt eine Analyse, ob es den jeweiligen Bundesländern überhaupt gelingen kann, einen kontinuierlichen Bildungsprozess hinsichtlich chemischer und physikalischer Themen zu leisten. Zusätzlich werden Beispiele aus dem europäischen Ausland hinzugezogen, um die abschließende Ausführung einiger Ergebnisse internationaler Vergleichsstudien besser einordnen zu können.

Im *zweiten Kapitel* wird die Auswahl und Entwicklung der Unterrichtsmodule mit Themen der unbelebten Natur für den Anfangsunterricht der Primarstufe vorgestellt. Dazu haben wir bereits bekannte Schulexperimente kindgerecht optimiert und entsprechende naturwissenschaftliche Deutungen entwickelt.

Das *dritte Kapitel* beschreibt die empirische Untersuchung. Die entwickelten Unterrichtsmodule wurden in zwei unterschiedlichen Grundschulen in insgesamt vier Schulklassen durchgeführt und abschließend evaluiert. Dabei zeigten sich aufgrund von Beobachtungen und Auswertungen auch einige interessante lern- und entwicklungspsychologische Konsequenzen für das weitere Vorgehen.

Die Ergebnisse der Evaluation, sowohl bzgl. der kognitiven Verarbeitung der Modul-inhalte durch die Schüler als auch die vertiefte Überprüfung der oben genannten lern- und entwicklungspsychologische Beobachtungen, werden im *vierten Kapitel* dargestellt und analysiert.

Im abschließenden *fünften Kapitel* werden Empfehlungen für eine altersgerechte Implementierung von Themen der unbelebten Natur im Sachunterricht der ersten und zweiten Klasse gegeben. Dazu werden im Rahmen eines Kriterienkatalogs Anforderungen an naturwissenschaftliche Experimente für den Anfangsunterricht aufgezeigt. Neue Fragestellungen, die sich während der Untersuchung herauskristallisierten, werden zusammengefasst und als Ausgangspunkt für anschließende Forschungsgebiete vorgestellt.

1 Betrachtung des Übergangs vom Elementarbereich in die Primarstufe unter besonderer Berücksichtigung der Bildungsinhalte zur unbelebten Natur

„Die Schule behandelt das Kind, als käme es mit dem Eintritt ins Schulzimmer neu auf die Welt. Sie setzt nicht fort, sondern bricht ab und fängt etwas ganz Neues von vorn an.“
(LICHTWARK, 1905)

Der Übergang vom Elementar- in den Primarbereich stellt einen bedeutenden Schritt in der Biographie eines Kindes dar¹⁴. In vielerlei Hinsicht – personell, zeitlich, räumlich und auch inhaltlich – müssen sich Kinder beim Eintritt in den schulischen Alltag neu orientieren (vgl. FAUST-SIEHL et al. 1996, S. 139). Sie verlassen die „heile Welt“ des „Kindseins“, wo sie nahezu selbst bestimmen konnten, wann gespielt, getobt oder auch gelernt wird. Das Schulleben und damit der Beginn des „Schülerseins“ führt zu einem tiefen Einschnitt in die Persönlichkeit des Kindes. Fast immer freuen sich die Schüler auf den Schulbeginn, „sie sind neugierig und wissensdurstig, warten ungeduldig darauf, endlich lesen, schreiben und rechnen zu lernen bzw. schon erworbene Fähigkeiten und Kenntnisse anwenden und vorzeigen zu dürfen“ (SCHORCH 1998, S. 81). Aber zuerst müssen sie sich in einem neuen, stärker strukturierten System zurecht finden: Vorgegebene Ordnungen und Regeln, häufig große Schulklassen, immenser Zeitdruck, ein nicht immer kindgerechter Tages- und Lernrhythmus, sowie eine stoff- und lehrerzentrierte Unterrichtsgestaltung führen zu völlig neuen Lebensbedingungen. Bei günstigen Rahmenbedingungen bauen die Kinder dabei ihre Handlungsfähigkeit aus, entwickeln Selbstvertrauen und Zuversicht. Im negativen Fall fühlen sie sich ausgeliefert, der Situation nicht mächtig. Wie intensiv und nachhaltig die Erlebnisse zu Beginn der Schulzeit erfahren werden, lässt sich daran erkennen, dass die Erinnerungen aus dieser Zeit meistens bis an das Lebensende prägnant bleiben.

¹⁴ Mit der Bewältigung von biographischen Übergängen – insbesondere von Übergängen im Bildungssystem – befasst sich die Transitionsforschung. Bedeutende Arbeiten auf diesem Gebiet sind von GRIEBEL und NIESEL am Staatsinstitut für Frühpädagogik in München entstanden (vgl. z.B. GRIEBEL & NIESEL 2002, S. 136-151).

Anschlussfähigkeit

Der Wechsel vom Elementar- in den Primarbereich beinhaltet eine zentrale pädagogische Herausforderung: Die Klärung der so genannten Anschlussfähigkeit des Wissens, verbunden mit dem Ziel, einen kontinuierlichen Bildungsprozess für das Kind zu gewährleisten.

Beim Eintritt in das Schulleben haben die Kinder bereits einige Kompetenzen erworben. So werden den Schulanfängern, in dem uns besonders interessierenden kognitiven Bereich, eine realistische Zuwendung zur Umwelt sowie eine differenzierende Auffassung und Verarbeitung von Umweltreizen zugeschrieben. Dies umschließt die Fähigkeit Größen- und Mengenverhältnisse realitätsgerecht zu erfassen, visuelle und akustische Umwelteindrücke zu unterscheiden, sowie eine übergeordnete Begriffsbildung¹⁵ durchführen zu können (vgl. BAUMANN & NICKEL 1996, S. 165 ff).

Das Problem der „Anschlussfähigkeit“ wird in vielen neueren Veröffentlichungen thematisiert. Dabei wird meistens nur die Anschlussfähigkeit der Grundschule an den Kindergarten betrachtet. Bereits COMENIUS sagte: „Überall bereitet das Vorhergehende den Boden und legt den Grund für das Folgende. [...] Daher ist klar: wenn die Grundmauern nicht gut genug gelegt sind, kann das darauf gerichtete Gebäude nicht sicher und fest stehen“ (COMENIUS 1960, S. 281). Allerdings sollten beide Seiten des Übergangsproblems mit einbezogen werden. Denn auch die Frage, inwieweit der Elementarbereich die Kinder auf das erwünschte Ausgangsniveau der Primarstufe vorbereitet, ist von großem Interesse. Der Kindergarten darf jedoch nicht als Zulieferbetrieb oder eine Art „Vor-Schule“ missverstanden werden und dennoch wird aktuell die Einleitung und Sicherung eines kontinuierlichen Bildungsprozesses für das Kind bereits im Elementarbereich gefordert.

¹⁵ Damit ist gemeint, dass der Schüler die Fähigkeit besitzt, „Objekte auf der Grundlage übereinstimmender Teile, die es aus dem Gesamtzusammenhang herauszulösen gilt, unter übergeordneten Gesichtspunkten neu zusammenzufassen“ (vgl. BAUMANN & NICKEL 1996, S. 168).

Spielen contra Lernen?

Die traditionelle Sichtweise besagt, dass dem Kindergarten die Aufgabe der Spielförderung zukommt, während in der Schule allmählich das Lernen in den Vordergrund rücken soll. Diese klassische Aussage wird immer mehr in Frage gestellt, denn Kinder lernen immer in handelnder Auseinandersetzung mit ihrer Umwelt. Daher sind die Übergänge zwischen Spielen und Lernen fließend. Ihre Neugier wird herausgefordert, ihr Drang nach Forschen und Experimentieren gekräftigt. Daher sollte sowohl der Elementarbereich als auch der Anfangsunterricht zahlreiche Spielmöglichkeiten einräumen, ohne dass Lernen dem Zufall überlassen wird.

Unumstritten ist, dass vorschulische und schulische Bildungsprozesse aufeinander aufbauen müssen. Dazu ist eine Verzahnung der Bildungsarbeit vom Elementar- und Primarbereich notwendig. Selbstverständlich gibt es Unterschiede in der pädagogischen Ausrichtung der Kindertageseinrichtungen und in den Schulen. In der Pädagogik für den Elementarbereich geht es primär darum, das Kind in seiner Persönlichkeitsentwicklung zu unterstützen und es zu befähigen, sich selbst in dieser Gesellschaft zu erkennen und sich soziale und kulturelle Grundkompetenzen anzueignen. Die Schule hat den Auftrag, darüber hinaus konkret definierte Lerninhalte zu vermitteln und bestimmte Lernziele zu erreichen.

Neue, grundlegende Veränderungen im Anfangsunterricht der Primarstufe – häufig mit dem Ziel eine Brücke¹⁶ zwischen Elementar- und Primarbereich zu bilden – sind in ständiger Diskussion. Dabei wird häufig auch auf Konzepte zurückgegriffen, die schon einmal im Fokus der Bildungspolitik standen, aber letztendlich nur im Nischenbereich des Bildungssystems einen Platz fanden. So ist für Nordrhein-Westfalen die Einführung der Schuleingangsphase an allen Grundschulen des Landes zum 1. August 2005 vorgesehen, eine Organisationsform, die bereits in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts erstmals aufkam. Hinter der Idee der Schuleingangsphase steht eine jahrgangsübergreifende Organisation der ersten und zweiten Klasse, mit dem Ziel auf die oftmals extremen heterogenen Fähigkeiten und Fertigkeiten der Schulanfänger individuell

¹⁶ „Gerne redet man von Brücken zwischen Kindergarten und Grundschule (vgl. Ministerium für Schule, Jugend und Kinder 2003). Brücken als hastig überschrittene Engpässe sind aber nicht das richtige Bild für die stabile Konstruktion des Übergangs. Nötig sind *lebensweltbezogene Verzahnungen* von Kindergarten und Grundschule“ (KNAUF 2003, S. 6).

besser eingehen zu können und die Schüler so nach dem Grad ihrer Schulfähigkeit entsprechend fördern zu können. Die Verweildauer in der Schuleingangsphase beträgt je nach den Fortschritten der Schüler ein bis drei Jahre¹⁷.

Neben einigen innovativen Konzeptideen für zukünftige Entwicklungen bestimmt aber immer noch der Lehrplan den Rhythmus des Bildungsalltages. Welche Inhalte – fachlicher und pädagogischer Art – wann, wie und in welchem Umfang vorgesehen sind, lässt sich anhand der entsprechenden Bildungspläne (Elementarbereich) und Lehrpläne (Primarstufe) vorhersagen. Daher schließt sich im Folgenden eine Analyse der derzeitig aktuellen Richtlinien an, wobei der Fokus besonders auf der Implementierung von Naturphänomenen liegt, um festzustellen, ob ein kontinuierlicher Bildungsprozess im Bereich der unbelebten Natur bedacht ist.

1.1 Bildungspläne im Elementarbereich

Deutschlands Kindergärten sind trotz aller Bemühungen vom internationalen Standard immer noch weit entfernt, so lautet das Fazit des Reports "Starting strong - Early Childhood Education and Care", den die OECD im Rahmen der Untersuchung zur Politik der frühkindlichen Betreuung, Bildung und Erziehung erstellte¹⁸.

Die in Fachkreisen als „Kindergarten-PISA“ bezeichnete Studie zeigt, dass Deutschland im internationalen Vergleich viel zu wenig Geld für seine Kindergärten ausgibt. Vor allem die Ausbildung der Erzieher ist unzureichend, sie werden zu schlecht bezahlt und haben kaum Aufstiegschancen. Auch die Qualitätsanforderungen, die die Bundesländer an die Kindergärten stellen, sind viel zu gering. Ein weiterer Kritikpunkt lautet: Weder in der Wissenschaft noch in der Politik genießt die frühkindliche Bildung in Deutschland die Aufmerksamkeit, die ihnen in anderen Ländern zuteil kommt. So werden Finnlands Erzieher gemeinsam mit den Grundschullehrern an einer Hochschule

¹⁷ Auch die 1974 eröffnete Laborschule in Bielefeld arbeitet mit drei Jahrgängen umfassenden altersgemischten Gruppen für Fünf- bis Achtjährige, welche unter Betreuung von Lehrern und Sozialpädagogen gemeinsam lernen.

¹⁸ Die OECD veröffentlichte im November 2004 den Länderbericht für Deutschland unter dem Titel "Die Politik der frühkindlichen Betreuung, Bildung und Erziehung (FBBE) in der Bundesrepublik Deutschland".

ausgebildet bzw. erklärt die britische Regierung die Kindergartenerziehung zur nationalen Aufgabe.

Dabei war es ein Deutscher – FRIEDRICH FRÖBEL – der 1840 den ersten „Kindergarten“ der Welt eröffnete. Durch diese Initiative sorgte er dafür, dass noch heute Franzosen, Engländer, Schweden und Spanier dieses deutsche Wort verstehen und verwenden. FRÖBELs ganzheitlicher Ansatz, Bildung und Erziehung zu verbinden, gilt auch heute weiterhin als aktuell. Wenn es aber um den Beitrag zur Bildung von Kindern ging, so wurden bis zum Ende des 20. Jahrhunderts Kindergärten, -krippen und -tagesstätten außen vor gelassen. Lernen – und eng damit verknüpft Bildung – wurde erst mit dem Eintritt in das Schulleben thematisiert.

In jüngster Zeit zeichnet sich aber ein Kurswechsel im Elementarbereich ab. Vor allem die im internationalen Vergleich schlechten Leistungen deutscher Schüler sorgen dafür, dass national der frühkindlichen Bildung nun wieder mehr Beachtung und Bedeutung geschenkt wird, aber auch Veränderungen in der Gesellschaftsstruktur und neue wissenschaftliche Erkenntnisse, unter anderem aus der Sicht der Hirnforschung, verlangen nach Veränderungen in der Kindergartenarbeit. Und tatsächlich, es ist eine Art „Aufbruchstimmung“ – gepaart mit einer großen Offenheit für Veränderungen – erkennbar: So haben alle Bundesländer Bildungspläne für Kindergärten erlassen und in vielen Landesregierungen ist mittlerweile der Bildungsminister – und nicht mehr das Familien- oder Sozialministerium – für die frühkindliche Förderung zuständig. Modelle zur besseren Zusammenarbeit zwischen Kindergarten und Schule werden prämiert¹⁹ und selbst bei den oftmals kritischen Eltern kommt es allmählich zu einem Umdenken: Ihr Kind soll im Kindergarten nicht mehr nur „beaufsichtigt“ werden, sondern möglichst auch noch viel Lernen.

Nach der Veröffentlichung der Hamburger Bildungsempfehlungen im September 2005, lässt sich feststellen, dass – innerhalb von nicht einmal zwei Jahren – alle Bundesländer den Bildungsauftrag der Elementarerziehung (wieder) zum Thema gemacht und Bildungsempfehlungen für die Kindergärten – wenn auch in recht unterschiedlicher Form – erarbeitet haben. Durch die Vorgabe von verbindlichen Rahmenplänen vollziehen die Bundesländer einen deutlich wahrnehmbaren pädagogischen Umbruch:

¹⁹ Zum Beispiel durch Stiftungen von Bertelsmann oder der Deutschen Telekom.

Verbindliche Konzepte zur frühpädagogischen Erziehung sollen nun die zahlreichen, bisher bestehenden – und häufig unübersichtlichen – didaktischen Konzepte ersetzen, ohne dass es zu einer „Verschulung“ des Elementarbereichs kommt. Die bereits ausgearbeiteten Ansätze einzelner Bundesländer „zielen nicht (besser: nicht nur) auf konkrete Wissensvermittlung ab, sondern auf die Vermittlung lernmethodischer Kompetenz (zu lernen wie man lernt) und auf eine Stärkung der kindlichen Vermittlung“ (SUCHAROWSKI 2004, S.12).

Im Folgenden wird ein Überblick über den aktuellen Stand der Bildungspläne gegeben, wobei besonders die frühzeitige Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte analysiert wird.

1.1.1 Analyse der deutschen Bildungspläne bzgl. Themen zur unbelebten Natur

Ein Blick in die deutschen Bildungspläne für den Elementarbereich zeigt, dass mittlerweile in ganz Deutschland Naturwissenschaftsvermittlung zum Bildungsinhalt in Kindergärten zählt. Dies ist eine bemerkenswerte Feststellung, die vor zehn Jahren noch undenkbar gewesen wäre (vgl. LÜCK & RISCH 2005, S. 1178f.)! Allerdings kristallisieren sich – sowohl aus qualitativer, als auch aus quantitativer Sicht – einige Unterschiede zwischen den einzelnen deutschen Bildungsplänen bzgl. der Inhalte, Methoden, etc. heraus, um das frühe Interesse der Kinder an Naturphänomenen sinnvoll zu fördern. Die folgende *Tab. 1* gibt eine Übersicht über die Bildungspläne dar und liefert erste Hinweise über den Umfang und die Darstellung von Themen zur unbelebten Natur in den jeweiligen Bundesländern.

Tab. 1: Übersicht über die Bildungspläne im Elementarbereich (Stand November 2005)

Bundesland	Stand	Titel	Themen zur unbelebten Natur
Baden-Württemberg	November 2005	Orientierungsplan für Bildung und Erziehung für die baden-württembergischen Kindergärten	Motivation des Kindes: (B) Die Welt entdecken und verstehen (S. 71); Bildungs- und Entwicklungsfeld: Sinne (S. 82-90); Denken (S. 100-108)
Bayern	Oktober 2003	Der Bayerische Bildungs- und Erziehungsplan für Kinder in Tageseinrichtungen bis zur Einschulung	Themenbezogene Förderschwerpunkte: Naturwissenschaftliche und technische Bildung (S. 177-192)
Berlin	September 2004	Berliner Bildungsprogramm	Bildungsbereich: Naturwissenschaftliche und technische Grunderfahrung (S. 99-107)
Brandenburg	Juni 2004	Grundsätze elementarer Bildung in Einrichtungen der Kindertagesbetreuung im Land Brandenburg	Bildungsbereich: Mathematik und Naturwissenschaft (S. 18-21)
Bremen	Februar 2004	Rahmenplan für Bildung und Erziehung im Elementarbereich	Bildungsbereich: Natur, Umwelt und Technik (S. 23-24)
Hamburg	September 2005	Hamburger Bildungsempfehlungen für die Bildung und Erziehung von Kindern in Tageseinrichtungen	Bildungsbereich: Naturwissenschaftliche und technische Grunderfahrung (S. 78-85)
Hessen	März 2005	Bildung von Anfang an – Bildungs- und Erziehungsplan für Kinder von 0 bis 10 Jahren	Bereich: Kinder als aktive Lerner, Forscher und Entdecker (Mathematik, Naturwissenschaft, Technik) (S. 66-69)
Mecklenburg-Vorpommern	August 2004	Rahmenplan für die zielgerichtete Vorbereitung von Kindern in Kindertageseinrichtungen auf die Schule	Bildungs- und Erziehungsbereich: Gemeinschaft – Natur – Sachen (S. 36-45)
Niedersachsen	Januar 2005	Orientierungsplan für Bildung und Erziehung im Elementarbereich niedersächsischer Tageseinrichtungen für Kinder	Lernbereich 8: Natur und Lebenswelt (S. 28-29)
Nordrhein-Westfalen	August 2003	Fundament stärken und erfolgreich starten	Bildungsbereich: Natur und kulturelle Umwelt(en) (S. 20-22)
Rheinland-Pfalz	August 2004	Bildungs- und Erziehungsempfehlungen für Kindertagesstätten in Rheinland-Pfalz	Bildungs- und Erziehungsbereich: Mathematik – Naturwissenschaft – Technik (S. 57-60)
Saarland	August 2004	Bildungsprogramm für saarländische Kindergärten	Bildungsbereich 7: Naturwissenschaftliche und technische Grunderfahrung (S. 91-97)
Sachsen	Februar 2005	Der sächsische Bildungsplan – ein Leitfaden für pädagogische Fachkräfte in Kinderkrippen und Kindergärten	Bildungsbereich 2.5: Naturwissenschaftliche Bildung (S. 91-102)
Sachsen-Anhalt	Januar 2004	Bildung als Programm	Bildungsbereich: Welterkundung und naturwissenschaftliche Grunderfahrung (S. 77-81)
Schleswig-Holstein	September 2004	Erfolgreich starten – Leitlinien zum Bildungsauftrag von Kindertageseinrichtungen	Bildungsbereich: Mathematik, Naturwissenschaft und Technik (S. 20-21)
Thüringen	Oktober 2003	Leitlinien frühkindlicher Bildung	Spielen, Gestalten und Experimentieren (S. 11/12)

Die Bildungspläne unterscheiden sich im Zuge föderaler Selbstbestimmung recht deutlich voneinander. Allein schon im Umfang: Während der Bayerische Entwurf auf 320 Seiten sehr detaillierte Vorgaben macht, beschränkt sich Nordrhein-Westfalen mit 24 Seiten auf das Wesentliche (vgl. VON BREDOW 2005, S. 142f.). Aber auch Gemeinsamkeiten sind in allen Plänen vorzufinden: So haben alle Bundesländer den

naturwissenschaftlichen Bereich in ihren Bildungsempfehlungen für den Elementarbereich aufgenommen, jedoch ähnlich wie bei den Lehrplänen für die Primarstufe (siehe Kapitel 1.2) mit deutlich unterschiedlichen inhaltlichen Ausrichtungen.

Der Bayerische Bildungs- und Erziehungsplan ist zweigeteilt: Während die Kinder bis drei Jahre sich dem Themenkomplex „Naturwissenschaften“ durch sinnliche Anregungen (Anfassen, Kneten, Pusten ...) annähern, sind die Ziele für die drei- bis sechsjährigen Kinder bereits themenspezifisch (Chemie, Physik, Biologie, Technik) unterteilt: So werden beispielsweise für den Bereich „Chemie“ konkrete Experimente zum Thema „Gase“ vorgestellt²⁰ (vgl. BAYERISCHER BILDUNGS- UND ERZIEHUNGSPLAN 2003, S. 184ff.). Insgesamt zeigt der Bildungsplan einen deutlich instruktiven Charakter. Anders dagegen die Bildungsvereinbarung von Nordrhein-Westfalen. Hier soll das Kind „nicht auf analytisch-erklärendem Weg, sondern auf der Ebene des Sammelns, Betrachtens, Umgehens, Ausprobierens“ einen Zugang zu den Naturphänomenen finden. Weiter heißt es in dem entsprechenden Bildungsbereich Natur und kulturelle Umwelt(en): „[...] besser als von Erwachsenen veranstaltete Experimente führen Staunen und gemeinsame Expeditionen ins Unbekannte dazu, dass Kinder in diesem Alter etwas verstehen“ (BILDUNGSVEREINBARUNG NRW 2003, S. 20). Hier steht also das Selbstentdeckende im Vordergrund. Eng verknüpft mit diesen beiden polarisierten pädagogischen Konzepten Bayerns und Nordrhein-Westfalens sind sicherlich die verschiedenen Ansätze der Pädagogen FTHENAKIS (Bayern) und SCHÄFER (NRW), die maßgeblichen Einfluss auf die jeweiligen Bildungspläne hatten. SCHÄFERS zentrale These lautet: „Frühkindliche Bildung ist in erster Linie Selbst-Bildung“ (SCHÄFER 2001, S. 7). Diese entwicklungspsychologisch begründete Theorie besagt, dass alles Wissen vom Kinde nach Maßgabe seiner kognitiven Fähigkeiten konstruiert werde. Dagegen vertritt FTHENAKIS die Auffassung, dass in diesem Ansatz soziale Prozesse des Bildungsgeschehens vernachlässigt werden. Seiner Meinung

²⁰ Experimente zum Themenbereich „Luft und Gase“:

1. Ist Luft wirklich da?
2. Wie viel Luft ist in meiner Lunge?
3. Kerze auslöschten.
4. Welche Kerze erlischt schneller?
5. Woraus besteht Luft?
6. Wir machen Sprudelgas.
7. Der Kohlendioxid-Feuerlöscher.

(vgl. BAYERISCHER BILDUNGS- UND ERZIEHUNGSPLAN 2003, S. 184-190)

nach ist die Welt in hohem Maß so kulturell divers und sozial komplex geworden, dass Bildung als sozialer Prozess zu definieren ist, „an dessen Gestaltung sich neben Fach- und Lehrkräften auch Kinder, deren Eltern und andere Erwachsene aktiv beteiligen“ müssen (FTHENAKIS 2005, S. 6).

Der Hessische Bildungsplan (Entwurfphase) „Bildung von Anfang an“ wurde im März 2005 veröffentlicht²¹. Er gilt als Meilenstein, da erstmals in Deutschland ein Bildungsplan vorgelegt wird, „der nicht auf einen Altersabschnitt wie beispielsweise den Kindergarten beschränkt ist, sondern die gesamte kindliche Entwicklung zwischen dem ersten und zehnten Lebensjahr umfasst“ (BILDUNGS- UND ERZIEHUNGSPLAN HESSEN 2005, S. 5). Damit wird ein wichtiger Schritt in Richtung Gestaltung eines konzeptionell übergreifenden Übergangs vom Kindergarten in die Grundschule vorgegeben. Grundvoraussetzung ist allerdings eine verbesserte Zusammenarbeit zwischen dem Elementar- und Primarstufenbereich, um den Kindern den Übergang in die Grundschule zu erleichtern. Dazu ist eine fachliche und pädagogische Zusammenarbeit der beiden Institutionen unumgänglich und gemeinsame Projekte wie die Beratung der Eltern, der Austausch von Fachkräften, gemeinsame Fortbildungen oder gegenseitige Hospitationen etc. sind notwendig. Einige Bundesländer haben die Forderung nach einer engeren Kooperation bereits in ihren Bildungsplänen verankert und teilweise sogar mit konkreten Vorschlägen für Maßnahmen zur Erleichterung des Übergangs versehen (vgl. BILDUNGSPLÄNE: BREMEN 2004, S.32; NIEDERSACHSEN 2005, S. 46f., RHEINLAND-PFALZ 2004, S. 126ff.; SACHSEN-ANHALT 2004, S. 86ff.).

Die Forderung vieler Bildungspläne nach mehr naturwissenschaftlichen Inhalten im Vorschulbereich ist sicherlich auch mit einigen Schwierigkeiten verbunden. Gerade in Bezug auf die Ausbildungsinhalte für Erzieher sind besonders im Bereich der unbelebten Natur enorme Defizite festzustellen. LÜCK folgerte schon 2000 aus einer Analyse der Ausbildungsinhalte sozialpädagogischer Berufe, dass „man in den Lehrplänen der meisten Bundesländer die physikalischen und chemischen Themen vergeblich“ sucht (LÜCK 2000, S.189). Diese These wird auch durch eine Nachfolgeuntersuchung von HILL bestätigt (vgl. HILL 2004, S. 69).

²¹ Der Bildungs- und Erziehungsplan Hessens entstand in Zusammenarbeit mit dem Staatsinstitut für Frühpädagogik (München) unter der Leitung von FTHENAKIS.

Aufgrund der mangelnden Ausbildung im Bereich der naturwissenschaftlichen Bildung fehlt vielen Erziehern einfach der Mut, „plötzlich“ chemische und physikalische Themen im Elementarbereich zu vermitteln. Zusätzlich haben sie während ihrer eigenen Schulzeit häufig selber negative Erfahrungen in diesem Bereich gemacht und dadurch sogar teilweise eine ablehnende Haltung gegenüber allem „Chemischen“ und „Physikalischen“ aufgebaut.

Diese konträre Situation – einerseits fordern die Bildungspläne mehr Naturwissenschaften, andererseits mangelt es an Inhalten zur unbelebten Natur in den Ausbildungslehrplänen der sozialpädagogischen Berufe – gilt es für die jeweiligen Träger der Kindertagesstätten bestmöglich zu lösen. Berücksichtigt man zusätzlich die gewisse Skepsis der Erzieher bzgl. der Vermittlung von naturwissenschaftlichen Themen, so führt wahrscheinlich nur ein verstärktes Angebot an Fortbildungen für die Erzieher zu dem gewünschten Ziel. So weist der Baden-Württembergische Orientierungsplan darauf hin, dass die Sicherung und Weiterentwicklung einer pädagogischen und strukturellen Qualität „sowohl durch die bewährten Instrumente der Evaluierung und Dokumentation als auch durch die dabei erforderlichen Begleitsysteme der Fachberatung und Fortbildung“ erfolgen muss (ORIENTIERUNGSPLAN BADEN-WÜRTTEMBERG 2005, S. 60).

Didaktisch wertvolle Hinweise in Bezug auf die Vermittlungsweise naturwissenschaftlicher Phänomene und besonders auf die Art und Weise der „fachlichen“ Deutung der Experimente – häufig die größte „Sorge“ der Erzieher – liefert beispielsweise der Bremer Rahmenplan für Bildung und Erziehung:

„Die Fachkräfte in den Einrichtungen des Elementarbereichs können kindlichen Fragen ausführlich nachgehen und sind aufgrund ihrer beruflichen Erfahrung in der Lage, Zusammenhänge in einer Weise näher zu bringen, die dem kindlichen Verständnis entspricht. Indem sie nicht vorgefertigte Antworten geben, sondern gemeinsam mit den Kindern nach Lösungen suchen, kommen sie nicht nur dem tätigen Begreifen des Kindes entgegen. Die Kinder werden dabei auch ermutigt, selbständig nach Antworten zu suchen, sie anschließend zu überprüfen und lernen, ihren eigenen Lernweg nachzuvollziehen“ (RAHMENPLAN BREMEN 2004, S. 23f.).

Auch die Rheinland-Pfälzische Bildungsempfehlung ermutigt die Erzieher in Bezug auf die naturwissenschaftliche Deutung der Phänomene insofern, dass den Kindern in erster Linie die Möglichkeit gegeben werden soll, „für sie stimmige Erklärungen zu finden,

auch wenn diese unvollständig oder nach wissenschaftlichen Kriterien nicht haltbar sind“ (BILDUNGSEMPFEHLUNGEN RHEINLAND-PFALZ 2004, S. 59). Der Niedersächsische Orientierungsplan argumentiert ähnlich: „Es ist weder notwendig noch sinnvoll, für alles sofort Erklärungen parat zu haben“ (ORIENTIERUNGSPLAN NIEDERSACHSEN 2005, S. 28). Kinder im Kindergartenalter brauchen keine theoretische naturwissenschaftliche Belehrung seitens der Erzieher, „sondern experimentierfreudige Erwachsene, die ihnen den Raum sichern, um sich ihr Wissen von Natur durch selbst gesteuertes Handeln und Experimentieren schrittweise aufzubauen“ (NÄGER 2005, S.33). Es ist also nicht notwendig, dass die Erzieher über vertiefte chemische Fachkenntnisse verfügen. Wichtiger ist vielmehr, dass sie für alle naturwissenschaftlichen Phänomene einfache und verständliche Erklärungen liefern können.

Exemplarisch für einen kürzlich veröffentlichten Bildungsplan werden im Folgenden die schleswig-holsteinischen Leitlinien für den Elementarbereich vorgestellt, da diese in vielen Punkten (z.B. Struktur und Aufbau, Bildungsbereiche, etc.) charakteristisch und somit stellvertretend für eine große Anzahl an deutschen Bildungsplänen anzusehen sind.

Schleswig-Holstein

Im September 2004 publizierte Schleswig-Holstein die zur Erprobung vorliegenden Leitlinien zum Bildungsauftrag von Kindertageseinrichtungen mit dem Titel „Erfolgreich starten“. Auf 31 Seiten werden die Bedeutung von Bildung im Kindergarten, sechs Bildungsbereiche mit Themenfeldern und Beispielen, sowie einige methodische Hinweise zur Gestaltung von Bildungsprozessen vorgestellt. Als pädagogisches Konzept in Bezug auf die Vermittlung von Bildung im Kindergarten vertritt Schleswig-Holstein die Ansichten SCHÄFERS. Im Mittelpunkt steht dabei die Frage: „Welche Bedingungen Kinder brauchen, um selbst Fragen stellen und Antworten suchen zu können“ (LEITLINIEN SCHLESWIG-HOLSTEIN 2004, S. 7). Einer der sechs Bildungsbereiche umfasst den Schwerpunkt „Mathematik, Naturwissenschaft und Technik“. Im Rahmen möglicher Themenfelder werden einige konkrete Hinweise auf Vermittlungsinhalte gegeben. Die Schwerpunkte in diesem Bereich werden dabei zum einen auf Themen der belebten Natur („Sie unterscheiden Pflanzen- und Tierarten“) bzw. auf physikalische Vorgänge („Was ist Schatten“) gelegt und zum anderen – und

das ist vielleicht etwas ungewöhnlich für den frühpädagogischen Bereich – soll intensiv auf die Funktionsweisen und Verwendungszwecke von technischen Geräten eingegangen werden. So sollen die Kinder das Innenleben von Spieluhren erkunden oder lernen, dass ihr Gameboy nur mit Batterien oder Akkus funktioniert (vgl. LEITLINIEN SCHLESWIG-HOLSTEIN 2004, S. 21). Klassische Themenfelder der unbelebten Natur werden kaum angesprochen und fehlen zumindest in der schriftlichen Version des Bildungsplans²². Dafür sind im Literaturteil Buchempfehlungen zur unbelebten Natur (z.B. LÜCKs Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung) angegeben. Die nachfolgende *Abb. 1* stellt noch einmal übersichtlich die Struktur und Inhalte der Leitlinien Schleswig-Holsteins dar:

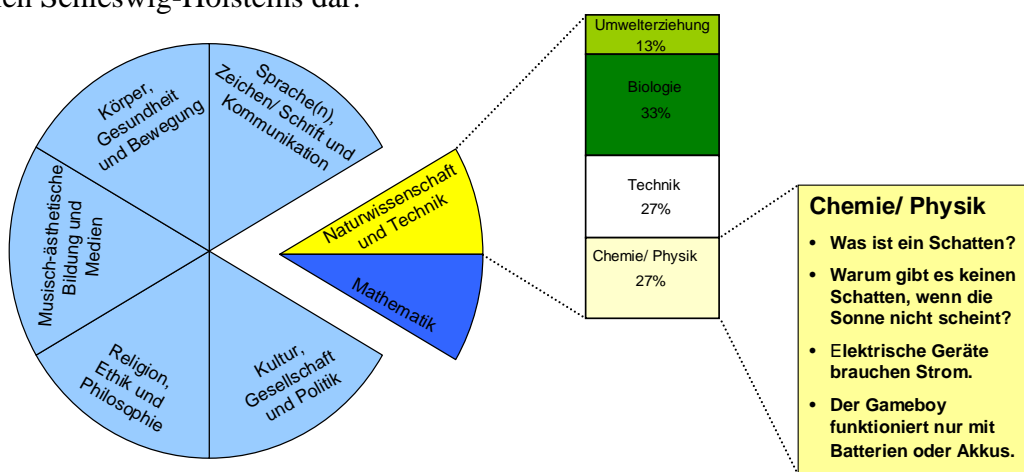


Abb. 1: Übersicht über die Bildungsbereiche im Bildungsauftrag von Kindertageseinrichtungen in Schleswig-Holstein (2004) aufgeschlüsselt in seine naturwissenschaftlichen Bezugsfächer.

Nach dieser kurzen, eher qualitativen Vorstellung einiger Inhalte ausgewählter Bildungspläne bzgl. Themen der unbelebten Natur im Elementarbereich, folgt nun eine Zusammenfassung der konkreten chemischen und physikalischen Inhalte, unterteilt nach den Empfehlungen der einzelnen Bundesländer (vgl. *Tab. 2*).

²² Im September 2005 veröffentlichte Schleswig-Holstein eine Handreichung für Mathematik, Naturwissenschaften und Technik, um diesen Bildungsbereich mit Inhalt zu füllen und praktische Orientierung zu geben. Inhaltlich werden unter anderem einige Praxisbeispiele aufgeführt, die Anregungen für das Experimentieren mit Kindern liefern (vgl. Erfolgreich starten - Handreichung für Mathematik, Naturwissenschaften und Technik in Kindertageseinrichtungen 2005).

Tab. 2: Themen zur unbelebten Natur in den Bildungsplänen für den Elementarbereich der einzelnen deutschen Bundesländer.

Bundesland	Themen zur unbelebten Natur (Auswahl)
Baden-Württemberg (S. 87; 104)	<ul style="list-style-type: none"> • Naturphänomene sinnlich erfahrbar machen (z.B. Regen und Wind spüren) • Umgang mit Spiegel, Lupe, Maßband, Stethoskop • Wiegen, Messen, Zeit
Bayern (S. 180-183)	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften von Stoffen (Konsistenz und Dichte, spezifische Erscheinungsformen und deren Entstehung) • Stoffe mischen • Größen-, Längen-, Gewichts-, Temperatur- und Zeitmessungen • physikalische Gesetzmäßigkeiten (z.B. Schwerkraft) • Luft und Gase • Wasser und Flüssigkeiten • Licht und Schatten • Farben • Schall, Töne und Musik • Magnetismus • Elektrizität
Berlin (S. 103-107)	<ul style="list-style-type: none"> • Experimentieren mit technischem Spielzeug (Hebel, Waage, Magnet, ...) • Licht- und Schattenspiele • Wassereperimente • Stromkreis, Schallwellen, Schwerkraft, Wasserkreislauf • Warum fliegen Flugzeuge? Warum schwimmen Dampfer?
Brandenburg (S. 20)	<ul style="list-style-type: none"> • Luft „begreifen“ • Kerzenflamme löschen durch Luftentzug • Kerzenflamme löschen mit Kohlenstoffdioxid • Schwimmen und Sinken; Aggregatzustände des Wassers: fest/ flüssig • Lösen von wasserlöslichen Feststoffen in kaltem und warmen Wasser • Auskristallisieren von in Wasser gelösten Feststoffen durch Verdampfen des Wassers • Mischbarkeit von Flüssigkeiten
Bremen (S. 23)	<ul style="list-style-type: none"> • Formen und Eigenschaften von Erde, Wasser, Feuer oder Luft
Hamburg (S. 82)	<ul style="list-style-type: none"> • Die Grundelemente unterscheiden: Erde, Wasser, Feuer, Luft • Verschiedene Aggregatzustände von Wasser kennen: flüssig, fest, gasförmig • Phänomene erkennen und benennen, z.B. Schwerkraft, Magnetismus, Spiegelung • Erste Zusammenhänge im Planetensystem erkennen: Sonne, Mond, Erde, Sterne • Den Wechsel von Jahreszeiten und Wetterphänomenen erkennen

Hessen (S. 69)	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften von verschiedenen Stoffen kennen: Dichte und Aggregatzustand (feste Körper, Flüssigkeiten, Gase) • Erfahrungen mit physikalischen Gesetzmäßigkeiten sammeln (z.B. Mechanik, Optik, Magnetismus, Elektrizität) • Vorgänge in der Umwelt (z.B. Licht und Schatten, Sonnenstand, Wetter) genau beobachten und daraus Fragen ableiten • Unterschiedliche Energieformen kennen lernen (z.B. mechanische Energie, magnetische Energie, Wärmeenergie) • Größen-, Längen-, Gewichts-, Temperatur- und Zeitmessungen verstehen
Mecklenburg-Vorpommern (S. 42)	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften von Luft erkunden: Begriff Gas, Luft hat Kraft – Luftdruck, ... • Eigenschaften von Wasser erkunden: Begriff Flüssigkeit, Wasser hat Kraft, Aggregatzustände, Schwimmen und Sinken, Wasser als Lösungsmittel, ... • Eigenschaften von Sand erkunden: Begriff fester Stoff, Konsistenz und Körnigkeit, Sand und Wasser (Aufschwimmen, Filtrieren, Dekantieren, Wiegen), ... • Lichtphänomene • Phänomene Elektrizität und Magnetismus
Niedersachsen (S. 28)	<ul style="list-style-type: none"> • Schwerkraft • Licht und Schatten • Feuer, Wasser, Luft und Erde
Nordrhein-Westfalen (S. 20/21)	<ul style="list-style-type: none"> • Umgang mit den Elementen Erde, Luft, Wasser und (nicht in der Eigenregie der Kinder) Feuer
Rheinland-Pfalz (S. 59)	<ul style="list-style-type: none"> • Mess- und Wiegevorgänge durchführen (z.B. Gewicht, Temperatur, Zeit)
Saarland (S. 95-97)	<ul style="list-style-type: none"> • Licht- und Schattenspiele • Wassereperimente • Stromkreis, Schallwellen, Schwerkraft • Warum fliegen Flugzeuge? Warum schwimmen Dampfer?
Sachsen (S. 96)	<ul style="list-style-type: none"> • Wasser (unterschiedliche Konsistenz, Lichtreflektionen, Konsistenz von Wasser und Sand, ...) • Physikalische Probleme (z.B. Schwerkraft) • Anlegen eines Wetterkalenders (Schatten, Hagelkörner, Schneeflocken, Farben des Regenbogens, ...)
Sachsen-Anhalt (S. 79)	<ul style="list-style-type: none"> • Vielfältigste Materialien, Erscheinungen, belebte und unbelebte Natur „aus erster Hand“ und mit allen Sinnen erfahren • Erfahren dass sich in der Natur alles verändert – aber nichts verschwindet
Schleswig-Holstein (S. 21)	<ul style="list-style-type: none"> • Was ist ein Schatten? • Warum gibt es keinen Schatten, wenn die Sonne nicht scheint? • Erfahren, dass elektrische Geräte Strom brauchen und dass der Gameboy nur mit Batterien oder Akkus funktioniert
Thüringen (S. 11)	<ul style="list-style-type: none"> • Im Bau- und Konstruktionsspiel physikalische Gesetzmäßigkeiten erkennen

Qualitative Analyse der chemischen und physikalischen Inhalte

Die Analyse der deutschen Bildungspläne bzgl. der Inhalte zu Themen der unbelebten Natur zeigt, wie unterschiedlich die jeweiligen Bundesländer ihre Empfehlungen verschriftlicht haben. So geben die Länder Bayern, Brandenburg, Hessen, Mecklenburg-Vorpommern und Saarland sehr konkrete *themenspezifische Ziele* vor, wie „Eigenschaften von verschiedenen Stoffen kennen: Dichte und Aggregatzustand“ oder „Erfahrungen mit physikalischen Gesetzmäßigkeiten sammeln (z.B. Mechanik, Optik, Magnetismus, Elektrizität)“. Andere Bildungspläne wie Nordrhein-Westfalen, Sachsen-Anhalt und Thüringen stellen *themenübergreifende Ziele*, wie das Beobachten, Vergleichen, Beschreiben, oder Bewerten in den Mittelpunkt und verzichten weitgehend auf konkrete Experimentiervorschläge. Einen Mittelweg zwischen spezifischen und allgemeinen Anregungen findet man im Sächsischen Bildungsplan: Neben konkreten Vorschlägen für Experimente werden auch zahlreiche Anregungen zum Wahrnehmen, Beobachten, Erklären, etc. gegeben. In sehr vielen Bildungsplänen – z.B. Bayern, Brandenburg, Hessen, Sachsen – sind die Untersuchungsergebnisse und Experimentier-vorschläge von LÜCK für den Vorschulbereich eingearbeitet.

Fasst man die chemischen und physikalischen Inhalte der deutschen Bildungspläne für den Elementarbereich zusammen, so lassen sich diese in übergeordnete Themenfelder kategorisieren (vgl. *Abb. 2*):

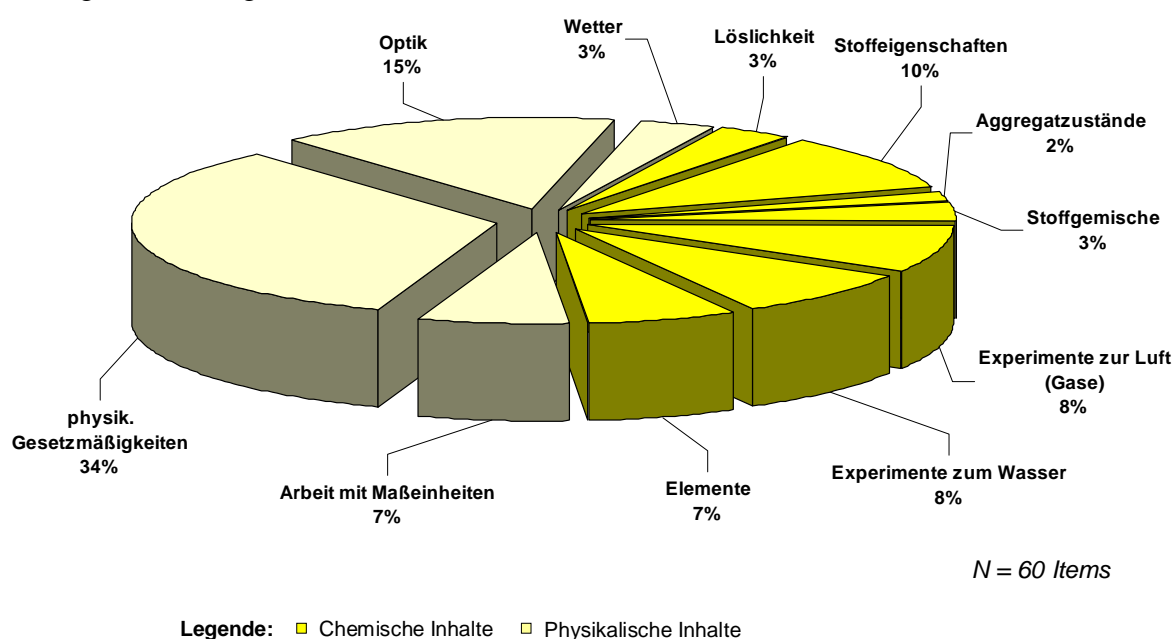


Abb. 2: Übersicht über die Inhalte zur unbelebten Natur in den Bildungsplänen (*eingeteilt in übergeordnete Kategorien*).

Betrachtet man die übergeordneten Themenfelder und deren durchschnittliches quantitatives Vorkommen in allen deutschen Bildungsplänen, so zeigt sich, dass diese Zusammensetzung für den Bereich der unbelebten Natur im frühpädagogischen Bereich als geeignet erscheint. Hierbei handelt es sich jedoch um einen fiktiven Bildungsplan („Gesamtdeutschland“) und nicht um ein in der Realität existierendes Konzept eines einzelnen Bundeslandes.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich im frühpädagogischen Bereich in Deutschland gravierende Veränderungen abzeichnen. Erstaunlich ist allerdings die Heterogenität der Bildungsprogramme zwischen den einzelnen Bundesländern. Doch wie steht die Frühpädagogik Deutschlands im internationalen Vergleich? Welche Bildungsprogramme und Konzepte sind in anderen Ländern derzeit aktuell, um Vorschulkinder an Bildungsinhalte heranzuführen? Eine interessante Frage, auch in Bezug auf eine Einordnung der deutschen Bildungspläne im globalen Vergleich und auch als mögliche Hilfe bei der Interpretation der Ergebnisse der internationalen Vergleichsstudien (vgl. Kapitel 2.3).

1.1.2 Frühpädagogische Konzepte im europäischen Ausland

Im europäischen Ausland haben sich in den letzten Jahren eine Reihe von Nationen für die Einführung eines verbindlichen Curriculums für den Vorschulbereich entschieden²³. In Ländern wie Polen, China und Frankreich ist es bereits eine längere Tradition, dass im Vorschulbereich staatlich gesteuerte Bildungspläne eingesetzt werden (vgl. OBERHUEMER 2004, S. 359)²⁴. Dänemark dagegen verzichtet auf einen Rahmenplan im Elementarbereich und setzt auf die Professionalität ihrer pädagogischen Fachkräfte²⁵.

²³ Neue nationale Rahmencurricula für den Vorschulbereich wurden in den letzten Jahren zum Beispiel in Neuseeland (1996), Norwegen (1996), Schweden (1998) und England (2000) eingeführt (vgl. OBERHUEMER 2004, S. 360).

²⁴ In Frankreich trat 1989 die École Maternelle als erste Stufe eines Bildungsgesamtplans in Kraft. Heute besuchen praktisch alle Dreijährigen diese „Vorschule“. Die École Maternelle ist in den Augen des Gesetzgebers in erster Linie eine Bildungseinrichtung, in der das Curriculum für die Bildung der Zwei- bis Fünfjährigen nach den Richtlinien des nationalen Bildungsministeriums festgelegt wird. Sie gilt als vorbereitende Institution für die École Maternelle, die französische Grundschule. In der École Maternelle treten Methoden, die die Eigenaktivität der Kinder fördern, immer mehr zugunsten kognitiver Ansätze in

Nachfolgend werden die frühpädagogischen Curricula Schwedens, Österreichs und der Schweiz etwas ausführlicher vorgestellt. Schweden, als ein Vertreter der erfolgreichen skandinavischen „PISA-Länder“, präsentiert ein gelungenes Konzept in Bezug auf Anschlussfähigkeit und Kontinuität schulischer Themen über alle Klassenstufen hinweg. Österreich und Schweiz sind als deutschsprachige Nachbarländer besonders aufgrund der sprachlichen und geographischen Nähe zu Deutschland von Interesse. Betrachtet werden die vorgestellten Bildungskonzepte für den Vorschulbereich, besonders unter dem Fokus der Vermittlung von Themen zur unbelebten Natur.

Schweden

1998 wurde in Schweden – auf schlichten 16 Seiten, ohne methodische Hinweise, aber mit konkreten Zielvorgaben – ein nationaler Bildungsplan für vorschulische Tageseinrichtungen eingeführt²⁶. Damit bildet die Vorschule die erste Stufe im schwedischen Bildungssystem. Die nunmehr drei bestehenden Curricula (Vorschule (Lpfö 98), Gesamtschulsystem (Lpo 94) und weiterführende Schulen (Lpf 94)) ergänzen sich und vertreten eine gemeinsame Sichtweise über Wissen, Entwicklung und Lernen (vgl. Schweden – Curriculum für die Vorschule, S. 3). Auf welche hervorragende Art und Weise das schwedische Bildungswesen es schafft, sowohl eine ganzheitliche Sicht auf die Entwicklung des Kindes zu legen, als auch eine durchgehende Anschlussfähigkeit zu gewährleisten, zeigt der „Kunskapens Träd“ – der Baum der Erkenntnis: Von den Wurzeln des Baumes (Vorschulbereich) bis hin zur Krone (9. Schuljahr) lässt sich der genaue Verlauf der schulischen Ziele in den jeweiligen Fächern zu einem bestimmten Alter verfolgen (vgl. BERGER & BERGER 2004).

den Hintergrund. Ein hoher Stellenwert kommt – selbst bei den Jüngsten – mittlerweile Leistungsüberprüfungen zu (vgl. BACHELET & MOZÈRE 2004, S. 209).

²⁵ Dänemark präsentiert sich im internationalen Vergleich trotz dieser geringen zentralen Steuerung – in der dänischen Tradition und Kultur wird viel Wert auf Dezentralisierung und Basisdemokratie gelegt – als eines der Länder mit der höchsten Qualität bei den Kindertagesstätten (vgl. JUUL JENSEN & LANGSTED 2004, S. 191).

²⁶ Vorschulische Tageseinrichtungen in Schweden sind Tagesstätten für Kinder von einem Jahr bis sechs Jahren. Zusätzlich gibt es innerhalb des Schulsystems eine „Vorschulklasse“. Dies ist eine nicht obligatorische Einrichtung für Sechsjährige. Die Schulpflicht beginnt in Schweden mit sieben Jahren. Fast alle Kinder besuchen jedoch eine Vorschulklasse (vgl. PRAMLING SAMUELSSON 2004, S. 161).

Im Gegensatz zu Deutschland verfügt das Personal im schwedischen Vorschulbereich über eine dreijährige Hochschulausbildung, wobei die Ausbildung von Vorschulpädagogen weitgehend identisch mit derjenigen der Primarschullehrer ist (vgl. OBERHUEMER & ULICH 1997, S. 255ff.). Im schwedischen Bildungssystem wird sehr viel Wert auf eine Kontinuität hinsichtlich der Entwicklungs- und Lernprozesse bei den Kindern gelegt. Deswegen wird besonders dem reibungslosen Zusammenspiel von Vorschule, Schule und Freizeiteinrichtung eine große Bedeutung beigemessen (vgl. FIX 2003). Eine wesentliche Aufgabe der Vorschule liegt dabei in der Vermittlung von gesellschaftlichen Werten: Sorge und Rücksichtnahme gegenüber anderen Menschen, Solidarität, Gleichstellung und Toleranz. Auch die ersten Grundlagen im naturwissenschaftlichen Bereich werden in der Vorschule gelegt. Dabei gibt das schwedische Curriculum für die Vorschule bezüglich Themen zur unbelebten Natur jedoch keine themenspezifischen Vorgaben, sondern formuliert eher offene, themenübergreifende Zielsetzungen, wie: *„Bedeutungsunterschiede abstrakter Begriffe erkennen, Zusammenhänge verstehen und neue Möglichkeiten entdecken, ihre Umwelt zu verstehen“* (vgl. Schweden – Curriculum für die Vorschule, S. 14).

Österreich

In Österreich wird das Kindergartenwesen von den Bundesländern geregelt. Der Besuch des Kindergartens ist freiwillig. Der 1975 veröffentlichte österreichische Rahmenplan "Bildung und Erziehung im Kindergarten" gliedert sich in elf Bildungs- und Erziehungsbereiche: 1. Emotionale Erziehung, 2. Sozialverhalten, 3. Sexualverhalten, 4. Wertverhalten, 5. Religiös-christliche Erziehung, 6. Kreativität, 7. Denkförderung, 8. Sprachbildung, 9. Bewegungserziehung, 10. Lern- und Leistungsverhalten und schließlich 11. Umweltbewältigung. Erstmals wurde in diesem Rahmenplan – nach Jahren der Überbetonung des kognitiven Bereichs in österreichischen Kindergärten – das Spiel als die dominante und entwicklungsadäquate Lernform des Kleinkindes präferiert. Momentan steht das österreichische Bildungskonzept für den Kindergarten aber in der Kritik. Aufgrund der veränderten Lebensbedingungen genügt der Rahmenplan nicht mehr. Es werden neue „Schlüsselqualifikationen“, wie beispielsweise frühkindlicher Fremdspracherwerb oder mathematische, naturwissenschaftliche und technische Bildung gefordert (vgl. BERGER 2005).

Das "Charlotte Bühler-Institut" für praxisorientierte Kleinkindforschung in Wien entwickelt zur Zeit einen "Transaktionsansatz", mit dessen Hilfe die komplexen Wechselbeziehungen zwischen Kind, Kindergartenpädagogen und Lebenswelt Kindergarten durchschaubar gemacht werden sollen. Ziel ist es, die Autonomie der kindlichen Persönlichkeit zu fördern, indem dem Kind durch aktive Teilhabe am Geschehen im Kindergarten ein hohes Maß an Kompetenz, Selbststeuerung und Kritikfähigkeit ermöglicht wird. Transaktionale Bildungsprozesse basieren auf der Wechselwirkung und gegenseitiger Veränderung von Kind, kultureller und sozialer Umwelt innerhalb und außerhalb des Kindergartens. Im Vordergrund steht dabei nicht ausschließlich das Erreichen von bestimmten Bildungszielen, sondern der Blick richtet sich verstärkt auf die Qualität der transaktionalen Lernprozesse. Der alte Rahmenplan wird durch das neue Bildungskonzept nicht aufgehoben und verliert daher nichts an Gültigkeit. Entscheidend ist das intensive Einlassen der Kindergartenpädagogen auf das Kind und seine Persönlichkeit mit allen Stärken und Schwächen (vgl. HARTMANN et al. 2000; BERGER 2005).

Schweiz

Der Kindergarten in der deutschsprachigen, die école enfantine in der französischsprachigen und die scuola dell'infanzia in der italienischsprachigen Schweiz sind Vorschuleinrichtungen, welche die Kinder etwa ein bis drei Jahre vor dem Schuleintritt besuchen. Obgleich der Kindergartenbesuch freiwillig ist, gehen etwa 99% aller Schweizer Kinder in die Vorschule. 1999 hat Luzern als erster Kanton ein Kindergartenobligatorium eingeführt, und weitere Kantone werden folgen. Die Erzieher werden an Pädagogischen Hochschulen ausgebildet, benötigen als Zulassungsbedingung aber nicht die Matura (adäquat dem deutschen Abitur), sondern nur einen Abschluss der Diplommittelschule (vergleichbar der Mittleren Reife in Deutschland).

Seit Mitte der 80er-Jahre nehmen gesamtschweizerisch die Bestrebungen zu, Kindergarten und Schule einander anzunähern. In vielen Kantonen wird daher im Kindergarten nicht mehr nur das Spiel, sondern in zunehmendem Maß auch die kognitive Förderung der Kinder angestrebt. Für die Erziehungs- und Bildungsarbeit im Kindergarten bestehen in der Schweiz keine einheitlichen Lehrpläne oder Richtlinien. Insgesamt können für die Kindergärten jedoch recht übereinstimmende Leitideen formuliert werden. Dies

ist darauf zurückzuführen, dass sich die kantonalen Richtlinien der deutschsprachigen Schweiz mehr oder weniger stark am "Rahmenplan für die Erziehungs- und Bildungsarbeit im Kindergarten" (1987) des Verbands Kindergärtner Schweiz (KgCH) orientieren. Im Kindergarten wird in der Regel themenbezogen gearbeitet, indem über eine gewisse Zeitspanne ein inhaltlicher Schwerpunkt gewählt wird. Die Wahl der Themen orientiert sich an den Bedürfnissen der Kinder. Es gibt geführte und frei gewählte, individuelle und gemeinsame Aktivitäten. Im Zentrum steht aber immer das Spiel. Rahmenlehrpläne haben in der Regel empfehlenden Charakter. Dies beginnt sich jedoch zu ändern: In einigen Kantonen sind mittlerweile neue Bildungspläne veröffentlicht worden und in der Westschweiz wird ein Rahmenlehrplan entwickelt (PECARO), der die Vorschulstufe, die Primarstufe und die Sekundarstufe I umfasst (vgl. Schweizerischer Bildungsserver: Vorschulstufe).

In einigen Kantonen der Schweiz wird bereits die Einführung der „Basisstufe“ erprobt. Die Basisstufe richtet sich an vier- bis achtjährige Kinder, d.h. zwei Kindergartenjahre werden mit den ersten beiden Jahren der Primarschule verbunden. Das Eintrittsalter und das Austrittsalter für diese erste Schulstufe soll flexibel gestaltet werden – je nach Entwicklungsstand eines Kindes würde die Basisstufe drei, vier oder fünf Jahre dauern. Seit Herbst 2004 wird das Projekt von einer breit angelegten Evaluation begleitet (vgl. Erziehungs-Direktoren-Konferenz der Ostschweiz: Basisstufe). Im Kanton Zürich wird seit einiger Zeit über die Einführung der „Grundstufe“ diskutiert. Dieses Modell verbindet das letzte Kindergartenjahr mit der ersten Klasse der Primarschule. Allerdings votierten Ende 2002 im Rahmen einer Volksabstimmung 52% der Befragten mit einem „Nein“ zur Grundstufe. Ein noch gültiges Bildungsgesetz billigt aber Pilotprojekte zur Grundstufe, so dass prinzipiell in Zukunft noch eine Implementierung des Modells möglich ist (vgl. HEYER-OESCHGER 2004, S. 227).

Nach Durchsicht der Schweizer Erziehungs- bzw. Lehrpläne für die Vorschule wird deutlich, dass auch in unserem Nachbarland eine Reihe an Themen zur unbelebten Natur bereits im Elementarbereich thematisiert werden. Sowohl aus quantitativer wie auch aus qualitativer Sicht sind sie in Bezug auf chemische und physikalische Themen mit den deutschen Bildungsplänen vergleichbar. Die folgende *Abb. 3* verdeutlicht – zum Beispiel im Vergleich mit den Leitlinien Schleswig-Holsteins (vgl. *Abb. 2*) – die

Ähnlichkeit der deutschen und Schweizer Bildungspläne in Bezug auf den strukturellen Aufbau und die inhaltliche Ausrichtung.

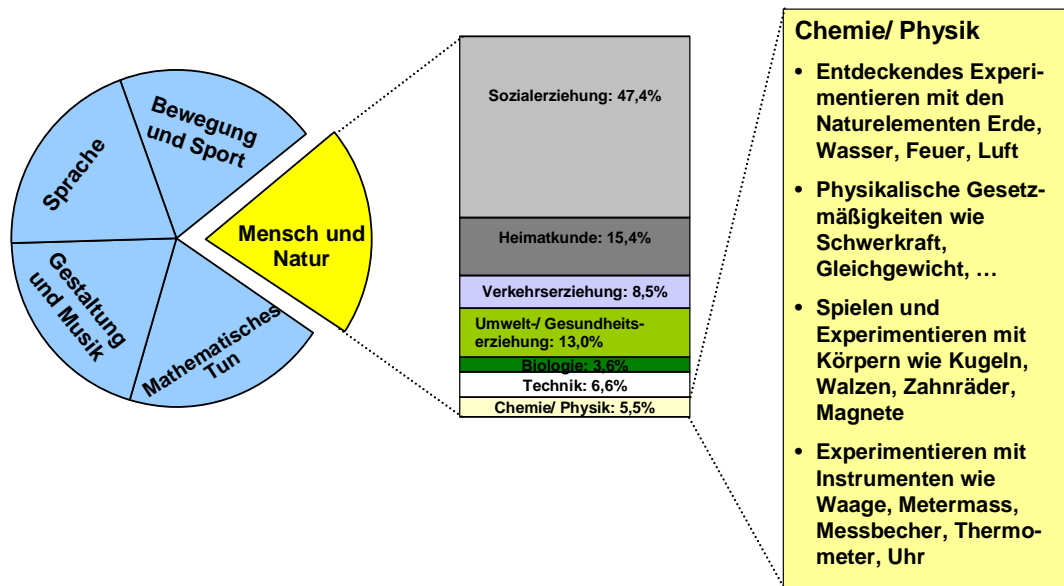


Abb. 3: Erziehungsplan Kindergarten Kanton St. Gallen (1997) – aufgeschlüsselt nach Bildungsbereichen und naturwissenschaftlichen Bezugsfächern.

1.1.3 Zusammenfassung

Schon immer war man bemüht, Kindern im Elementarbereich – über das reine Spielen hinaus – Bildungsinhalte zu vermitteln. Eine der längsten und umfassendsten Bildungswellen im Kindergarten fand bereits in den 70er Jahren des 20. Jahrhunderts statt²⁷ – doch erst die Einführung von Bildungsplänen scheint eine ungeahnte Bildungsoffensive im frühpädagogischen Bereich zu entfachen. Natürlich besteht die Gefahr, dass wieder einmal etwas „von oben“ diktiert wird, ohne die wahren Verhältnisse in den Einrichtungen zu kennen und zu verbessern, denn bei aller Euphorie: Eine Analyse des derzeitigen „Ist-Zustandes“ im deutschen Elementarbereich verdeutlicht, dass die Bildungsempfehlungen alleine wohl nicht die Probleme eines ganzen Bildungssystems

²⁷ Zum Beispiel verabschiedete NRW 1972 ein „Kindergartengesetz“ mit einem eindeutig formulierten Bildungsauftrag (vgl. KESSELS 1972).

beheben können. Zum einen mangelt es an finanziellen Mittel²⁸, die hohen Ziele umzusetzen, zum anderen fehlen beispielsweise für die geforderten naturwissenschaftlichen Bereiche die entsprechenden Ausbildungsinhalte für die Erzieher.

Nach der Einführung der Bildungspläne muss jetzt der vielleicht wichtigste – aber wohl auch schwierigste – Schritt erfolgen: Eine rasche Umsetzung des theoretischen Konstrukts in die Praxis des Kindergartenalltags. Damit wird der Beruf der Erzieher ohne Frage immer komplexer.

Aber auch kritische Stimmen zum Thema „Bildungspläne für den Elementarbereich“ müssen mit einbezogen werden. So sagen Kritiker wie zum Beispiel DOLLASE: „Eine Vorverlagerung schulischer Bildungsprozesse führt nicht zu einer Verbesserung späterer Bildungsverläufe – die beste Schulvorbereitung ist ein klassischer Kindergarten“ (DOLLASE 2003, S. 14)²⁹. In diesem Zusammenhang bezieht sich DOLLASE allerdings auf die Einführung einer „Vorschule“. Er widerspricht damit nicht dem Aspekt, dass das Selbstentdeckende mehr gefördert werden muss, indem man dem Forscherdrang der Kinder nachkommt.

Trotz aller kontroversen Meinungen über die beste Förder-Methode für Kinder sind sich alle Pädagogen, Psychologen und Hirnforscher in einem Punkt einig: Der Weg, Kindern die Welt des Wissens zu öffnen, hat nichts mit Pauken und Lehren zu tun, sondern muss auf spielerische Art und Weise erfolgen (vgl. SCHRADER 2005, S. 86). Und genau

²⁸ Die öffentlichen Mittel für die frühkindliche Betreuung, Bildung und Erziehung (FBBE) betragen in Deutschland rund 0,42% des Brutto-Inlands-Produktes (BIP), womit Deutschland – der Beitrag der Eltern und Träger nicht eingerechnet – unter der durchschnittlichen Ausgabenhöhe der OECD-Länder liegt und damit weit unter der Höhe der Ausgaben, die die Nachbarländer aufbringen, wo FBBE-Einrichtungen für Kinder zwischen drei und sechs Jahren grundsätzlich kostenlos sind. Rechnet man die Beiträge der Eltern und der Träger hinzu, machen die Ausgaben und Einnahmen der Tageseinrichtungen für Kinder zusammen 11,5 Mrd. € oder einen Anteil von 0,57% des BIP aus und sind somit deutlich unter dem von EC Childcare Network (1996) empfohlenen Ziel von 1% des BIP (vgl. OECD 2004, S. 60-70).

²⁹ Diese Aussage DOLLASEs und anderer wird gestützt durch den wohl größten deutschen Frühbildungsversuch, den „Kindergarten-Vorklassen-Versuch“. Zwischen 1970 und 1977 wurden dazu in NRW 50 Modellkindergärten und 50 Vorklassen ausgewählt, in denen über 5 Jahre nach ausgearbeiteten Bildungsplänen verschiedene Bildungskonzepte umgesetzt wurden. Im Kindergarten wurde dabei auf direkte curriculare Instruktionen verzichtet, während in der Vorklasse bereits dem schulischen Lernen (Einführung ins Lesen, Schreiben und Rechnen) eine erhöhte Priorität eingeräumt wurde. Drei unabhängige Forschungsgruppen begleiteten das Modellprojekt wissenschaftlich und gelangen zu der überraschenden Erkenntnis, dass die Vorklassen-Schüler gegenüber den Kindergarten-Schülern keinen Leistungsvorsprung in der anschließenden Grundschulzeit hatten (vgl. DOLLASE 2004, S. 46ff.).

dieses Motto verfolgen die meisten der deutschen Bildungspläne. Sie erheben explizit nicht die Absicht, mit schulischen Curricula verglichen oder sogar gleichgesetzt zu werden – auch wenn einige Empfehlungen durchaus den Anschein erwecken – denn vorrangig gilt nach wie vor die Prämisse, den kindlichen Forscherdrang weiterhin auf spielerische Art und Weise zu fördern.

Die Bildungspläne haben auch in Bezug auf die Behandlung von Themen zur unbelebten Natur den Anspruch an die Erzieher erhöht: Bei Gruppengrößen von bis zu 25 Kindern³⁰ soll jetzt auch noch naturwissenschaftlich experimentiert werden. Dabei wird von den Erziehern verlangt, dass sie die Aggregatzustände des Wassers oder auch die Eigenschaften von Luft in kleinen, altersgerechten Experimenten veranschaulichen können.

Kritiker wie STERN, sind von der Vorstellung mir Kindern bereits im Elementarbereich zu experimentieren nicht überzeugt. Ihrer Meinung nach beeindruckt man die Kinder zwar durch Experimente, aber letztendlich verstehen sie doch nichts. Erst ab der dritten Klasse – laut STERN – können Kinder Erklärungen aufbauen, um die Phänomene der unbelebten Natur zu begreifen. Als mögliche erlernbare Basisvoraussetzungen für ein späteres naturwissenschaftliches Verständnis schlägt sie vor, im Elementarbereich verstärkt Sprachspiele einzusetzen, damit die Kinder zu Einsichten gelangen und frühzeitig Erklärungen finden (vgl. STERN 2003, S. 22ff.).

Beispiele aus der neueren entwicklungspsychologischen Forschung unterstützen dagegen die Metapher vom „Kind als Wissenschaftler“, verweisen sie doch auf ausreichende Kompetenzen von Vorschulkindern im naturwissenschaftlichen Bereich. So stellten SODIAN et al. im Rahmen einer Untersuchung fest, dass schon Vierjährige ein Verständnis für die Interpretierbarkeit von Kovariationsdaten zeigen und gelangen dadurch zu dem Fazit, dass bereits Kindergartenkinder zwischen „Vermutungen, Überzeugungen, Ideen und Daten trennen und verstehen, dass Vermutungen oder Überzeugungen in Abhängigkeit von empirischen Daten revidiert werden können“ (SODIAN et al. 2004, S. 147f.). Demnach ist es möglich, den Vorschulkindern „die

³⁰ In deutschen Kindergärten kommen durchschnittlich etwa 24 Kinder auf eine Betreuungsperson. Dies ist nach dem Vereinigten Königreich die ungünstigste Relation innerhalb der OECD. Das Mittel liegt bei rund 15 Kindern pro Betreuungsperson, die günstigsten Werte erreichen Island, Dänemark und Neuseeland mit einer Quote von 5 bis 7 (vgl. BMBF: „Bildung auf einen Blick“ 2004, S. 21).

Logik einfacher Experimente nahe zu bringen und empirische Belege für theoretische Annahmen anzuführen“ (ebd., S. 148).

Auch die Beispiele aus dem Ausland machen Mut. So versteht man es in Schweden hervorragend, bereits im frühen Kindesalter chemische und physikalische Themen einzuführen und kontinuierlich, immer aufeinander aufbauend bis zum Schulabschluss zu lehren.

Zieht man SCHÄFER und auch andere Pädagogen hinzu, die sagen, Kinder nehmen sich das was sie brauchen – „Frühkindliche Bildung ist in erster Linie Selbstbildung“ (SCHÄFER 2003, S. 31) – so zeigen zumindest unsere Erfahrungen, dass sich Kindergartenkinder besonders gerne und intensiv mit Experimenten zur unbelebten Natur freiwillig und intrinsisch motiviert auseinandersetzen³¹.

Welche Art der Vermittlung von Phänomenen der unbelebten Natur im Elementarbereich ist am besten geeignet? Betrachtet man noch einmal die Aussagen anerkannter Frühpädagogen, so weisen diese unterschiedliche pädagogische Ausrichtungen auf: FTHENAKIS befürwortet für ein postmodern ausgelegtes Curriculum im frühpädagogischen Bereich eher den instruktiven Ansatz, kombiniert mit Vorgaben, was Kinder konkret im Bereich der unbelebten Natur lernen sollen (vgl. BAYERISCHER BILDUNGS- UND ERZIEHUNGSPLAN 2003, S. 184ff.). Dagegen bevorzugt SCHÄFER das entdeckende und forschende Lernen, bei dem sich das Kind selbst bildet, indem es sich eigenständig – ohne größere Vorgaben von außen – mit Naturphänomenen auseinandersetzt (vgl. SCHÄFER 2003, S. 181ff.).

Ein Mittelweg der beiden Positionen erscheint uns bei der Einführung in die unbelebte Natur im Kindergarten am sinnvollsten. Die Voraussetzungen für ein lebenslanges Lernen³² und die Implementierung einer Interessensbildung bei den Kindern gelingt nur,

³¹ Die Motivation ein Ziel zu erreichen, zum Beispiel um etwas zu lernen, spielt in Vermittlungsprozessen eine entscheidende Rolle. Kommt die Neugier und das Interesse eine Handlung durchzuführen aus einem selbst, spricht man von intrinsischer Motivation. Wird die Motivation dagegen von außen erzeugt – beispielsweise durch Gruppendruck oder „Belohnung“ – so handelt es sich um extrinsische Motivation. Im Idealfall sollten Lernprozesse intrinsisch motiviert sein, da sich herausgestellt hat, dass diese dauerhafter und tragfähiger sind als extrinsische (vgl. SCHIEFELE & SCHREYER, 1994). Es lassen sich jedoch beide Motivationsarten nicht strikt voneinander trennen. So kann eine Lernhandlung anfangs extrinsisch motiviert sein, bevor sie intrinsisch zum Tragen kommt (vgl. DECI & RYAN, 1993, S. 226f).

³² Lernen ist das wesentliche Werkzeug zum Erlangen von Bildung und damit für die Gestaltung individueller Lebens- und Arbeitschancen. „Lebenslanges Lernen“ gilt momentan als Schlüsselwort,

wenn die Lernenden *in der Lage sind* und auch *die Möglichkeiten haben*, selbstgesteuert zu lernen. Deshalb sollte die Selbststeuerung des Lernens durchaus mit Hilfe von Impulsen (z.B. Vorgabe von Materialien und Einführung in die Thematik durch ein Einstiegsexperiment) angeleitet und gesteuert werden.

wenn man auf dem Arbeitsmarkt mithalten, einen Berufs- oder Schulabschluss nachholen oder sich einfach nur weiterbilden will. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat 2001 im Aktionsprogramm "Lebensbegleitendes Lernen für alle" konkrete Handlungsfelder identifiziert und entsprechende Maßnahmen auf dem Weg in eine "lernende Gesellschaft" gebündelt (vgl. BMBF: „Lebensbegleitendes Lernen für alle“ 2001). Mit diesen Aktionen will das BMBF zu einer nachhaltigen Förderung Lebensbegleitenden Lernens aller Menschen und einer zukunftsorientierten Reform der Bildungsstrukturen beitragen. Bund und Länder haben daraufhin am 5. Juli 2004 in der Bund-Länder-Kommission (BLK) die gemeinsame Strategie für das "Lebenslange Lernen" in der Bundesrepublik Deutschland verabschiedet (vgl. BLK, Heft 115, 2004).

1.2 Der Sachunterricht im Anfangsunterricht der Primarstufe

Im deutschen Schulsystem erfolgt die Vermittlung der ersten naturwissenschaftlichen Inhalte im Rahmen des Faches „Sachunterricht“. Der Sachunterricht hat in seiner Geschichte sehr viele Veränderungen durchlebt, die nachfolgend in einem kurzen Exkurs – mit Fokussierung auf die Behandlung von Themen der unbelebten Natur im Unterricht – dargestellt werden:

Kurzer Exkurs zur historischen Entwicklung des Sachunterrichts

Die Anfänge des Sachunterrichts sind bereits im 17. Jahrhundert zu finden. In dem so genannten Realienunterricht standen hauptsächlich Fragen zur erfahrbaren Sachwelt im Vordergrund und damit auch Inhalte aus der Physik und Chemie. Einen Wandel erlebte dieser Unterricht dann erstmals im 19. Jahrhundert, als zunehmend heimatkundliche Themenbereiche berücksichtigt wurden. Dies veränderte sich dann über einen Zeitraum von 150 Jahren auch nicht mehr weiter: In den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts standen Themen zur Weimarer Republik und Heimatkunde im Mittelpunkt (vgl. BÄUML-ROßNAGL 1988, S. 141ff.). Dennoch liegt die letzte Welle der Naturwissenschaftseuphorie noch gar nicht lange zurück: Der so genannte „Sputnikschock“ deckte in den 70er Jahren den Mangel an naturwissenschaftlichen Kenntnissen auf. Die Folge war eine Neuformulierung der Unterrichtspläne für den Sachunterricht mit besonderer Fokussierung auf den chemischen und physikalischen Bereich. Doch wenig kindgerechte Aufarbeitung der Themenfelder und fehlender Alltagsbezug bei der Vermittlung naturwissenschaftlicher Inhalte stoppten das Interesse der Schüler und setzten eine Gegenbewegung in Gang, „die die Kindorientierung und den offenen Unterricht favorisierte“ (PFEIFER et al. 2002, S. 350).

Um einen aktuellen Überblick über den naturwissenschaftlichen Anteil des Sachunterrichts zu gewinnen, wurde von uns nun – ähnlich wie LÜCK es bereits 2000 vornahm (vgl. LÜCK, 2000, S. 14ff.) – eine Analyse der derzeitigen Sachunterrichtslehrpläne der einzelnen Bundesländer durchgeführt.

1.2.1 Analyse der deutschen Lehrpläne für den Sachunterricht der Primarstufe

Der Sachunterricht ist ein komplexes Gebilde. KAISER vergleicht ihn mit einem Schiff, das keinen festen Unterboden besitzt und aus alten und neuen Bauteilen zusammengesetzt ist. So werden in der Unterrichtspraxis pädagogische Konzepte, wie beispielsweise der Anschauungsunterricht aus dem 19. Jahrhundert („Ein Tierbild wird aufgehängt und die Kinder sollen möglichst viele, auswendig gelernte Körperteile benennen“) mit reformpädagogischen Ansätzen des 20. Jahrhunderts (Unterrichtsgänge zu attraktiven Lernorten oder Lehrererzählungen zu interessanten Themen) kombiniert (vgl. KAISER 2001, S. 3f.). Inhaltlich stellt der Sachunterricht ein Fächerkonglomerat dar: Die Themenfelder zeigen ein breites Spektrum und erstrecken sich von der natürlichen, über die technische bis hin zur sozial gestalteten Umwelt. Eine Koppelung der vielen Teilgebiete ist in der Unterrichtspraxis schwierig, da einige der verbindlichen Unterrichtsinhalte praktisch nur eigenständig zu behandeln sind: So lassen sich die „*experimentellen Erfahrungen mit Wasser und Luft*“ nur eingeschränkt mit dem „*Absolvieren des Radfahrtrainings*“ oder „*dem Vermeiden von Abfall*“ in Einklang bringen (vgl. LEHRPLAN NRW 2003, S. 59).

Um eine Übersicht über den naturwissenschaftlichen Anteil des Sachunterrichts in den Lehrplänen zu erhalten, eignet sich eine prozentuale Analyse der anteiligen Bezugsfächer des Sachunterrichts. Dazu wurden folgende Bezugsfächer definiert, die in allen nachfolgenden Abbildungen verwendet werden (vgl. RISCH & LÜCK 2004, S. 63ff.):

- Chemie,
- Physik,
- Technik,
- Biologie,
- Umwelt- bzw. Gesundheitswissenschaft (UE/GE),
- Verkehrserziehung (VE),
- Heimatkunde (HK),
- Sozialerziehung (SE).

Die Unterrichtsinhalte der unbelebten Natur konnten in der Regel eindeutig identifiziert werden, so dass deren prozentualer Anteil am Sachunterricht als relativ zuverlässig einzustufen ist. Der zusätzliche Versuch einer klassischen Unterteilung in Chemie und Physik ist zwar von keiner Relevanz für den eigentlichen Unterricht, eignet sich aber als inhaltliche Differenzierungsmöglichkeit im Rahmen der Themenfelder der unbelebten Natur.

Die Lehrpläne für den Sachunterricht der 16 Bundesländer folgen keiner ihnen gemeinsam zugrunde liegenden Systematik. Es ist zu beobachten, dass die Darstellungsweise einzelner Themen und Lernbereiche höchst unterschiedlich ist: So finden sich in manchen Lehrplänen ausführliche Hinweise zur Unterrichtsgestaltung, in anderen werden die Themen (wenn überhaupt) nur stichwortartig genannt. Diese verschiedenen Darstellungsformen betreffen nicht nur die Unterrichtsinhalte, sondern auch die zu erwerbenden Grundhaltungen und Techniken. Zusätzlich erschwert das uneinheitliche Vokabular der verschiedenen Lehrpläne (z.B. „Unterrichtsinhalte“, „Hinweise für den Unterricht“, „Arbeitsmethoden“, „Intentionen“ etc.) das Vorhaben, eine vergleichende Analyse durchzuführen. Die von BADER bereits für den Chemieunterricht formulierte Situation des ungleichen Aufbaus der deutschen Lehrpläne, trifft offensichtlich auch auf die des Sachunterrichts zu (vgl. BADER 1994, S. 171).

Die aufgezeigte differenzierte Lehrplangestaltung der einzelnen Länder macht es notwendig, eine möglichst einheitliche Untersuchungsebene zu definieren, um einen Vergleich durchführen zu können. Für die Zuordnung der Unterrichtsinhalte zu den Bezugsfächern wurde daher in der Regel diejenige Strukturierungsebene der Lehrpläne herangezogen, welche die Hauptthemenfelder „Inhalte“ bzw. „Hinweise für den Unterricht“ subsumiert. Dabei variiert die Anzahl der ausgewerteten Items pro Bundesland von 15 (Saarland) bis 149 (Hessen). Da sich die vorliegende Arbeit besonders mit dem Übergang vom Elementar- in den Primarbereich befasst, wurde der Schwerpunkt der Lehrplananalyse auf den Anfangsunterricht, also auf den Beginn der Grundschulzeit gelegt. Aufgrund des heterogenen Aufbaus der bundesdeutschen Lehrpläne war es nicht einheitlich möglich nur die erste Klasse zu analysieren. Daher

wurden je nach Bundesland die Lehrplanvorgaben für unterschiedliche Klassenstufen ausgewertet.³³

Trotz der genannten methodischen Schwierigkeiten ist eine quantitative Aussage zum prozentualen Anteil der chemisch-physikalischen Themen möglich (vgl. *Abb.4*):

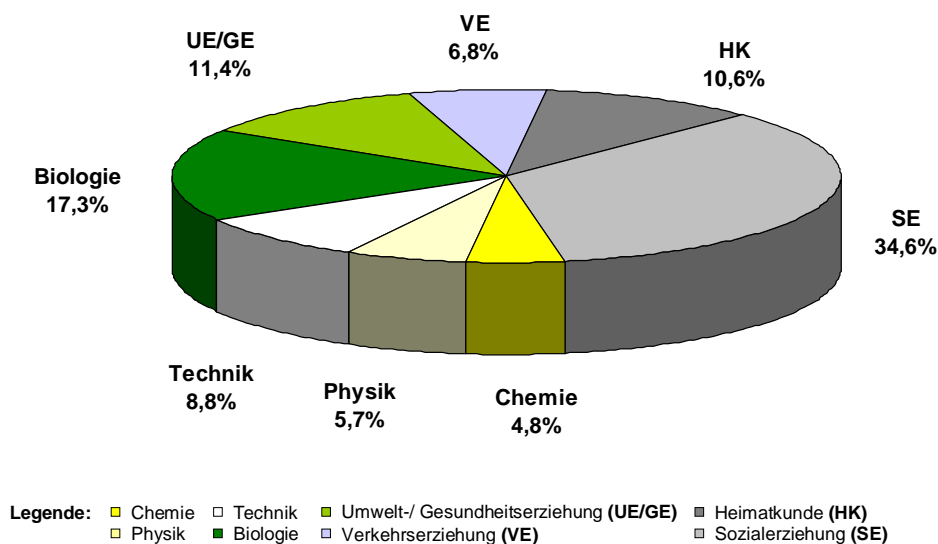


Abb. 4: Prozentualer Anteil der Sachunterrichts-Bezugsfächer im Anfangsunterricht (Durchschnitt aller deutschen Lehrpläne)

Unterrichtsinhalte zur unbelebten Natur (Chemie, Physik) sind mit insgesamt circa 10,5 Prozent in den deutschen Sachunterrichtslehrplänen des Anfangsunterrichts deutlich unterrepräsentiert. Dabei sind chemische Themen (4,8%) etwas seltener vorgesehen als physikalische Inhalte (5,7%). Insgesamt liegt der naturwissenschaftliche Anteil im Sachunterricht bei 48,0 Prozent. Vor allem die relativ große Präsenz von Biologiethematen (17,3%) und Inhalten zur Umwelt- und Gesundheitserziehung (11,4%), sowie der Anteil an Technikthemen (8,8%) tragen hierzu bei. Diese Ergebnisse bestätigen einen Trend, der schon seit Jahren zu verzeichnen ist: Den so genannten „harten“

³³ In den Bundesländern Bayern, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Schleswig-Holstein wurde die erste Klasse analysiert. Die Lehrpläne Baden-Württembergs, Berlins, Brandenburgs, Hamburgs, Hessens, Mecklenburg-Vorpommerns, Nordrhein-Westfalens, Sachsens, Sachsen-Anhalts und Thüringens fassen in ihren Vorgaben – und damit auch in unserer Auswertung – die erste und zweite Klasse zusammen. In Bremens Richtlinien werden die Inhalte des Sachunterrichts nicht nach einzelnen Klassenstufen unterteilt.

Naturwissenschaften Physik und Chemie wird nur ein geringer Stellenwert eingeräumt (vgl. Einsiedler, 1997).

Differenziert man zwischen den einzelnen Bundesländern (vgl. Abb. 5), so wird deutlich, dass die Lehrpläne Niedersachsens, Saarlands und Thüringens keine Inhalte zur unbelebten Natur im Anfangsunterricht vorsehen. In den Ländern Nordrhein-Westfalen (17,7%), Schleswig-Holstein (13,6%), Hamburg (12,2%) und Bremen (11,7%) sind dagegen Chemie- und Physikthemen überdurchschnittlich implementiert. Besonders erfreulich ist der Trend der neuesten Lehrplanveröffentlichungen. So weist der Lehrplan Sachsens (2004) den höchsten Prozentsatz (18,9%) aller Bundesländer im Bereich der unbelebten Natur auf. Aber auch in der gemeinsamen Ausarbeitung Berlins, Brandenburgs und Mecklenburg-Vorpommerns (2004) sind verstärkt Themen aus dem chemischen und physikalischen Bereich vertreten (16,4%).

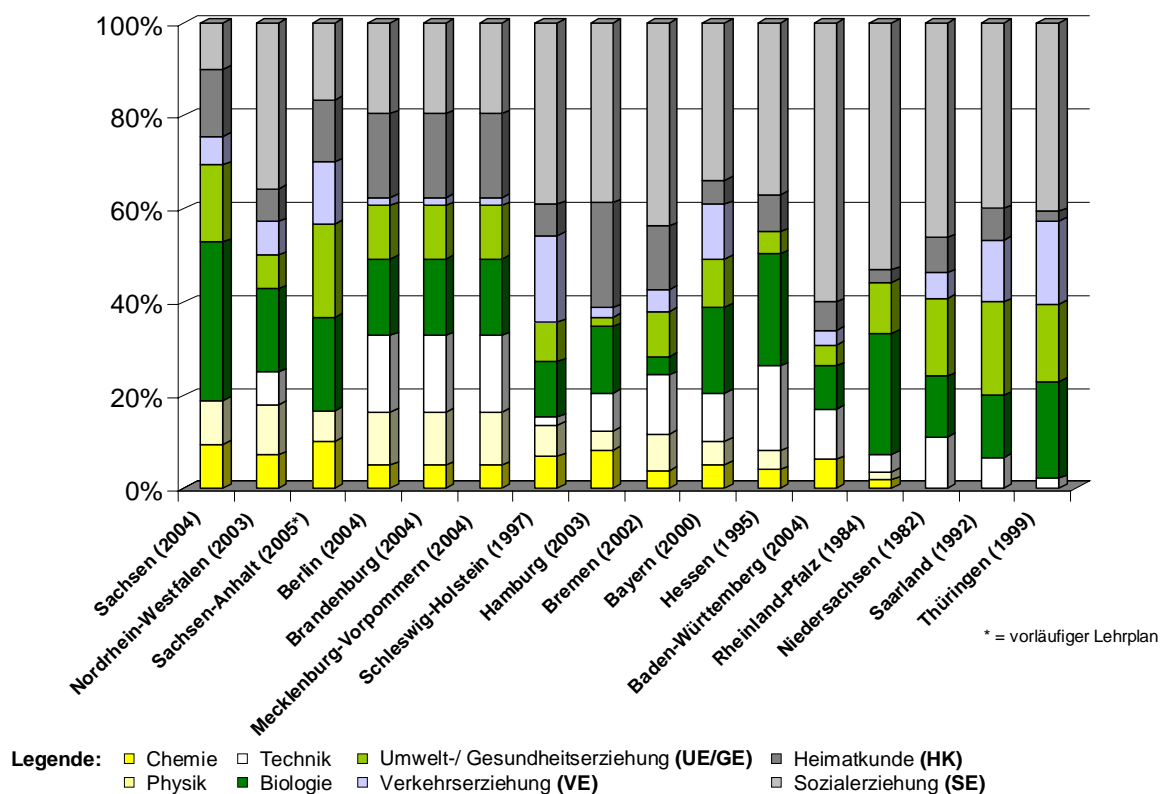


Abb. 5: Vergleich der Sachunterrichts-Lehrpläne im Anfangsunterricht (aufgeteilt nach Bundesländern)

Vergleich: Alte gegen neue Lehrpläne

Um Hinweise auf gegenwärtige Entwicklungen zu erhalten, werden nachfolgend alte und neue Lehrpläne einzelner Bundesländer verglichen. Während LÜCK im Rahmen ihrer Lehrplananalyse einen Rückgang des naturwissenschaftlichen Anteils für den gesamten Sachunterricht feststellte (vgl. LÜCK 2003, S. 21) und damit andere Untersuchungen bestätigte (vgl. KASBOHM & SCHÄFER 1986), zeichnet sich aktuell wieder eine Trendwende hin zur unbelebten Natur ab. *Abb. 6* verdeutlicht eindrucksvoll den Zuwachs an chemischen und physikalischen Inhalten gerade in den jüngst veröffentlichten Lehrplänen für den Anfangsunterricht. Besonders die neuen Bundesländer wie Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Sachsen und Sachsen-Anhalt haben im Vergleich zu ihren älteren Lehrplänen den prozentualen Anteil an Themen zur unbelebten Natur um bis zu 16,7% erhöht. Der Lehrplan Sachsen-Anhalts von 1993 sah beispielsweise keine chemischen und physikalischen Inhalte vor, während im aktuellen (vorläufigen) Lehrplan zahlreiche Themen zur unbelebten Natur implementiert wurden.

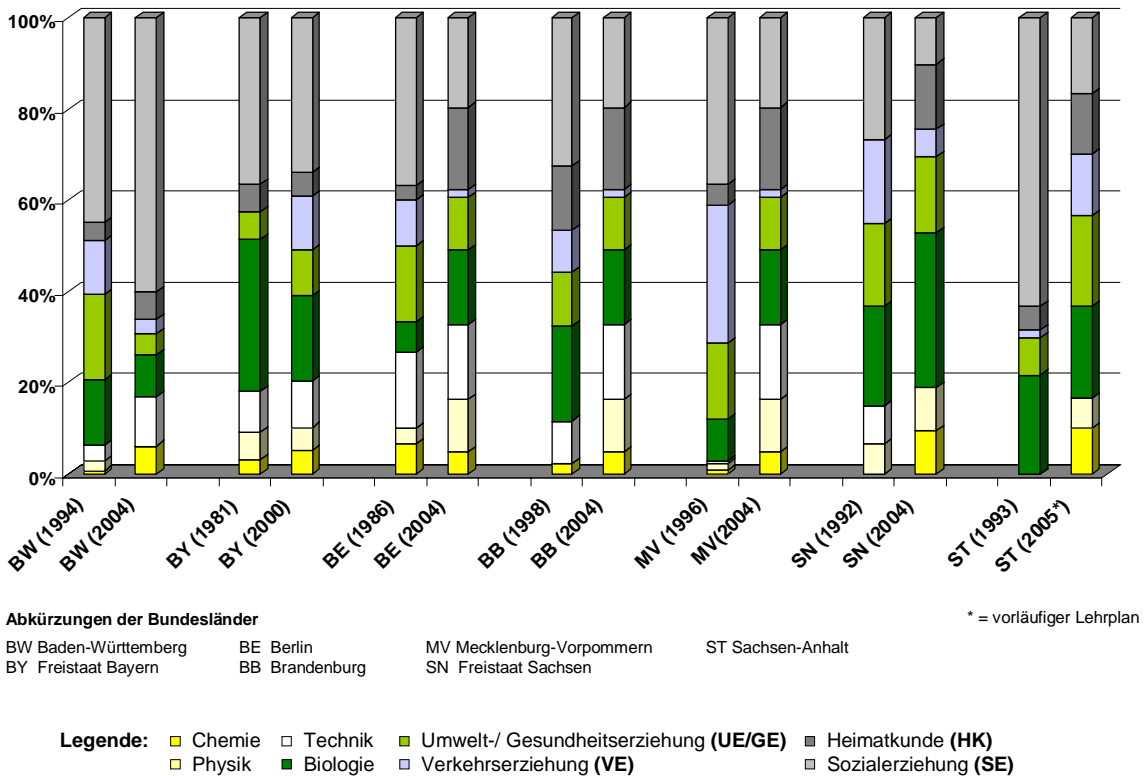


Abb. 6: Vergleich der Sachunterrichts-Lehrpläne im Anfangsunterricht (*alte und neue Lehrpläne ausgewählter Bundesländer*)

Qualitative Analyse der chemischen und physikalischen Unterrichtsinhalte

Analysiert man die chemischen und physikalischen Unterrichtsinhalte im Anfangsunterricht des Sachunterrichts, so lassen sich diese in übergeordnete Themenfelder kategorisieren (vgl. *Abb. 7*).

Im Zusammenhang mit chemischen Inhalten befasst sich ein Großteil der Lehrplanthemen mit Unterrichtsinhalten zu „Stoffeigenschaften“, wie z.B. *„Alltagsgegenstände aus verschiedenen Werkstoffen sammeln, vergleichen, nach Ordnungsgesichtspunkten zusammenstellen und ihre Eigenschaften untersuchen“* (LEHRPLAN NORDRHEIN-WESTFALEN 2003). Weitere große Themengebiete stellen die Bereiche „Luft“, z.B. *„Luft ist unsichtbar, aber vorhanden: Luftblasen aus einer eingetauchten Flasche entweichen lassen“* (LEHRPLAN RHEINLAND-PFALZ 1984), „Wasser“, z.B. *„Kennen wesentlicher Eigenschaften des Wassers durch Experimentieren“* (LEHRPLAN SACHSEN 2005) und „Aggregatzustände“, z.B. *„Erfahren, dass Stoffe in verschiedenen Zustandsformen vorliegen können“* (LEHRPLAN SCHLESWIG-HOLSTEIN 1997) dar.

Das Thema „Wetter“³⁴ wird im physikalischen Bereich der deutschen Sachunterrichtslehrpläne am häufigsten behandelt, z.B. *„Das Wetter als vorübergehenden Zustand der Atmosphäre erfahren“* (LEHRPLAN SCHLESWIG-HOLSTEIN 1997). Des Weiteren nehmen Inhalte zur „Arbeit mit Maßeinheiten“, z.B. *„Zeitlängen ohne Uhr feststellen und vergleichen (durch Veränderungen von Schatten, tropfendes Wasser, Pulsschlag, Pendelschwingung, Blinklicht usw.)“* (LEHRPLAN HESSEN 1995) und Themen aus dem Bereich der „Optik“, z.B. *„experimentelle Erfahrungen mit Licht und Schatten machen“* (LEHRPLAN NORDRHEIN-WESTFALEN 2003) einen großen physikalischen Anteil ein.

³⁴ Zum Thema „Wetter in der Grundschule“ wurde im Rahmen des Modellversuchs ProSa: „Professionalisierung des Lehrerhandelns im Unterricht der Grundschule am Beispiel des Sachunterrichts“ eine umfangreiche Broschüre erstellt (vgl. DEMUTH et al. 2004).

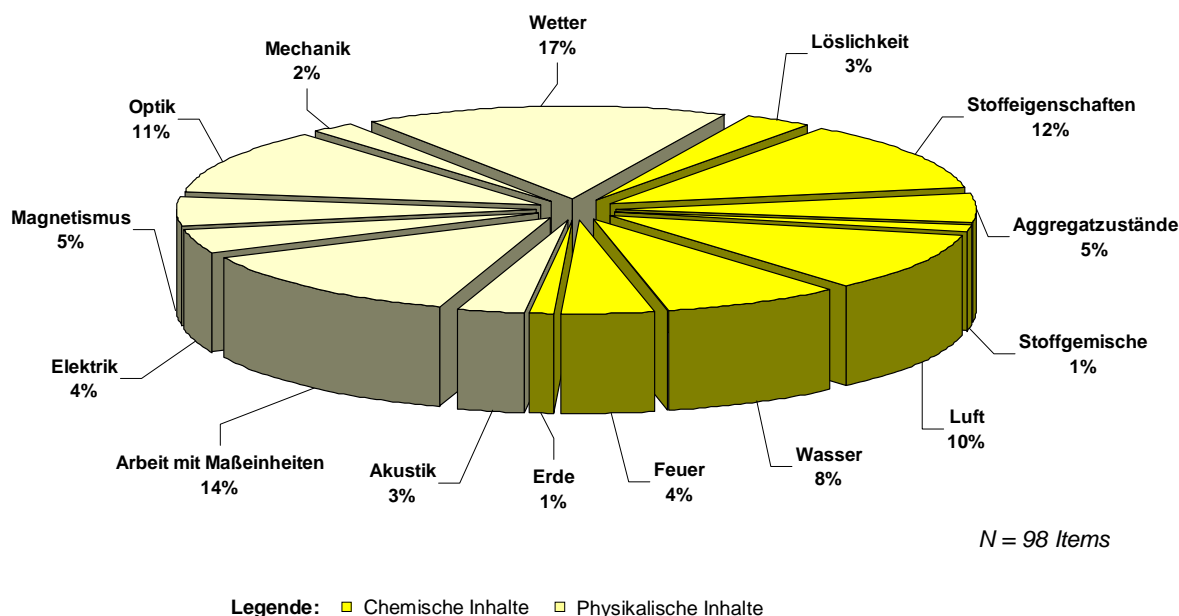


Abb. 7: Übersicht über die Inhalte zur unbelebten Natur in den Sachunterrichts-Lehrplänen im Anfangsunterricht (eingeteilt in übergeordnete Kategorien)

1.2.2 Bildungsvorgaben zur unbelebten Natur im Kindesalter (Elementarbereich und Primarstufe) – Ein Vergleich zwischen den einzelnen Bundesländern

Nachfolgender Vergleich zwischen den Bildungsvorgaben für den Elementarbereich (Bildungspläne) und für die Primarstufe (Lehrpläne) in den einzelnen deutschen Bundesländern soll einen Aufschluss darüber geben, ob im Bereich der unbelebten Natur ein kontinuierlicher Bildungsprozess für das Kind gewährleistet ist. Um einen bestmöglichen Übergang vom Kindergarten zur Grundschule zu gewährleisten, ist es von großer Bedeutung, dass die in der Vorschule begonnene Heranführung an die unbelebte Natur im Anfangsunterricht der Primarstufe fortgesetzt werden kann, ohne durch unnötige Wiederholung oder durch zu große zeitliche Abstände bei der Fortführung naturwissenschaftlichen Lernens das einmal entstandene Interesse zu blockieren. Alle chemischen und physikalischen Bildungs- und Lehrplaninhalte für den Elementar- und Primarstufenbereich der einzelnen Bundesländer werden in Tab. 3 gegenübergestellt.

Tab. 3: Themen zur unbelebten Natur in den Bildungsvorgaben für den Elementarbereich (Bildungspläne) und für die Primarstufe (Lehrpläne) der einzelnen deutschen Bundesländer.

	ELEMENTARBEREICH (unbelebte Natur)	ANFANGSUNTERRICHT (unbelebte Natur)
Baden-Württemberg	<ul style="list-style-type: none"> Naturphänomene sinnlich erfahrbar machen (z.B. Regen und Wind spüren) Umgang mit Spiegel, Lupe, Maßband, Stethoskop Wiegen, Messen, Zeit 	<ul style="list-style-type: none"> Gegenstände aus dem Alltag, spielerischer und experimenteller Umgang mit Naturmaterialien Vergleich nach Ordnungsgesichtspunkten der Kinder und Materialeigenschaften Natur und Naturphänomene aus dem Erfahrungsbereich der Kinder Veränderungen in der Natur
Bayern	<ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften von Stoffen (Konsistenz und Dichte, spezifische Erscheinungsformen und deren Entstehung) Stoffe mischen Wasser, Längen-, Gewichts-, Temperatur- und Zeitmessungen physikalische Gesetzmäßigkeiten (z.B. Schwerkraft) Luft und Gase Wasser und Flüssigkeiten Licht und Schatten Farben Schall, Töne und Musik Magnetismus Elektrizität 	<ul style="list-style-type: none"> Schmutz mit Wasser lösen (Versuche zum Reinigen z. B. der Hände mit Wasser) Nach Art der Verschmutzung Waschmittel gezielt einsetzen (verschiedene Waschmittel in Wasser lösen, Wirkung erproben: Seife, Waschlotion, Zitronensaft o. Ä. zum Lösen von Fett/ Öl, Ruß, Obstflecken; benötigte Mengen der Mittel und deren Umweltverträglichkeit bewusst machen) Mit Luft spielerisch umgehen (Beobachtungen in Natur und Technik, z. B. Samenflug; Versuche mit Luft zur Ausdehnung, Bewegung, Tragfähigkeit und Bremswirkung) Mit Licht und Schatten Erfahrungen sammeln (Schattenspiele, z. B. Schattenfangen; Schattenfiguren) Die Raum-Lage-Beziehungen zwischen Lichtquelle, Gegenstand und Schatten bestimmen Versuche mit Schattenstab oder Sonnenuhr vornehmen
Berlin	<ul style="list-style-type: none"> Experimentieren mit technischem Spielzeug (Hebel, Waage, Magnet, ...) Licht- und Schattenspiele Wasserexperimente Stromkreis, Schallwellen, Schwerkraft, Wasserkreislauf Warum fliegen Flugzeuge? Warum schwimmen Dampfer? 	<ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften des Wassers beschreiben Schwimmen und Sinken von Körpern untersuchen Eigenschaften des Feuers kennen und beschreiben Wetter beobachten und dokumentieren Temperatur messen Technische Nutzung erneuerbarer Energien erläutern Mit Licht experimentieren Mit Magneten experimentieren Geräusche identifizieren Begriffe der Zeiteinteilung unterscheiden und anwenden
Brandenburg	<ul style="list-style-type: none"> Luft „begreifen“ Kerzenflamme löschen durch Luftentzug Kerzenflamme löschen mit Kohlenstoffdioxid Schwimmen und Sinken; Aggregatzustände des Wassers: fest/ flüssig Lösen von wasserlöslichen Feststoffen in kaltem und warmen Wasser Auskristallisieren von in Wasser gelösten Feststoffen durch Verdampfen des Wassers Mischbarkeit von Flüssigkeiten 	<ul style="list-style-type: none"> Eigenschaften des Wassers beschreiben Schwimmen und Sinken von Körpern untersuchen Eigenschaften des Feuers kennen und beschreiben Wetter beobachten und dokumentieren Temperatur messen Technische Nutzung erneuerbarer Energien erläutern Mit Licht experimentieren Mit Magneten experimentieren Geräusche identifizieren Begriffe der Zeiteinteilung unterscheiden und anwenden
Bremen	<ul style="list-style-type: none"> Formen und Eigenschaften von Erde, Wasser, Feuer oder Luft 	<ul style="list-style-type: none"> Kreislauf des Wassers Feste, flüssige und gasförmige Stoffe und ihre Eigenschaften (Wasser, Öl, Wachs, Wasserdampf, Luft) Die Lufthülle der Erde Vor- und Nachteile von Kunststoffen Licht und Schatten Massen (wiegen), Längen (Längenmessung), Zeiten (Zeitmessung), Flächen (Flächenmessung), und Temperaturen (Temperaturmessung) Schätzen, Messen und vergleichen (Maßeinheiten von Massen, Längen, Zeit, Flächen, Temperatur, verschiedene Messinstrumente) Sonne, Mond und Sterne

		<ul style="list-style-type: none"> • Zeit und Zeiteinteilungen, die Jahreszeiten • Ebbe und Flut • Wetterbeobachtungen • Die Sonne als Zentralgestirn und Energielieferantin der Erde
Hamburg	<ul style="list-style-type: none"> • Die Grundelemente unterscheiden: Erde, Wasser, Feuer, Luft • Verschiedene Aggregatzustände von Wasser kennen: flüssig, fest, gasförmig • Phänomene erkennen und benennen, z.B. Schwerkraft, Magnetismus, Spiegelung • Erste Zusammenhänge im Planetensystem erkennen: Sonne, Mond, Erde, Sterne • Den Wechsel von Jahreszeiten und Wetterphänomenen erkennen 	<ul style="list-style-type: none"> • Luft: Bedeutung und Eigenschaften für das Leben: Lebenserhaltung, Ausdehnung, Kraftquelle • Wasser: Bedeutung und Eigenschaften: Trinkwasser, Brauchwasser, bewusster Umgang mit Wasser, ... • Feuer: Bedeutung und Eigenschaften: Wärme, Licht, brennbare und nicht brennbare Stoffe, Gefahr durch Feuer, Hitze, Gase, richtiges Verhalten bei Feuer • Erde: Bedeutung und Eigenschaften: Unterscheidungsmerkmale herausfinden • Zeitmessung und Zeiteinteilung: Ablesen analoger und digitaler Uhrzeit, Zeitspannen schätzen und messen, ... • Wetter: Wettererscheinungen beobachten und benennen, mit Symbolen dokumentieren, Temperatur draußen und im Raum messen und vergleichen, ...
Hessen	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften von verschiedenen Stoffen kennen: Dichte und Aggregatzustand (feste Körper, Flüssigkeiten, Gase) • Erfahrungen mit physikalischen Gesetzmäßigkeiten sammeln (z.B. Mechanik, Optik, Magnetismus, Elektrizität) • Vorgänge in der Umwelt (z.B. Licht und Schatten, Sonnenstand, Wetter) genau beobachten und daraus Fragen ableiten • Unterschiedliche Energieformen kennen lernen (z.B. mechanische Energie, magnetische Energie, Wärmeenergie) • Größen-, Längen-, Gewichts-, Temperatur- und Zeitmessungen verstehen 	<ul style="list-style-type: none"> • Beobachtungen zu den Wettererscheinungen/ Experimente mit Luft anstellen, Erfahrungen festhalten, bildlich darstellen und vergleichen • Die Verwendung verschiedener Materialien in der Schule und im Haushalt erkunden und erklären • Zustandsarten von Wachs untersuchen • Wachse schmelzen, Wachs verformen, mit Wachs spielen, ... • Farbe in Wasser einlaufen lassen • Schnee/ Eis tauen • Möglichkeiten erproben und vergleichen, wie Lasten bewegt werden können: durch Schleifen, Schieben, Ziehen, Rollen, mit und ohne Hilfsmittel • Stromquellen und -verbraucher, elektrische Geräte in Schule und Haushalt suchen, ... • Mit Licht und Schatten spielen, Schatten erzeugen, Schattentheater spielen • Licht mit Spiegeln umlenken, mit verschiedenen Spiegeln experimentieren, Spiegelsymmetrie erkunden, Spiegelspiele (Kaleidoskope usw.) bauen, optische Täuschungen betrachten • Zeitlängen ohne Uhr feststellen und vergleichen (durch Veränderungen von Schatten, tropfendes Wasser, Pulsschlag, Pendelschwingung, Blinklicht usw.) • Mit Magneten spielen, Magnetspiele herstellen
Mecklenburg-Vorpommern	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften von Luft erkunden: Begriff Gas, Luft hat Kraft – Luftdruck, ... • Eigenschaften von Wasser erkunden: Begriff Flüssigkeit, Wasser hat Kraft, Aggregatzustände, Schwimmen und Sinken, Wasser als Lösungsmittel, ... • Eigenschaften von Sand erkunden: Begriff fester Stoff, Konsistenz und Körnigkeit, Sand und Wasser (Aufschwimmen, Filtrieren, Dekantieren, Wiegen), ... • Lichtphänomene • Phänomen Elektrizität und Magnetismus 	<ul style="list-style-type: none"> • Eigenschaften des Wassers beschreiben • Schwimmen und Sinken von Körpern untersuchen • Eigenschaften des Feuers kennen und beschreiben • Wetter beobachten und dokumentieren • Temperatur messen • Technische Nutzung erneuerbarer Energien erläutern • Mit Licht experimentieren • Mit Magneten experimentieren • Geräusche identifizieren • Begriffe der Zeiteinteilung unterscheiden und anwenden
Niedersachsen	<ul style="list-style-type: none"> • Schwerkraft • Licht und Schatten • Feuer, Wasser, Luft und Erde 	

Nordrhein-Westfalen	<ul style="list-style-type: none"> Umgang mit den Elementen Erde, Luft, Wasser und (nicht in der Eigenregie der Kinder) Feuer 	<ul style="list-style-type: none"> Alltagsgegenstände aus verschiedenen Werkstoffen sammeln, vergleichen, nach Ordnungsgesichtspunkten zusammenstellen und ihre Eigenschaften untersuchen Experimentelle Erfahrungen mit Wasser und Luft, Wärme und Kälte Experimentelle Erfahrungen mit Licht und Schatten machen Magnetische Wirkungen und Magnetkraft untersuchen Zeit messen, Zeiträume unterscheiden und Zeit einteilen
Rheinland-Pfalz	<ul style="list-style-type: none"> Mess- und Wiegevorgänge durchführen (z.B. Gewicht, Temperatur, Zeit) 	<ul style="list-style-type: none"> Luft ist unsichtbar, aber vorhanden: Luftblasen aus einer eingetauchten Flasche entweichen lassen Luft kann man einsperren und zusammendrücken: Luftballons, Papiertüten, Plastiktüten aufblasen; Seifenblasen aufsteigen lassen; Luftmatratzen, Fahrradschläuche, Schwimmtiere aufblasen ... Wind als „bewegte Luft“ Drachen, Segelschiff, Surfbrett, Windmühle
Saarland	<ul style="list-style-type: none"> Licht- und Schattenspiele Wassereperimente Stromkreis, Schallwellen, Schwerkraft Warum fliegen Flugzeuge? Warum schwimmen Dampfer? 	
Sachsen	<ul style="list-style-type: none"> Wasser (unterschiedliche Konsistenz, Lichtreflektionen, Konsistenz von Wasser und Sand, ...) Physikalische Probleme (z.B. Schwerkraft) Anlegen eines Wetterkalenders (Schatten, Hagelkörner, Schneeflocken, Farben des Regenbogens, ...) 	<ul style="list-style-type: none"> Kennen wesentlicher Eigenschaften der Luft Kennen wesentlicher Eigenschaften des Wassers durch Experimentieren Einblick gewinnen in Farbphänomene der vier Jahreszeiten/ Einblick gewinnen in die Vielfalt von Steinen (WP) Einblick gewinnen in die Bedeutung von Wind und Wasser als Naturkräfte Einblick gewinnen in das Phänomen Licht, von Beobachtungen zu Licht und Dunkelheit erzählen Kennen von Wettererscheinungen und Zeichen der Natur
Sachsen-Anhalt	<ul style="list-style-type: none"> Vielfältigste Materialien, Erscheinungen, belebte und unbelebte Natur „aus erster Hand“ und mit allen Sinnen erfahren Erfahren, dass sich in der Natur alles verändert – aber nichts verschwindet 	<ul style="list-style-type: none"> Verschiedene Wirkungsweisen und Eigenschaften von Luft beobachten Eigenschaften des Wassers wahrnehmen sowie die Veränderungen des Wassers in der Natur durch Kälte- und Wärmeeinflüsse beobachten, benennen und beschreiben Schwimmen und Sinken von Stoffen überprüfen Strömende Luft und Wind wahrnehmen, ... Wetter und seine Erscheinungsformen in den verschiedenen Jahreszeiten beobachten, messen, darstellen und vergleichen
Schleswig-Holstein	<ul style="list-style-type: none"> Was ist ein Schatten? Warum gibt es keinen Schatten, wenn die Sonne nicht scheint? Erfahren, dass elektrische Geräte Strom brauchen und dass der Gameboy nur mit Batterien oder Akkus funktioniert 	<ul style="list-style-type: none"> Die Luft als „mehr als nichts“ erkennen Erfahren, dass Stoffe in verschiedenen Zustandsformen vorliegen können Eigenschaften des Wassers kennen lernen Gemische erkennen Zeit messen Das Wetter als vorübergehenden Zustand der Atmosphäre erfahren Wetterelemente unterscheiden können Subjektive Temperaturmessung als nicht ausreichend erkennen
Thüringen	<ul style="list-style-type: none"> Im Bau- und Konstruktionsspiel physikalische Gesetzmäßigkeiten erkennen 	

Betrachtet man die jeweiligen Bildungsvorgaben der einzelnen Bundesländer, so wird deutlich, dass durchaus vernünftige Konzepte bzgl. eines kontinuierlichen Aufbaus chemischer und physikalischer Themen erkennbar sind: So erfahren die Kindergartenkinder in Sachsen etwas über die grundlegenden Eigenschaften des Wassers und legen einen Wetterkalender an. Im Anfangsunterricht der Primarstufe wird das Thema Wasser experimentell weiter vertieft, zusätzlich wird der Bereich „Luft“ eingeführt und Kenntnisse zum Unterrichtsinhalt „Wetter“ erweitert („*Wind und Wasser als Naturkräfte*“; „*Licht und Dunkelheit*“, „*Wettererscheinungen und Zeichen der Natur*“).

Die thematischen Vorgaben des Bildungs- und Lehrplans für Mecklenburg-Vorpommern sind aus chemischer und physikalischer Sicht sehr umfangreich und altersgerecht. Allerdings ähneln sich die Inhalte, wie beispielsweise „*Eigenschaften des Wassers*“, „*Schwimmen und Sinken*“ oder „*Magnetismus*“, im Kindergarten und in der Grundschule doch recht stark, so dass die Gefahr von zu häufigen Wiederholungen in der Primarstufe besteht.

Bayern sieht laut Bildungsplan für den Elementarbereich bereits zahlreiche Inhalte zur unbelebten Natur vor. Dagegen sind die Lehrplanvorgaben im anschließenden Primarstufenbereich eher als Rückschritt anzusehen. Unterrichtsinhalte wie „*mit Luft spielerisch umgehen*“ stellen kein aufbauendes Konzept dar, wenn bereits im Elementarbereich zahlreiche Experimente zum Thema „*Luft und Gase*“ durchgeführt wurden.

Die bereits erwähnte Einführung „*elektrischer Geräte*“ in Bezug „*auf Strom, Batterien und Akkus*“ im Bildungsplan Schleswig-Holsteins findet in den Richtlinien für die Grundschule keine thematische Anknüpfung. In den Bundesländern Niedersachsen, Saarland und Thüringen erfahren die Kinder im Elementarbereich erste Grundlagen zur unbelebten Natur, bekommen aber keine Möglichkeit im Anfangsunterricht darauf aufzubauen: Diese Bundesländer sehen bisher keine chemischen und physikalischen Inhalte in ihren Sachunterrichts-Lehrplänen für die erste bzw. erste und zweite Klasse (Thüringen) vor³⁵.

³⁵ Das Saarland arbeitet derzeit an einem neuen Lehrplan für den Sachunterricht, in dem auch Themen zur unbelebten Natur implementiert sein werden.

1.2.3 Vergleich der deutschen Lehrpläne mit denen des deutschsprachigen Auslands

Ein Vergleich der deutschen Lehrpläne mit den entsprechenden des deutschsprachigen Auslands verdeutlicht, dass Themen der unbelebten Natur im Anfangsunterricht des Sachunterrichts in Deutschland weniger behandelt werden als in Österreich oder im deutschsprachigen Teil Italiens (vgl. *Abb. 8*)³⁶. Wagt man eine Einordnung der Lehrplanergebnisse in die Resultate der IGLU-Erweiterungsstudie, so zeigen sich Parallelen: Österreich schneidet – wenn auch als einziges europäisches Land – im Bereich „naturwissenschaftliches Verständnis am Ende der Grundschule“ besser ab als Deutschland (vgl. PRENZEL et al. 2003, S. 164).

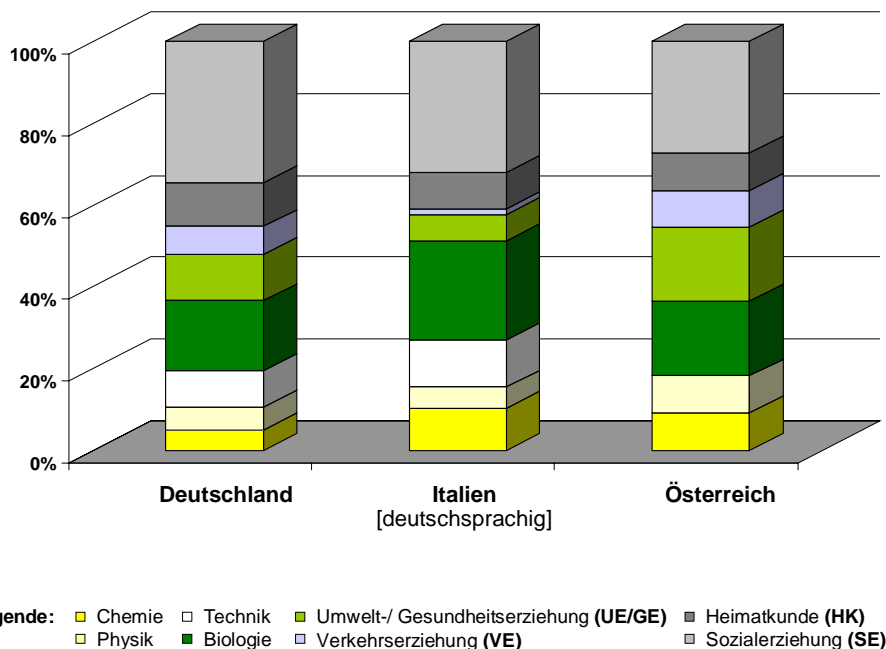


Abb. 8: Vergleich der deutschsprachigen Sachunterrichts-Lehrpläne im Anfangsunterricht

Nachfolgend wird kurz auf die allgemeinen und spezifischen Inhalte der Lehrpläne des deutschsprachigen Raums Italiens und Österreichs eingegangen, um Unterschiede zu den deutschen Lehrplänen aufzuzeigen.

³⁶ Eine Analyse des Schweizer Sachunterrichts wurde aufgrund der kantonalen Unterschiede nicht durchgeführt.

Italien (deutschsprachig)

Der derzeit gültige Lehrplan für die Grundschulen mit deutscher Unterrichtssprache der Autonomen Provinz Bozen stammt aus dem Jahr 1988. In den ersten zwei Klassenstufen wird in dem Fach „Elementare Heimat- und Umweltkunde“ eine sach- und kindgerechte Auseinandersetzung mit der konkreten Umwelt angestrebt. Die Inhalte und Ziele werden (noch) nicht in ihre wissenschaftlichen Teildisziplinen unterteilt, vielmehr sollen alle Lernbereiche in den Gesamtunterricht integriert werden. Die unbelebte Natur wird mit den Themen Wasser, Luft und Licht eingeführt. Trotz vieler Parallelen zu den deutschen Lehrplänen – sowohl in der Gliederung, als auch bei den thematischen Inhalten – erkennt man einen großen Unterschied zum deutschen Schulsystem: Ab der dritten Klasse gliedert sich das Fach „Heimat- und Umweltkunde“ in vier eigenständige Fachbereiche auf: Sozialkunde, Geschichte, Erdkunde und Naturkunde (vgl. LEHRPLAN GRUNDSCHULE DER AUTONOMEN PROVINZ BOZEN 1988, S. 31ff.).

Österreich

Der Lehrplan für den Sachunterricht der österreichischen Primarstufe ist aus dem Jahr 2003. Der Sachunterricht wird in Österreich im Anfangsunterricht dreistündig pro Woche erteilt³⁷ und ist in sechs Erfahrungs- und Lernbereiche gegliedert: Gemeinschaft, Natur, Raum, Zeit, Wirtschaft und Technik. Bei der Unterrichtsplanung und -gestaltung soll berücksichtigt werden, dass Inhalte aus den einzelnen Teilbereichen unter besonderer Beachtung der Erfahrungs- und Erlebniswelt der Schüler ganzheitlich aufeinander abgestimmt werden. Während im Bereich „Natur“ vorwiegend biologische Themen im Vordergrund stehen, werden chemische und physikalische Inhalte im Lernbereich „Technik“ behandelt. Im Mittelpunkt des Bereichs „Technik“ steht die Begegnung des Schülers mit technischen Gegebenheiten, mit Naturkräften und Stoffen seiner Umwelt. Es soll vermittelt werden, dass der Mensch in das Ordnungsgefüge der Natur eingebettet, von den Naturgesetzen abhängig und für die Auswirkungen seiner Eingriffe in die Umwelt verantwortlich ist. In der Grundstufe I (umfasst die ersten beiden Schuljahrgänge) wird die unbelebte Natur im Rahmen der beiden Hauptthemen „Stoffe und ihre Veränderungen“, sowie „Kräfte und ihre Wirkungen“ eingeführt. Dazu sind im Lehrplan zahlreiche Unterrichtsinhalte und -hinweise aufgeführt (vgl. LEHRPLAN SACHUNTERRICHT ÖSTERREICH 2003, S. 1ff.).

³⁷ In fast allen deutschen Bundesländern umfasst der Sachunterricht zwei Schulstunden pro Woche.

1.2.4 Analyse von Klassenbüchern einer Bielefelder Grundschule

Um nicht nur die Lehrplanvorgaben zu betrachten, sondern auch die Schulwirklichkeit zu überprüfen, bietet sich eine Analyse von Klassenbüchern an. Klassenbucheinträge spiegeln die Umsetzung der Richtlinien und Lehrpläne in der Realität wider.

Die Untersuchung von Klassenbüchern bzw. Schülerarbeitsmappen ist eine gängige Evaluationsmethode in der empirischen Sachunterrichtsforschung. So stellte SCHREIER in den 70er Jahren nach der Durchsicht von 279 Lehrberichten an Kasseler Grundschulen fest, dass nach der Reform der Grundschullehrpläne Themen der unbelebten Natur wieder verstärkt unterrichtet wurden (vgl. EINSIEDLER 2002, S. 29). Bei Klassenbuchanalysen in den 90er Jahren wurde die entgegengesetzte Trendwende und damit der Rückgang naturwissenschaftlicher Inhalte im Sachunterricht sowohl im niedersächsischen Raum wie auch an Kieler Grundschulen deutlich (vgl. STRUNCK, LÜCK, DEMUTH 1998, S. 70).

Im Rahmen einer Staatsexamensarbeit von Troschka (vgl. TROSCHKA 2003, S. 27ff.) wurden 2003 an einer Bielefelder Grundschule insgesamt 37 Klassenbücher der letzten 30 Jahre untersucht (17 Klassenbücher der ersten und 20 Klassenbücher der zweiten Klasse). Der Fokus lag dabei auf der Fragestellung, zu welchen Anteilen die unbelebte Natur im Schulunterricht tatsächlich unterrichtet wird. Dabei erfolgte die Zuordnung der Sachunterrichtsinhalte zu den definierten Bezugsfächern analog zur vorliegenden Lehrplananalyse. Bei der Evaluation wurde deutlich, dass der Sachunterricht wiederholt durch andere Fächer wie z.B. zusätzliche Rechtschreibeübungen oder mathematische Unterrichtseinheiten ersetzt wurde. Zur quantitativen Analyse der Klassenbücher wurde zunächst der grobe Umfang der erfassten Sachunterrichtsstunden bestimmt. Da es sich im Bereich des Anfangsunterrichts jedoch meistens um Unterricht innerhalb eines Wochenplanes handelt, ist es recht schwierig, aufgrund der fehlenden Stundeneinteilung eine klare Zuordnung zu treffen.

Insgesamt wurden 749 Items aus den Klassenbüchern im Bereich Sachunterricht erfasst. *Abb. 9* zeigt, dass Themenbereiche aus der Biologie deutlich überwiegen (40,2%), während Unterrichtsinhalte zur unbelebten Natur erwartungsgemäß unterrepräsentiert waren (5,6%).

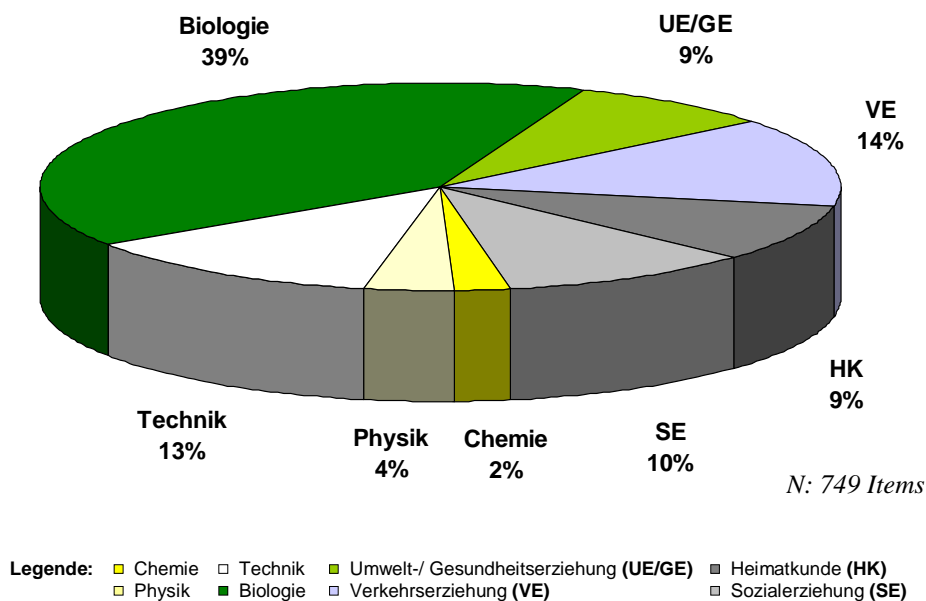


Abb. 9: Klassenbuchanalyse des Sachunterricht (37 Klassenbücher, Anfangsunterricht, 1970-2000)

1.2.5 Zusammenfassung und Konsequenzen

Die dargestellten Ergebnisse der Lehrplan- und Klassenbuchanalyse verdeutlichen die Stellung der Naturwissenschaften im Anfangsunterricht des Sachunterrichts: Während Inhalte zur belebten Natur verhältnismäßig häufig vertreten sind, werden Themen zur unbelebten Natur nur unterdurchschnittlich behandelt. Dabei ist besonders selbständiges Forschen und Experimentieren prädestiniert für die Vermittlung derjenigen Schlüsselqualifikationen, die im schulischen Bildungssystem gefordert werden: „Naturwissenschaftliche Erfahrungen und insbesondere die Deutung naturwissenschaftlicher Phänomene bieten sich geradezu dazu an, Qualifikationen wie Problemlöseorientierung und Ganzheitlichkeit zu erwerben“ (LÜCK 2003, S.20). Im Grundschulbereich ist der Mangel an geeigneten Konzepten zur Vermittlung chemischer und physikalischer Unterrichtsinhalte unübersehbar. Neue Ideen müssen her, und dass dabei Kindorientierung und Wissenschaftsorientierung keine Gegensätze sein müssen, zeigt beispielsweise das Projekt „Schwimmen und Sinken“ aus Münster (vgl. JONEN et al. 2001).

1.3 Schulvergleichsstudien – Deutschland im internationalen Bildungvergleich

Spieglein, Spieglein an der Wand, wer ist der Klügste...?

So oder ähnlich lässt sich das Ziel der inzwischen zahlreichen Schulvergleichsstudien provokativ umschreiben. Das Akronym „Pisa“ ist hierzulande mittlerweile ein Synonym für vieles: „Bildungsnotstand“, „Vergleichsstudien“, „Fernsehsendungen“, etc. und fast niemand denkt dabei mehr an den berühmten schiefen Turm von Pisa: Jenes italienische Wahrzeichen, welches auch die Schiefelage des deutschen Bildungssystems symbolisieren könnte.

Immerhin haben PISA³⁸ und andere Vergleichsstudien das deutsche Bildungssystem in den Blickpunkt der Öffentlichkeit gerückt. Presse, Funk und Fernsehen berichten fast täglich über neue Pläne der Politiker, das Land vor dem Bildungskollaps zu bewahren. Denn so langsam wächst die Erkenntnis, dass Bildung in Deutschland zum wichtigsten Rohstoff geworden ist.

Bei aller Euphorie und allen Chancen, die aus den Untersuchungsergebnisse abgeleitet werden, muss auch leise Kritik anklingen: Wird wirklich immer das gemessen, was gemessen werden soll (Stichwort „Validität“)? So werden motivationale Faktoren, wie die Bereitschaft der Schüler sich im Test anzustrengen, nicht berücksichtigt. Auch eine Affinität der Testergebnisse untereinander ist häufig schwierig. Daher sind die Ergebnisse zum Leseverständnis von PISA und IGLU³⁹ kaum vergleichbar. Zwar ist die Metrik⁴⁰ die gleiche, dies darf aber nicht darüber hinwegtäuschen, dass zwei unterschiedliche Methoden (Tests) zur Erfassung der Lesekompetenz eingesetzt wurden. Außerdem wurde bei PISA ein bestimmter Jahrgang untersucht (15jährige Schüler), während die IGLU Ergebnisse von Viertklässlern gesammelt wurden, was bei unterschiedlichem Einschulungsalter in Europa zu Ungleichheiten führt.

Die Naturwissenschaften – seit Jahren das Sorgenkind des deutschen Bildungswesens – rücken durch die zahlreichen Vergleichsstudien mehr in den Fokus der Öffentlichkeit. Die Ergebnisse bestätigen den beobachteten Trend: Immer weniger Schüler belegen in den Schulen naturwissenschaftliche Fächer, die Leistungen sind im internationalen

³⁸ PISA (The Programme for International Student Assessment)

³⁹ IGLU (Internationale Grundschul-Lese-Untersuchung)

⁴⁰ Mittelwert $M = 500$, Leistungsstreuung $SD = 100$

Vergleich mäßig und es herrscht eine enorme Leistungsheterogenität innerhalb der Jahrgänge.

PISA ist nicht die einzige Studie, in der mit Hilfe von Large-Scale-Assessment-Verfahren internationale Vergleichsuntersuchungen zu spezifischen Kompetenzen in bestimmten Altersstufen durchgeführt werden. Nachfolgend werden die wichtigsten Studien kurz vorgestellt, wobei besonders auf die Ergebnisse der Untersuchungen in der Primarstufe und zu den Naturwissenschaften eingegangen wird.

Übersicht:

Tab. 4: Übersicht über einige ausgewählte Schulvergleichsstudien.

Vergleichsstudien	TIMSS ⁴¹	PISA	IGLU/ PIRLS ⁴²	VERA ⁴³
Jahr	1995	2000/ 2003	2001	2004
Zielgruppe	International Primarstufe [TIMSS I] Sekundarstufe I [TIMSS II] Sekundarstufe II [TIMSS III] National 7./ 8. Klasse [TIMSS II] 12./ 13. Klasse [TIMSS III]	Sekundarstufe I 15jährige Schüler	Primarstufe 4. Klasse	Primarstufe 4. Klasse
Teilnehmer	25 Länder [TIMSS I] 45 Länder [TIMSS II] 22 Länder [TIMSS III] 15 Bundesländer [TIMSS II]	32 Länder (2000) 41 Länder (2003) PISA-E ⁴⁴ 14 Bundesländer (2000) 16 Bundesländer (2003)	35 Länder 16 Bundesländer IGLU/E ⁴⁵ 12 Bundesländer	7 Bundesländer
Untersuchungsziel	Mathematik- und Naturwissenschaftsleistungen von Schlüsseljahrgängen	Schwerpunkt: Lesen (2000) Mathematik (2003) [Naturwissenschaften (2006)]	Leseverständnis von Schülern IGLU/E Kompetenzen von Schülern im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich	Leistungen in Deutsch und Mathematik

⁴¹ TIMSS (The **T**hird **I**nternational **M**athematics and **S**cience **S**tudy)

⁴² PIRLS (Progress in **I**nternational **R**eadng **L**iteracy **S**tudy)

⁴³ VERA (**V**ergleichs**a**rbeiten in der Grundschule)

⁴⁴ PISA-E (nationale Erweiterung von PISA)

⁴⁵ IGLU/E (nationale Erweiterung von PIRLS/ IGLU)

1.3.1 TIMSS

Im Rahmen der TIMS-Studie – die federführend von der IEA⁴⁶ durchgeführt wurde – sind im Jahr 1995 zum ersten Mal gleichzeitig die Mathematik- und Naturwissenschaftsleistungen von Schlüsseljahrgängen in der Grundschule (TIMSS/ Population I), in der Sekundarstufe I (TIMSS/ Population II) und Sekundarstufe II (TIMSS/ Population III) untersucht worden, wobei Deutschland sich nur an der Untersuchung der Populationen II und III beteiligt hat.

Die TIMSS-Leistungstests sind in Deutschland, wie auch in den meisten Teilnehmerstaaten, weitgehend lehrplan- und unterrichtsvalide. Die Testaufgaben sind Stoffgebieten entnommen, die nach den Lehrplänen der Länder bis zum Ende des 8. Jahrgangs im Unterricht behandelt werden sollen.

Die Leistungen der deutschen Schüler in der TIMSS/ II-Untersuchung liegen im breiten internationalen Mittelfeld. Die Resultate im naturwissenschaftlichen Bereich fallen jedoch insgesamt positiver aus als in Mathematik. Die Leistungsheterogenität ist in den naturwissenschaftlichen Fächern in Deutschland im internationalen Vergleich ungewöhnlich groß. Selbst innerhalb der Schulformen ist die Leistungsstreuung in den naturwissenschaftlichen Fächern weitaus größer als in Mathematik. Die relativen Leistungsstärken der deutschen Schüler liegen im Fach Biologie (vgl. BAUMERT et al. 1997).

Die Ergebnisse von TIMSS/ III verdeutlichen, dass die mathematischen und naturwissenschaftlichen Kompetenzen deutscher Schüler bestenfalls im mittleren Grundbildungsniveau liegen. Dies gilt sowohl für die beruflichen Schulen wie auch für die gymnasiale Oberstufe. Auffällig ist auch das hohe Durchschnittsalter (19,5 Jahre) deutscher Absolventen. „In den meisten TIMSS-Teilnehmerstaaten erreichen die Schul- und Ausbildungsabsolventen ein vergleichbares oder höheres mathematisch-naturwissenschaftliches Grundbildungsniveau in jüngerem Alter“ (BAUMERT et al. 2000, S. 154)

Die TIMS-Studie wird – beginnend 1995 – in einem Vier-Jahres-Zyklus durchgeführt. Deutschland beteiligte sich nur am ersten Durchgang der Untersuchung.

⁴⁶ IEA (International Association for the Evaluation of Educational Achievement)

Als Reaktion auf die Ergebnisse der TIMS-Studie richtete die Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung (BLK) 1998 das Qualitätsentwicklungsprogramm SINUS⁴⁷ ein. 180 Modellschulen in 15 Bundesländern (außer Saarland) entwickelten im Zeitraum von 1998 bis 2003 Skripte zur Verbesserung des mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterrichts. Inhaltliche Schwerpunkte wurden von einer Expertengruppe anhand verschiedener Module gesetzt (vgl. DEMUTH 2005, S. 103ff.).

Um die Ergebnisse des SINUS-Programms flächendeckend in alle Schulen zu bringen, haben Bund und Länder am 1. August 2003 ein Transferprogramm zur Umsetzung gestartet („SINUS-Transfer“). An 734 Schulen in 13 Bundesländern (außer Mecklenburg-Vorpommern, Saarland, Sachsen) werden in den nächsten beiden Jahren die Ergebnisse von SINUS vorgestellt, die Unterrichtsformen weiterentwickelt, Anregungen gegeben und weitere Lehrkräfte in die Arbeit mit einbezogen. Mittlerweile ist auch das Projekt SINUS Grundschule gegründet worden, um auch in der Primarstufe den mathematisch-naturwissenschaftlich Zweig zu stärken.

1.3.2 PISA

Die PISA-Studie umfasst eine zyklische, ländervergleichende Erhebung bedeutsamer Kompetenzen von 15jährigen Jugendlichen in den drei Bereichen Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften. PISA ist der bislang größte internationale Schulleistungsvergleich der OECD⁴⁸. Sie wird koordiniert von einem Internationalen Konsortium unter Leitung des ACER⁴⁹. Die Nationale Projektleitung für Deutschland liegt beim Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN) in Kiel. PISA wird sich vorerst über drei Projektzyklen erstrecken. Jeder dieser Zyklen hat seinen eigenen Schwerpunkt: PISA 2000 („Lesen“), PISA 2003 („Mathematik“) und PISA 2006 („Naturwissenschaften“).

Das Anliegen von PISA ist es, Aussagen darüber zu treffen, wie gut die Schüler darauf vorbereitet sind, den Herausforderungen der Zukunft zu begegnen. Es interessiert

⁴⁷ SINUS (Steigerung der Effizienz des mathematisch- naturwissenschaftlichen Unterrichts)

⁴⁸ OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development)

⁴⁹ ACER (Australian Council for Educational Research)

weniger, wie gut sie die schulischen Anforderungen des jeweiligen Bildungssystems meistern.

Im Bereich der naturwissenschaftlichen Kompetenz überprüft PISA – unter Berücksichtigung neuerer Konzepte von „Scientific Literacy⁵⁰“ – die naturwissenschaftliche Grundbildung der Schüler. Zur naturwissenschaftlichen Grundbildung gehören ein Verständnis für grundlegende naturwissenschaftliche Konzepte, wie etwa Energieerhalt, Anpassung oder Zerfall, Vertrautheit mit naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen sowie die Fähigkeit, dieses Konzept- und Prozesswissen vor allem bei der Beurteilung naturwissenschaftlich-technischer Sachverhalte anzuwenden.

PISA 2000

Die PISA-Untersuchung 2000 offenbart, dass die Kenntnisse der deutschen Schüler in den Naturwissenschaften im unteren Mittelfeld der teilnehmenden Staaten liegen. Auffällig ist besonders, dass nur etwa drei Prozent der Schüler ein naturwissenschaftliches Verständnis auf hohem Niveau erreichen. Über ein Viertel der Jugendlichen befindet sich im unteren Bereich einer nominellen Skala zur naturwissenschaftlichen Grundbildung.

Der vom nationalen PISA-Konsortium entwickelte zusätzliche Leistungstest (PISA-E) stellt einen intranationalen Leistungsvergleich dar, bei dem nicht nur die Kompetenzen von 15-Jährigen, sondern auch von Neuntklässlern untersucht werden. PISA-E zeigt „differenziertere Informationen über die Bausteine der naturwissenschaftlichen Kompetenz und damit über Merkmale von Leistungsunterschieden und Ursachen von Leistungsdefiziten“ auf (PRENZEL et al. 2001, S. 209).

⁵⁰ „Naturwissenschaftliche Grundbildung (Scientific Literacy) ist die Fähigkeit naturwissenschaftliches Wissen anzuwenden, naturwissenschaftliche Fragen zu erkennen und aus Belegen Schlussfolgerungen zu ziehen, um Entscheidungen zu verstehen und zu treffen, welche die natürliche Welt und die durch menschliches Handeln an ihr vorgenommenen Veränderungen betreffen“ (OECD 2001, S. 133).

PISA 2003

Der internationale Naturwissenschaftstest 2003 beinhaltet 34 Aufgaben – davon 25 identische Aufgaben aus PISA 2000 – die sich allerdings nicht gleichmäßig auf die drei Fachgebiete Biologie (13 Items), Physik (14 Items) und Chemie (7 Items) verteilen. Begründet wird dieses „Ungleichgewicht“ mit der geringeren Stofffülle des Faches Chemie aufgrund der Tatsache, „dass chemiebezogene Inhalte in vielen Staaten bis zur neunten Jahrgangsstufe seltener unterrichtet werden als Physik- und Biologiethemen“ (PISA-KONSORTIUM DEUTSCHLAND 2004, S. 114).

Betrachtet man das Ergebnis der Studie, so reiht sich Deutschland im Bereich des Durchschnitts der OECD-Staaten ein, allerdings mit einem deutlichen Abstand auf den „Sieger“ Finnland und noch hinter unseren Nachbarstaaten Niederlande, Tschechische Republik, Schweiz und Belgien. Gegenüber dem Testergebnis von PISA 2000 konnten sich die deutschen Schüler allerdings verbessern (um 15 Kompetenzpunkte von 487 Punkten auf 502 Punkte), wobei dies besonders durch einen Kompetenzanstieg der bereits leistungsstarken Schüler zu begründen ist (PISA-KONSORTIUM DEUTSCHLAND 2004, S. 118). Für das bessere Abschneiden 2003 spricht neben gezielten Modellprojekten zur Förderung des naturwissenschaftlichen Unterrichts (vgl. SINUS) auch die Motivation seitens der Schüler und Lehrer, sich besser in der Öffentlichkeit zu positionieren.

Auch im Jahr 2003 entwickelte das PISA-Konsortium eine nationale Erweiterung (PISA-E), mit dem Ziel, die Ergebnisse der Bundesländer miteinander vergleichen und international einordnen zu können. Dazu war eine Vergrößerung der Stichprobenanzahl erforderlich. Die Veröffentlichung des Berichts war zum 15. September 2005 geplant, wurde aber aufgrund der vorgezogenen Bundestagswahl vorverlegt. Dieses unterstreicht noch einmal die mittlerweile politische Brisanz und Bedeutung solcher Vergleichsstudien in Deutschland und zeigt die hochaktuelle Bedeutung des Themas „Bildung“.

Die Ergebnisse verdeutlichen, dass der Kompetenzdurchschnitt der deutschen Schüler gegenüber dem Jahr 2000 insgesamt signifikant angestiegen ist. Während sich die Mittelwerte für die naturwissenschaftliche Kompetenz international von 405 Punkte (Mexiko) bis 548 Punkte (Finnland) erstrecken, reicht das Leistungsspektrum der Länder in Deutschland von 477 Punkte (Bremen) bis 530 Punkte (Bayern). Bei PISA 2000 bestand die größte Leistungsdifferenz ebenfalls zwischen den Bundesländern

Bremen (461 Punkte) und Bayern (508 Punkte). Im Bereich der naturwissenschaftlichen Kompetenz können drei Länder oberhalb des OECD-Durchschnitts eingeordnet werden: Bayern (530 Punkte), Sachsen (522 Punkte) und Baden-Württemberg (513 Punkte). Unter dem OECD-Durchschnitt liegen die Länder Nordrhein-Westfalen (489 Punkte), Hamburg (487 Punkte), Brandenburg (486 Punkte) und Bremen (477 Punkte). Nach wie vor besteht allerdings eine gewaltige Leistungsstreuung zwischen den Schülern in Bezug auf ihre naturwissenschaftliche Kompetenz. Besonders die Länder Berlin, Nordrhein-Westfalen und Hamburg zeigen in dieser Statistik bedenkliche Werte (vgl. PRENZEL et al. 2005).

Als Fazit zu den PISA-Untersuchungen kristallisiert sich heraus, dass es an naturwissenschaftlichen Basiskompetenzen in der Breite der Schüler mangelt. Besonders dem unteren Leistungsbereich – der so genannten „Risikogruppe“ – muss mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden.

1.3.3 IGLU/PIRLS

Mit IGLU/PIRLS wurde 2001 international vergleichend das Leseverständnis von Schülern der vierten Jahrgangsstufe getestet. In Deutschland nahmen alle Bundesländer an dieser Studie teil. Im Rahmen von IGLU wurde zudem mit Hilfe von Fragebögen an Eltern, Lehrer, Schulleiter und Kinder ein breites Spektrum von Zusatzinformationen erhoben. International verantwortlich für PIRLS war – wie bei TIMSS – die IEA; national wurde die Studie unter dem Namen IGLU je zur Hälfte vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie (BMBF) und der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder (KMK) durchgeführt und gefördert.

Die IGLU-Ergebnisse zeigen, dass deutsche Kinder am Ende ihrer Grundschulzeit im Leseverständnis ein Kompetenzniveau erreichen, welches im internationalen Vergleich im oberen Leistungsdrittel anzusiedeln ist. Darüber hinaus wurde eine homogene Leseleistung der Viertklässler in Deutschland festgestellt und auch die Unterschiede in der Lesekompetenz zwischen Jungen und Mädchen sind deutlich geringer ausgeprägt als in den meisten Teilnehmerstaaten (vgl. BOS et al. 2003).

IGLU/ E

In Deutschland wurde an einem zweiten Testtag die Untersuchung zum Leseverständnis um Mathematik, Naturwissenschaften, Orthographie und Aufsatz erweitert. An dieser Zusatzstudie nahmen nur 12 Bundesländer teil. Die Federführung für die Administration von IGLU-E wurde vom Land Schleswig-Holstein übernommen. Mit den Ergebnissen der IGLU-Erweiterung liegt für Deutschland der erste umfassende Überblick über den Stand naturwissenschaftlicher Kompetenzen am Ende der Grundschulzeit vor.

Insgesamt wurden im Rahmen der Untersuchung 49 Aufgaben eingesetzt und somit ein breites naturwissenschaftliches Spektrum erfasst. Mit der Verwendung von 24 Aufgaben aus der TIMSS-Erhebung konnten die Leistungen deutscher Schüler nachträglich in die internationale TIMSS-Untersuchung zur Primarstufe (Population I, 1995) – an der Deutschland sich nicht beteiligte – eingeordnet werden. Anhand dieser Verknüpfung kann für die deutschen Schüler der Primarstufe ein Kennwert auf der internationalen TIMSS-Skala für die Naturwissenschaften errechnet werden (560 Punkte), welcher auf eine naturwissenschaftliche Kompetenz deutscher Schüler hindeutet, die deutlich über dem internationalen Mittelwert (524 Punkte) für Schüler der vierten Jahrgangsstufe liegt. Die Leistung der internationalen Spitzengruppe um Korea (597 Punkte) unterscheidet sich dennoch signifikant vom deutschen Mittelwert.

Zu beachten ist bei diesem rekonstruierten Kennwert für Deutschland allerdings, dass sich vier Bundesländer (Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen und Sachsen-Anhalt) nicht an der IGLU-Erweiterung beteiligt haben. Auch der große Zeitabstand zwischen den Untersuchungen von TIMSS (1995) und IGLU (2001) muss berücksichtigt werden. So ist nicht auszuschließen, dass zahlreiche Länder in den vergangenen sechs Jahren die Leistungsfähigkeit im Bereich der Naturwissenschaften weiterentwickeln konnten und bei einem Test im Jahr 2001 besser abgeschnitten hätten als beim Testzeitpunkt 1995.

Die Ergebnisse der einzelnen Bundesländer, die sich an IGLU-E beteiligten, weichen mit Ausnahme von Bremen (526 Punkte) statistisch nicht signifikant vom Mittelwert für Deutschland (560 Punkte) ab. Allerdings ist der Anteil an Schülern, die in ihren naturwissenschaftlichen Fähigkeiten nicht über die erste Kompetenzstufe hinauskommen (“einfache Wissensreproduktion“), in allen Bundesländern relativ groß,

besonders jedoch in Nordrhein-Westfalen und vor allem in Bremen. Der gute Durchschnittswert kommt daher aufgrund weniger sehr leistungsstarker Schüler zustande!

Wie die Befunde aus IGLU-E verdeutlichen, stehen deutsche Schüler am Ende der Grundschulzeit den Naturwissenschaften insgesamt aufgeschlossen und interessiert gegenüber. Sie sind in der Lage, naturwissenschaftliche Sachverhalte zu begreifen und naturwissenschaftlich zu denken. Für eine weitere Beschäftigung mit naturwissenschaftlichen Fragestellungen liegen am Ende der Grundschulzeit in allen Bundesländern günstige motivationale Voraussetzungen vor. Das erkennbar gute naturwissenschaftliche Potential wird bisher allerdings noch viel zuwenig genutzt und weiter geführt (vgl. BOS et al. 2003).

Die Auswertungen zu IGLU-E liefern allerdings nur bedingt Informationen über die Qualität des Sachunterrichts. Es wurde zwar ein breites naturwissenschaftliches Wissen abgefragt, jedoch sind nach Einschätzung von Lehrplanexperten große Anteile der Test-Items nicht lehrplanrelevant (vgl. BOS et al. 2004).

1.3.4 VERA

Das Projekt VERA (Vergleichsarbeiten in der Grundschule) ist ein Gemeinschaftsunternehmung von sieben Bundesländern (Berlin, Brandenburg, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern, Nordrhein-Westfalen, Rheinland-Pfalz, Schleswig-Holstein). In jährlichem Turnus werden kurz nach Beginn der 4. Klassenstufe in allen Grundschulklassen in den Fächern Mathematik und Deutsch Vergleichsarbeiten geschrieben. Durchgeführt wird das Projekt VERA von der Projektgruppe Empirische Bildungsforschung an der Universität in Landau in enger Zusammenarbeit mit den auftraggebenden Ministerien.

Anders als beispielsweise TIMSS, PISA oder IGLU ist VERA kein bloßes "System Monitoring" (dazu würde eine Stichprobe genügen), sondern umfasst neben der Bestandsaufnahme ausdrücklich auch die Schul- und Unterrichtsentwicklung.

Die Schulstudie hat bei Grundschulern – konträr zu den IGLU-Ergebnissen – vor allem Mängel in der Lesefähigkeit offenbart. Im Durchschnitt erreichen 40 Prozent der Schüler bei der Lesekompetenz und beim Sachrechnen ein Niveau, das höchstens das Beherrschen elementarer Aufgaben umfasst. In den Bereichen Arithmetik und

Rechtschreiben fielen die Ergebnisse deutlich positiver aus (vgl. HELMKE & HOSENFELD 2004).

Die Resultate der Studie bieten fachdidaktische und pädagogische Impulse für die Unterrichtsgestaltung und die Lehrerprofessionalisierung. Zusätzlich erhalten die Eltern Informationen zum Leistungsstand und zum Fähigkeitsprofil ihres Kindes. Die Auswertungen fließen in die Umsetzung der neuen Rahmenpläne und Bildungsstandards für die Grundschule ein.

1.3.5 Zusammenfassung

Die vorgestellten nationalen und internationalen Vergleichsstudien stellen keine Schulleistungsolympiaden dar, dazu müsste die gesamte Komplexität von Kompetenzen in den Tests viel umfangreicher berücksichtigt werden. Dennoch wird deutlich, dass Deutschland – als eine exportorientierte Industrienation – hinsichtlich des Bildungsniveaus im so wichtigen naturwissenschaftlichen Bereich eher im internationalen Durchschnitt liegt.

Die mangelnden Kenntnisse, besonders in den so genannten „harten“ Naturwissenschaften Chemie und Physik haben sicherlich sehr viele Ursachen, die nicht nur in der Schule, sondern auch in unserer Gesellschaft zu suchen sind. Doch einiges an der Art, wie diese beiden Fächer an deutschen Schulen vermittelt werden, scheint nicht zeitgemäß und altersgerecht zu sein. Da wundert es nicht, dass deutsche Schüler den Chemie- und Physikunterricht in der Regel langweilig, unverständlich und nutzlos finden. Die Vermittlung im Unterricht ist zumeist sehr systematisch und häufig zu theoretisch. Der Bezug zum Alltag und zur Lebenswelt kommt oft zu kurz.

Insgesamt weisen die Ergebnisse der Vergleichsstudien daraufhin, dass eine frühzeitigere Hinführung an Naturphänomene und damit das „Wecken“ von Interesse und Motivation bereits im Vorschul- bzw. Grundschulalter – besonders in Bezug auf eine Verringerung der großen Leistungsunterschiede – von enormer Bedeutung wäre.

2 Auswahl der Module zur unbelebten Natur für den Anfangsunterricht

Die Analysen der deutschen Lehrpläne wie auch die Auswertung der Klassenbücher für den Sachunterricht des Anfangsunterrichts (vgl. *Kap. 1*) verdeutlichen, dass ein dringender Bedarf besteht, Phänomene der unbelebten Natur in einfachen Experimenten und mit altersgerechten Deutungen aufzuarbeiten.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit haben wir verschiedene Experimentiereinheiten mit chemischen und physikalischen Inhalten für die erste und zweite Klasse der Grundschule entwickelt. Die konzipierten Experimente wurden übergeordneten Modulthemen zugeteilt, so dass jedes Schwerpunktthema („Modul“) mehrere Experimente beinhaltet. Die jeweiligen Module stellen einen Umfang von einer bis zu zwei Unterrichtsstunden dar.

Zur Entwicklung von Unterrichtsmodulen haben wir – unter Berücksichtigung kognitiver, lern- und entwicklungspsychologischer Voraussetzungen der Kinder – bereits bekannte Schulexperimente kindgerecht optimiert, dazu passende Unterrichtseinheiten entwickelt und mit entsprechenden naturwissenschaftlichen Deutungen für Grundschüler versehen⁵¹. Zusätzlich wurden ab dem zweiten Modul Arbeitsblätter zur Vertiefung und Aufarbeitung der Experimente eingesetzt. Die Grundlage für die Auswahl der Experimente bildeten Schulbücher, Experimentierbücher, Internetseiten, etc. Ziel der Module ist unter anderem, dass die Schüler mit Hilfe der Experimente erkennen: In der unbelebten Natur passieren unter bestimmten Bedingungen immer die gleichen Dinge. Das Begreifen dieses so wichtigen Grundgesetzes der Natur, stellt eine Basiskompetenz dar, auf die der nachfolgende naturwissenschaftliche Unterricht aufbaut.

⁵¹ Unter einer Optimierung bereits existierender Experimente hinsichtlich eines Einsatzes in der Grundschule verstehen wir in erster Linie eine didaktische Reduktion der oftmals recht komplizierten chemischen Inhalte. Die "Didaktische Reduktion" oder „Elementarisierung“ für eine bestimmte Lerngruppe wird definiert als eine Rückführung komplexer Sachverhalte auf ihre wesentlichen Elemente, um Überschaubarkeit und Begreifbarkeit für den Lernenden zu erreichen (vgl. RÖSLER & SCHMID-KUNZ 1996, S. 4). Absolute Richtpunkte der didaktischen Reduktion sind die Berücksichtigung der kognitiven Struktur der Schüler, die sachliche Zulässigkeit der vorgenommenen Reduktion und deren fachliche Ausbaufähigkeit. Elemente der didaktischen Reduktion sind beispielsweise: Bilder und Metaphern, Anthropomorphismen, Modellexperimente, Simulationen, etc. (vgl. Pfeifer et al. 2002, S. 181 ff.).

2.1 Rahmenbedingungen für die Durchführung von Experimenten zur unbelebten Natur im Anfangsunterricht

Mittlerweile existieren zahlreiche Medien (Experimentierbücher, Zeitschriften, Internetseiten) mit Vorschlägen zu chemischen und physikalischen Experimenten für Kinder im Grundschulalter. Leider stößt man dabei immer wieder auf nicht altersgemäße Experimente, die für Kinder dieses Alters entweder zu gefährlich sind, zu hohe kognitive Anforderungen stellen oder die sich aufgrund schlecht erhältlicher Materialien einfach als nicht durchführbar erweisen. Welche Rahmenbedingungen sollten Experimente für den Einsatz im Schulunterricht der Primarstufe erfüllen?

LÜCK hat im Zuge ihrer Forschungsarbeiten im Elementarbereich bereits Kriterien für Experimente im Vorschulalter entwickelt, die sich in der Elementarpädagogik bewährt haben. Aufgrund der Altersnähe zwischen Vor- und Grundschulkindern sind diese Kriterien in ihren Kerngedanken auch auf den Schulunterricht der ersten und zweiten Klasse zu übertragen und werden daher nachfolgend – in etwas modifizierter Form – nur kurz vorgestellt (vgl. LÜCK 2000, S. 129ff.):

- *Versuchsdurchführung: Völlig ungefährlich und sicher auch bei größerer Gruppe*
Das wichtigste Kriterium bei der Durchführung von Experimenten im Grundschulunterricht ist die Einhaltung der Sicherheitsaspekte. Diese beziehen sich sowohl auf die Materialien (Chemikalien und Geräte), als auch auf die geplante Durchführung der jeweiligen Experimente durch die Schüler. Dazu muss im Unterricht auch die Größe der Klasse – und damit die Einhaltung der Aufsichtspflicht – berücksichtigt werden.
- *Materialien: Müssen für Lehrer leicht erhältlich sein*
Die Experimente müssen so ausgewählt sein, dass weder eine Chemikaliensammlung noch eine spezielle Laborausstattung für die Grundschule erforderlich ist. Erst wenn alle Materialien für die Lehrer leicht erhältlich sind, ist gewährleistet, dass auch wirklich im Unterricht experimentiert wird. Einmalige außerschulische Aktionen (zum Beispiel ein Klassenausflug zu Universitäten, Science Centern und in Mitmachlabore, etc.) sind zwar motivationsfördernd, sorgen aber nicht immer für die gewünschte und so notwendige Kontinuität chemischer Experimente im Schulunterricht.

- *Durchführung: Selbständiges Experimentieren fördern*

Die Experimente sollten selbständiges Arbeiten fördern. Für die Unterrichtspraxis bedeutet dies, dass möglichst alle Schüler aktiv beteiligt sind. Als geeignet erscheint die Bildung von Kleingruppen von bis zu vier Schülern. Hierdurch werden auch soziale Komponenten wie Teamfähigkeit etc. gefördert.

- *Deutung: Altersgerecht und einfach vermittelbar*

Zum naturwissenschaftlich ausgelegten Unterricht gehört uneingeschränkt auch die Deutung der eingesetzten Experimente. Dazu müssen die lern- und entwicklungspsychologischen Fähigkeiten der Zielgruppe berücksichtigt werden. So haben die Schüler der Primarstufe noch keine Vorstellungen zum detaillierten Aufbau der Atome, zu der Zusammensetzung und Bedeutung von Formeln, etc.. Trotzdem lassen sich viele Experimente kindgerecht erklären. Beispielsweise sind erste Einblicke in das Teilchenmodell – für viele Chemiker die Grundvoraussetzung, um überhaupt chemische Experimente verstehen zu können – mit Hilfe animistischer Erklärungsweisen bzw. Darstellungen möglich (vgl. LÜCK 2003, S. 77ff.; PÜTTSCHEIDER 2005).

- *Alltagsbezug*

Materialien aus dem Alltag eignen sich besonders gut zum Experimentieren: Sie sind leicht erhältlich, kostengünstig, entsprechen zumeist den Sicherheitsaspekten und garantieren im Falle der Wiedererkennung eine verstärkte Eindruckstiefe⁵².

⁵² Auch im klassischen Chemieunterricht rückt der Alltagsbezug immer mehr in den Vordergrund: „Chemie im Kontext“ stellt ein relativ neues Curriculum für den Chemieunterricht dar, das – angelehnt an das „Salters Advanced Chemistry Project“ aus England – von den Universitäten Kiel (IPN), Dortmund, Saarbrücken und Oldenburg entwickelt wird. Die Unterrichtsinhalte von „Chemie im Kontext“ sind lebensweltliche Themen, die für die Schüler eine Relevanz aufweisen und anhand derer sich chemische Fachkenntnisse erarbeiten lassen. Bisher ausgearbeitete und erprobte Kontexte stammen z.B. aus dem Gebiet der Lebensmittelchemie, der Herstellung von „Kunststoffen nach Maß“ oder greifen die Frage "Mit dem Wasserstoffauto in die Zukunft?" auf (vgl. u.a. PARCHMANN & RALLE 1998, S. 4ff.).

- *Anwendung: Außerschulische Wiederholbarkeit gewährleisten*

Aus der Lern- und Gedächtnispsychologie weiß man, dass Erinnern und Wiedererkennen die zwei wichtigsten Messkriterien des Gedächtnisses sind (vgl. KRECH & CRUTCHFIELD et al. 1992, S. 75). Daher stellt neben dem Kriterium des Alltagsbezugs der Materialien bzw. des vorgestellten Phänomens („Wiedererkennen“; siehe oben), die Möglichkeit zur außerschulischen Wiederholbarkeit des neu Gelernten („Erinnern“) einen wichtigen Schritt in Bezug auf die Speicherung der neuen Information („Retention“) und die damit verbundene verbesserte Erinnerungsfähigkeit an das Experiment und die naturwissenschaftliche Deutung dar.

- *Moduleinheiten: In den Sachunterricht integrierbar*

Der Sachunterricht stellt inhaltlich ein Fächerkonglomerat dar (vgl. *Kap. 1*): Eine Kopplung der vielen Teilgebiete ist in der Unterrichtspraxis häufig schwierig. Daher erscheint es sowohl aus organisatorischen, wie auch aus lernpsychologischen Gründen – im Sinne einer Vernetzung der Unterrichtsinhalte – vorteilhaft, wenn die Module zur unbelebten Natur im Sachunterricht thematisch mit anderen Bereichen – wie zum Beispiel biologischen oder technischen Themen – verknüpfbar sind.

Auf der Grundlage der oben genannten Kriterien galt es, Unterrichtseinheiten für den Anfangsunterricht zu entwickeln, die jeweils einem Schwerpunktthema („Modul“) zugeordnet werden können. Als geeignete Themen – um sinnvoll auf die ersten experimentellen Erfahrungen aus dem Elementarbereich aufbauen zu können – erscheinen uns Module zu den Unterrichtsinhalten:

- Luft und Gase
- Mischen, Löslichkeit und Trennen
- einfache Analyse- und Nachweisreaktionen
- Metalle

2.2 Darstellung der Module

Nachfolgend werden die einzelnen Module vorgestellt. Zu Beginn jeder Modulbeschreibung erfolgt eine Legitimation des Themas für den Anfangsunterricht der Grundschule. Daran schließt sich eine Übersicht über die ausgewählten Experimente an und in Form eines kurzen Exkurses werden die chemischen Grundlagen des Moduls vertieft dargestellt. Zuletzt wird die Durchführung der Versuche beschrieben und die entsprechenden naturwissenschaftlichen Deutungen für Grundschüler aufgezeigt. Einige zusätzliche Informationen (weitere Beschreibungen zu Experimenten, Materialien, etc.) sind im Anhang zum vorliegenden Kapitel enthalten.

2.2.1 Modul „Luft und Gase“

Das Thema „Luft und Gase“ eignet sich für den Anfangsunterricht der Primarstufe besonders gut, um mit Grundschulern einen Einstieg in den Bereich der unbelebten Natur zu finden. Die Thematik ist direkt aus der Lebenswelt der Kinder herausgegriffen, wurde häufig bereits im Kindergarten eingeführt⁵³ und die Anforderungen an die Unterrichtseinheit lassen sich so gestalten, dass Kinder durch die Einfachheit und Übersichtlichkeit der Versuche in Bezug auf Aufbau und Durchführung die Möglichkeit erhalten, erste praktische Erfahrungen mit Experimenten zur unbelebten Natur zu machen.

Das bekannteste Gasgemisch ist Luft – unsichtbar und doch allgegenwärtig. Wie Studien zeigen, ist es gerade der Gasbegriff, der für Kinder schwer zu erfassen ist. Zwar ist die Existenz von Luft bereits vielen Kindern im Vorschulalter bekannt, beispielsweise im Zusammenhang mit der Atmung oder durch das Spielen im Freien an der „frischen Luft“ (vgl. LÜCK 2000, S. 125), dennoch glauben viele Schulanfänger, dass Luft nur bei Wind existiert (vgl. WAGENSCHNEIDER et al. 1973, S. 25ff.). CAREY hat, im Rahmen einer Untersuchung, Kindern verschiedene Materialien zur Einschätzung vorgelegt. Die Kinder sollten beurteilen, ob diese Materialien materiell oder immateriell sind. Nur etwa 20 Prozent der Vierjährigen, 25 Prozent der Sechsjährigen, und 30 Prozent der Zehnjährigen deuteten Luft, Dampf und Rauch als materiell (vgl. CAREY 1991, S. 278). Weiter stellte CAREY fest, dass praktisch alle Schulanfänger Luft als eine nicht-raumbeanspruchende Substanz ansehen (vgl. CAREY 1991, S. 282).

Bei Schülern im Anfangsunterricht hat sich noch nicht manifestiert, dass Luft nicht einfach „nichts“ ist. Dabei ist genau dieser Faktor für die Bildung des Gasbegriffes von entscheidender Bedeutung. Schüler beschreiben Gase als eine Art Luft. Sie entwickeln ihre eigene Definition zu Luft bzw. Gasgemischen aus „Alltagsweisheiten“ zusammen. Besonders deutlich wird dies in der Verbindung mit dem Auto: „Gas geben“ und die oft

⁵³ Das Thema „Luft und Gase“ ist ein zentraler Bestandteil vieler Bildungspläne für den Elementarbereich (vgl. *Kap. 1*), beispielsweise „Wahrnehmen von [...] Gasen“ bzw. „Beobachten von: [...] Aggregatzustände (fest, flüssig, gasförmig)“ (Orientierungsplan Baden-Württemberg 2005, S. 23); „Eigenschaften von Luft erkunden: Begriff Gas, Luft hat Kraft, [...]“ (Rahmenplan Mecklenburg-Vorpommern 2004, S. 42) oder „Umgang mit den Elementen Erde, Luft, Wasser und (nicht in der Eigenregie der Kinder) Feuer“ (Bildungsvereinbarung Nordrhein-Westfalen 2003, S. 21).

eindrucksvollen Qualmwolken aus den Auspuffrohren der Fahrzeuge führen zu einer Verknüpfung (vgl. TROSKA 2003, S. 49).

Durchführung im Schulunterricht

Bei der Behandlung des Themas „Luft und Gase“ im Sachunterricht ist es das Ziel, einen Perspektivwechsel bei den Schülern zu bewirken. Dieser soll die Schüler in die Lage versetzen, bisher „Unsichtbares“ oder Unerklärliches besser erschließen zu können. Die Wahl der Experimente steht in einem aufbauenden Sinnzusammenhang. Von der allgemeinen Vorstellung, dass Luft nicht einfach „Nichts“ ist, da sie nicht greifbar oder sichtbar ist, wird eine naturwissenschaftliche Grundvorstellung entwickelt, mit dem Ziel, einen Zugang zum Gasbegriff zu schaffen.

Dazu soll im Unterrichtsverlauf Luft als ein Stoff aufgefasst werden, der physisch vorhanden ist und verschiedene Eigenschaften besitzt. Die bei den Schülern bereits vorhandenen Kenntnisse über flüssige und feste Stoffe werden um einen weiteren – meist noch unbekannt – Aggregatzustand erweitert: Sie erfahren, dass Stoffe auch gasförmig sein können. Darüber hinaus wird die Existenz weiterer Gase erarbeitet. Der chronologische Ablauf der Experimente sollte diesem Lernprozess entsprechen; daher ergibt sich zunächst eine logische Abfolge von bestimmten Experimenten, die schließlich Rückschlüsse zueinander ermöglichen sollen.

Bei der Auswahl der Experimente haben wir uns an LÜCKs Versuchsreihen zum Thema „Luft und Gase“ für Kindertageseinrichtungen orientiert (vgl. LÜCK 2003, S. 108ff.) und diese zum Teil leicht modifiziert. Auch auf die Gefahr hin, dass einige Schüler bereits diese Experimente im Kindergarten durchgeführt haben, erscheinen sie uns zum Einstieg in die Thematik „unbelebte Natur“ im Sachunterricht als am besten geeignet. Unser Ziel war es nicht, Experimente aus dem Elementarbereich in der Grundschule zu wiederholen, sondern darauf aufzubauen. Daher wurden zusätzlich noch einige andere Experimente ausgewählt und altersgerecht angepasst.

Auswahl und Bearbeitung der Experimente

Tab. 5: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Luft und Gase"

Einstieg	„Fest, flüssig, gasförmig“
Experiment 1	„Luftblasen“
Experiment 2	„Unter Wasser Gas umfüllen“
Experiment 3	„Gummibärchen tauchen“
Experiment 4	„Kerze löschen“
Experiment 5	„Feuerlöscher“
Experiment 6	„Gas wiegen“
Experiment 7	„Atemluft“
Experiment 8	„Brausepulver-Rakete“ (<i>Demonstrationsexperiment</i>)

Chemischer Hintergrund

Die wohl bekannteste physikalische Eigenschaft eines Stoffes ist sein Aggregatzustand. Dieser gibt an, ob die betreffende Substanz bei einer gegebenen Temperatur (und gegebenem Druck) fest, flüssig oder gasförmig vorliegt.

Der idealisierte gasförmige Aggregatzustand („ideales Gas“) zeichnet sich durch eine vollkommen freie Beweglichkeit der einzelnen Atome und/ oder Moleküle entsprechend der kinetischen Gastheorie aus. Infolgedessen besitzen Gase kein festgelegtes Volumen, sondern füllen immer den gesamten zur Verfügung stehenden Raum vollständig und gleichmäßig aus. Der Grund dafür liegt in dem Bestreben, dass das Gesamtsystem den Zustand höchster Entropie anstrebt (zweiter Hauptsatz der Thermodynamik). Da zwischen den Molekülen eines Gases relativ große Zwischenräume entstehen, können sich die Moleküle eines zweiten Gases leicht dazwischen schieben. Dadurch lassen sich zwei (oder mehrere) beliebige Gase in jedem Verhältnis völlig homogen mischen.

Luft ist das bekannteste Gasgemisch der Erdatmosphäre. Bei Normalbedingungen ist Luft gasförmig, farblos und geruchlos. Seine Zusammensetzung ist abhängig von der Höhenlage und in geringerem Maße auch von der Ortslage. Trockene Luft auf

Meereshöhe setzt sich zum größten Teil aus den Elementen Stickstoff (78,08 Vol.-%), Sauerstoff (20,95 Vol.-%) und Argon (0,93 Vol.-%) zusammen. Weitere Bestandteile sind in geringeren Konzentrationen u.a. Kohlenstoffdioxid, Neon, Helium, etc. Da die Umgebungsluft nicht komplett trocken ist, enthält sie zusätzlich – je nach vorherrschenden Bedingungen – wechselnde Mengen an Wasserdampf (Luftfeuchtigkeit) (vgl. z.B. MORTIMER 1996, S. 143ff.; ATKINS & BERAN 1998, S.8; ERNST & WEHSER 2004, S. 57).

Einstieg: „Fest, flüssig, gasförmig“

Benötigte Materialien:

- drei Becher
- Stein
- Wasser

Zum Einstieg in das Modul „Luft und Gase“ erfolgt eine erste Annäherung an den Bereich „Aggregatzustände“. Dazu werden drei durchsichtige Becher auf den Tisch gestellt. Ein Becher enthält einen Stein, ein zweiter Becher ist mit Wasser gefüllt. Der dritte Becher bleibt „leer“, ist also mit Luft gefüllt. Die Schüler sollen den jeweiligen Becherinhalt benennen und seine Eigenschaften vorstellen. Mit dem „Luft-Becher“ werden dann die nachfolgenden Experimente durchgeführt. Die genaue Benennung der Aggregatzustände erfolgt erst nach dem Experiment 3 („Gummibärchen tauchen“). Dann wird erneut auf die drei Becher Bezug genommen und anhand der jeweiligen Becherinhalte werden die Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig eingeführt.

Die Experimente 1 bis 4 sind der Experimentierreihe von LÜCK entnommen (vgl. LÜCK 2003, S. 108ff.) und werden daher nachfolgend nur kurz beschrieben.

Experiment 1: „Luftblasen“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- durchsichtiges Wasserbecken (z.B. Salatschale)
- Serviette
- Becher

Das Becken wird mit Wasser gefüllt. In dem Becher wird eine Serviette so „verkeilt“, dass sie bei nach unten zeigender Becheröffnung nicht herausfällt. Dieser Becher wird nun von den Schülern – mit der Öffnung zum Beckenboden zeigend – in das Wasserbecken getaucht und anschließend wieder entnommen. Die Serviette wird aus dem Becher herausgeholt und auf ihre Trockenheit hin überprüft.

Danach wird analog zum ersten Teil des Versuchs der Becher – dieses Mal allerdings ohne „Inhalt“ – in das Becken getaucht und unter Wasser schräg gehalten, so dass Luftblasen entweichen und nach oben steigen können.

Experiment 2: „Unter Wasser Gas umfüllen“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- durchsichtiges Wasserbecken (z.B. Salatschale)
- zwei Becher

Ein Becher wird in ein mit Wasser gefülltes Becken getaucht und mit Wasser gefüllt. Anschließend wird er senkrecht – mit der Öffnung zum Beckenboden zeigend – aus dem Wasserbecken hinausgezogen, so dass sich die Becherunterseite etwa zehn Zentimeter unter der Wasseroberfläche im Wasser befindet. Ein zweiter Becher wird wie in Experiment 1 beschrieben senkrecht in das Becken getaucht. Dieser „nur“ mit Luft gefüllte Becher wird von den Schülern so gekippt, dass die aufsteigenden Luftblasen von dem mit Wasser gefüllten Becher aufgefangen werden.

Experiment 3: „Gummibärchen tauchen“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- durchsichtiges Wasserbecken (z.B. Salatschale)
- Becher
- Aluminiumgehäuse eines Teelichts
- zwei Gummibärchen
- Watte

Das Becken wird mit Wasser gefüllt. Das Aluminiumgehäuse eines Teelichts wird mit wenig Watte ausgekleidet und anschließend werden zwei Gummibärchen in das „Boot“ gesetzt. Nun lässt man das Boot auf dem Wasserbecken schwimmen. Die Schüler stülpen einen Becher über das „Boot“ und drücken es vorsichtig in Richtung Beckengrund⁵⁴.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder (Experimente 1 bis 3)

Luft ist materiell, also „physisch“ vorhanden und nimmt, wie jeder andere Gegenstand auch, Raum ein. Wenn die Luft nicht vertrieben werden kann, dann kann auch keine andere Materie diesen Raum besetzen. Wenn Luft aber entweicht (Experiment 1), kann zum Beispiel Wasser diesen Raum einnehmen (Experiment 2). Wird der Becher allerdings senkrecht in das Becken getaucht, so entweicht keine Luft, und das Boot mit den Gummibärchen bleibt geschützt in einer Lufthöhle liegen (Experiment 3).

Experiment 4: „Kerze löschen“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- zwei Teelichter
- Zündhölzer
- Gläser mit unterschiedlichen Volumina

⁵⁴ Das Experiment 4 eignet sich hervorragend, um die Aufgabenstellung in Form einer Geschichte zu präsentieren: „Die Gummibärchen haben den Wunsch zu tauchen ...“. (vgl. LÜCK 2003, S. 112).

Vor Beginn dieses Experiments wird mit den Schülern gemeinsam thematisiert, auf welche Art und Weise das Löschen einer Kerze möglich ist. Zunächst wird dann ein Teelicht entzündet. Im Anschluss wird ein Glas – mit der Öffnung zum Untersetzer zeigend – auf das Teelicht gestellt, so dass ein „abgeschlossener“ Raum entsteht. Die Schüler beobachten die Kerzenflamme und diskutieren über das Ergebnis. Anschließend werden den Schülern Gläser mit unterschiedlichen Volumina und zwei Teelichter zur Verfügung gestellt. Die ungleich großen Gläser werden gleichzeitig über die brennenden Teelichter „gestülpt“ und in einer Art „Wettrennen“ wird die Brenndauer der jeweiligen Teelichter ermittelt.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

Mit Hilfe dieses Experiments wird den Schülern veranschaulicht, dass Luft nicht nur „physisch“ vorhanden ist, sondern auch verschiedene und sehr bedeutende Eigenschaften besitzt. So ist Sauerstoff – als ein Bestandteil der Luft – nicht nur notwendig, um eine Kerzenflamme am Brennen zu halten, sondern er ist generell für das Leben auf der Erde unersetzlich.

Experiment 5: „Feuerlöscher“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- Backpulver
- Essig
- Teelöffel
- Strohalm
- Flasche mit durchbohrtem Deckel
- Teelichter
- Kleine Schale
- Streichhölzer/ Feuerzeug

Die ersten vier Experimente behandelten das Thema Luft als Gas bzw. Gasmisch. Mit den folgenden Experimenten wird nun veranschaulicht, dass es noch andere Gase bzw. Gasmische als Luft gibt. Den Einstieg dazu bildet das Experiment „Feuerlöscher“.

Zur Vorbereitung auf das Experiment bastelten wir einige „Feuerlöscher“. Dazu durchbohrten wir die Deckel ausgewählter PET-Flaschen (zum Beispiel von granini® 0,4l) und steckten jeweils einen Strohhalm durch das Loch, so dass sich etwa die Hälfte des Halmes innerhalb und die andere Hälfte außerhalb der Flasche befindet.

Ein Teelicht wird in eine kleine Schale gestellt und angezündet. Anschließend geben die Schüler einen Löffel Backpulver in die geöffnete Flasche und gießen etwas Essig dazu. Dann wird die Flasche mit der Konstruktion aus Deckel und Strohhalm verschlossen und das Strohhalmende in Richtung des brennenden Teelichts gehalten (etwa mit fünf bis zehn Zentimeter Abstand).

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

Der Essig reagiert mit dem Natriumhydrogencarbonat des Backpulvers. Bei dieser Reaktion entsteht Kohlenstoffdioxid (CO₂). Kohlenstoffdioxid ist ebenfalls ein Gas, jedoch schwerer als Luft und sinkt daher nach unten in Richtung Kerzenflamme. Die Flamme erlischt, da Kohlenstoffdioxid den zum Brennen der Kerzenflamme notwendigen Sauerstoff verdrängt und die Flamme somit vom Sauerstoff abschirmt.

Experiment 6: „Gas wiegen“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- zwei unterschiedlich farbige Luftballons
- Backpulver
- Essig
- Trichter
- Löffel
- Flasche

Zur Vertiefung des Experiments 5 und zur Verdeutlichung des unterschiedlichen „Gewichts“ verschiedener Gase eignet sich folgendes Experiment.

Die Schüler füllen mit Hilfe eines Trichters Backpulver in einen Luftballon. Anschließend geben sie etwas Essig in eine Flasche und verschließen die Flaschenöffnung, indem sie den gefüllten Luftballon über den Flaschenkopf ziehen. Der

Luftballon wird dann so in die Senkrechte gehoben, dass das Backpulver in die Flasche fällt, wodurch eine Reaktion zwischen Essig und Backpulver ausgelöst wird, durch die Kohlenstoffdioxid entsteht. Der Luftballon dehnt sich daraufhin aus und wird von den Kindern durch einen Knoten verschlossen. Der zweite Luftballon wird von den Schülern mit dem Mund aufgeblasen („Atemluft“), so dass er in etwa das gleiche Volumen wie der „Kohlenstoffdioxid-Ballon“ enthält. Zwei Schüler steigen nun auf einen Stuhl, lassen gleichzeitig – aus derselben Höhe – beide Luftballons los und beobachten, welcher Ballon zuerst den Boden erreicht.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

In dem ersten Luftballon befindet sich das Gas Kohlenstoffdioxid, welches durch die Reaktion zwischen Essig und Backpulver entsteht und für das „chemische“ Aufpusten des Ballons sorgt. Der zweite Luftballon ist mit Atemluft gefüllt. Kohlenstoffdioxid besitzt eine deutlich höhere Dichte – ist also in Relation „schwerer“ – als Atemluft und daher sinkt der CO₂-Luftballon schneller zu Boden als der mit Atemluft gefüllte Ballon⁵⁵.

Experiment 7: „Atemluft“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- neutralisierte Bromthymolblau-Lösung (BTB-Lösung)
- zwei Becher
- zwei unterschiedlich farbige Luftballons
- zwei Strohhalm
- Ballonpumpe
- zwei Wäscheklammern

Die Tatsache anschaulich darzustellen, dass unterschiedliche Gase bzw. Gasgemische existieren, ist aufgrund ihrer farblosen Natur aus didaktischer Sicht eine große Herausforderung. Die Experimente 5 und 6 veranschaulichen zwar, dass neben Luft noch mindestens ein weiteres Gas existieren muss, jedoch würde eine visuelle Unter-

⁵⁵ Die Dichte von Kohlenstoffdioxid beträgt 1,98 kg/m³ bei 20°C, die Dichte von „normaler“ Luft 1,20 kg/m³. Atemluft ist durch den auf etwa 5% erhöhten CO₂-Gehalt etwas schwerer als „normale“ Luft.

scheidung zwischen den Gasen für viele Schüler im Anfangsunterricht einen noch intensiveren Eindruck hinterlassen.

Ein klassischer Nachweis für Kohlenstoffdioxid ist das Einleiten des Gases in Kalkwasser. Dazu benötigt man Calciumoxid (gebrannter Kalk), von dem man eine Probe mit Wasser aufschlämmt, eine Zeit lang stehen lässt und abschließend filtriert, so dass eine klare Lösung (Kalkwasser) entsteht. Leitet man Kohlenstoffdioxid – beispielsweise mittels Atemluft – in das Kalkwasser, so tritt eine Trübung ein. Der Nachweis ist eindeutig und beeindruckend, aber nicht für die Grundschule geeignet, da Kalkwasser ätzend ist und daher der Kontakt mit Augen und Schleimhäuten (Nase, Mund) sowie mit offenen Wunden zu vermeiden ist.

Ein Farbindikator der alle strengen Gesundheitskriterien für die Grundschule erfüllt, ist Bromthymolblau (BTB). Dieser besitzt einen Umschlagsbereich zwischen $\text{pH} = 6$ und $\text{pH} = 7,6$ und liegt im sauren Milieu als gelbe Form und im alkalischen als blaue Form vor. Am Neutralisationspunkt ($\text{pH} = 7$) weist der gelöste Farbstoff eine grüne Mischform auf. Ein leichter Überschuss an Hydrogenium- bzw. Hydroxid-Ionen verursacht einen Farbumschlag – je nach Art der Ionen zu Blau oder Gelb. Diese Eigenschaft lässt sich zur Unterscheidung von Atemluft und Zimmerluft ausnutzen. Atemluft enthält Kohlenstoffdioxid, das in Wasser eingeleitet zu Kohlensäure reagiert. Dadurch erhöht sich die Hydrogenium-Ionen-Konzentration und verursacht einen Farbumschlag von Grün nach Gelb (vgl. FÖRSTER 2005, S. 71f.; HOLLEMAN & WIBERG 1995, S. 861ff.).

Zur Durchführung des Experiments „Atemluft“ werden zwei Becher mit einer neutralisierten BTB-Lösung gefüllt. Anschließend wird ein Luftballon mit Hilfe einer Ballonpumpe aufgeblasen und ein zweiter Ballon mittels Atemluft gefüllt. In die Öffnung der beiden Luftballons wird jeweils ein Strohhalm gesteckt und eine Wäscheklammer wird so befestigt, dass ein Austritt des Balloninhaltes verhindert wird. Das Gas des ersten Luftballons („Ballonpumpe“) wird in einen der beiden Becher mit BTB-Lösung eingeleitet, indem der Strohhalm in die Lösung eingetaucht und die Wäscheklammer vorsichtig gelöst wird. Danach wird auf demselben Weg der Luftballon mit der Atemluft in den zweiten Becher entleert. Mit Hilfe dieser „Technik“ (Ballon, Strohhalm, Wäscheklammer) wird verhindert, dass ein direkter Kontakt

zwischen Mund und Lösung – wie es beispielsweise beim Pusten durch den Strohhalm direkt in den Becher geschehen würde – entsteht.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

Je nach stofflicher Zusammensetzung erfolgt ein Farbwechsel der Lösung (siehe oben). Atemluft erzeugt einen Farbumschlag von grün nach gelb. Bei diesem Experiment steht das zu beobachtende Phänomen im Vordergrund. Den Schülern wird verdeutlicht, dass die beiden Luftballons mit unterschiedlichen Gasen gefüllt sind, auch wenn beide optisch gleich erscheinen. Die BTB-Lösung ist wie ein „Detektiv“, der in diesem Fall anzeigt, ob dasselbe Gas vorliegt oder nicht.

Experiment 8: „Brausepulver-Rakete“ (*Demonstrationsexperiment*)

Benötigte Materialien:

- Brausetablette
- Wasser
- Filmdose
- große Schale
- zwei Gummibärchen
- doppelseitiges Klebeband

Zum Abschluss dieser Unterrichtseinheit treten wieder die Gummibärchen – aus Experiment 3 („Gummibärchen tauchen“) – als Protagonisten auf. Dieses Mal verspüren sie aber nicht den Wunsch zu tauchen, sondern sie möchten fliegen.

Zur Implementierung von Experimenten im Sachunterricht ist ein wichtiges Auswahlkriterium, dass der Versuch von allen Schülern durchführbar ist. Das Experiment „Brausepulver-Rakete“ eignet sich allerdings eher zu Demonstrationszwecken, kann aber auch von den Schülern eigenständig durchgeführt werden.

Auf die Bodenunterseite einer Filmdose werden mit doppelseitigem Klebeband die beiden Gummibärchen befestigt. Anschließend wird die leere Dose zur Hälfte mit Wasser gefüllt, eine Brausetablette hinzu gegeben, mit dem Deckel verschlossen und

senkrecht – mit dem Deckel nach unten zeigend – auf den Boden einer großen Schale gestellt.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

Die Brausetablette in der Filmdose reagiert mit dem Wasser. Es bildet sich das Gas Kohlenstoffdioxid. Dadurch steigt die Gasmenge im Inneren der Filmdose an. Da die Filmdose jedoch fest verschlossen ist, kann das Gas nicht entweichen. Letztendlich benötigt das Gas aber viel mehr Platz als im Inneren der Filmdose zur Verfügung steht und infolgedessen hält der Deckel dem Druck irgendwann nicht mehr stand: Der Deckel „platzt“ ab, Teile des Wassers werden herausgeschleudert und der Rest der Filmdose fliegt „wie eine Rakete“ vom Boden hoch!

2.2.2 Modul „Mischen, Trennen und Löslichkeit“

Kinder lernen schon sehr früh auf unbewusste Art und Weise das „Mischen und Trennen“ von Stoffen kennen. Denkt man nur an das „Matschen“ mit Wasser und Sand oder das Trennen eines Sand-/ Kiesgemisches durch ein Sieb. Darüber hinaus entwickeln sie erste Erfahrungen im Bereich der „Löslichkeit“ von Stoffen, zum Beispiel durch Beobachtung des Auflösens von Zucker in heißem Tee oder von schwimmenden Fettaugen auf der Suppe. Diese Alltagserfahrungen sind mittlerweile in den Bildungsplänen für den Elementarbereich berücksichtigt worden und werden durch inhaltliche Vorgaben im Rahmen von weiterführenden Experimenten naturwissenschaftlich vertieft⁵⁶. Um auf diese ersten Erfahrungen im Bereich „Mischen, Trennen und Löslichkeit“ aufzubauen, bieten sich im weiterführenden schulischen Anfangsunterricht zahlreiche Experimente an.

Durchführung im Schulunterricht

Besonders der Versuch zum „Lösen von Zucker in Wasser“ zählt zu den am häufigsten untersuchten und diskutierten Experimenten im Kindesalter. Den Beginn machten PIAGET und INHELDER. Sie kamen im Rahmen ihrer Untersuchungen zum Denkvermögen von Kindern zu dem Ergebnis, dass sechs- bis siebenjährige Kinder die Vorstellung entwickeln, dass der Zucker beim Auflösen in Wasser völlig verschwindet (vgl. PIAGET & INHELDER 1969, S. 117ff.). Zahlreiche weitere Studien konnten PIAGETs Aussagen teilweise entkräften oder sogar widerlegen. Eine gelungene Übersicht über verschiedene Untersuchungen zu Schülervorstellungen bezüglich der Themen „Lösungen“ und „Mischen und Trennen“ findet man bei STRUNK (vgl. STRUNK 1999, S. 115-121; 141f.).

Insgesamt zeigen aber alle Untersuchungen, dass besonders der Lösungsvorgang als ein schwer verstehbares Phänomen für Grundschüler anzusehen ist. In Kombination mit Experimenten zum „Mischen und Trennen“ muss es daher auch das Ziel sein, den Schülern folgende elementare naturwissenschaftliche Erkenntnis zu vermitteln: Ein

⁵⁶ Das Thema „Mischen, Trennen und Löslichkeit“ ist ein zentraler Bestandteil vieler Bildungspläne für den Elementarbereich (vgl. *Kap. 1*), beispielsweise: „Stoffe mischen“ (Bayerischer Bildungs- und Erziehungsplan 2003, S. 180) oder „Lösen von wasserlöslichen Feststoffen und anschließendes Auskristallisieren des gelösten Feststoffes“ (Brandenburger Grundsätze elementarer Bildung 2004, S. 20).

Stoff, der gelöst wird, bleibt erhalten und verschwindet nicht, auch wenn er nicht mehr sichtbar ist. Der Stoff wird während des Lösens in seine kleinsten Teilchen zerlegt und ist so für das Auge nicht mehr sichtbar („unsichtbar“). Die Bedeutung dieses Themenbereiches für den Sachunterricht stellt auch SOOSTMEYER heraus:

„Lösungen und Trennverfahren wie Verdunsten, Verdampfen der Lösungsmittel gehören zum grundlegenden Wissen und Können, das Kinder im Sachunterricht erwerben sollen. Hierbei ist der Erwerb keineswegs an eine Jahrgangsstufe gebunden. Dass sich Zucker im Wasser oder im Speichel des Mundes löst, weiß jedes Kind. Wenn der Sachunterricht die Aufgabe hat, den Kindern bei der Erschließung ihrer Lebenswirklichkeit zu helfen, dann wird er in allen Schuljahren immer wieder auf die Trennverfahren in unterschiedlichen Kontexten eingehen müssen“ (SOOSTMEYER 2002, S.180).

Unterrichtsinhalte zu den Themen „Mischen, Trennen und Löslichkeit“ sind in den Sachunterrichts-Lehrplänen zahlreicher Bundesländer implementiert. Einige Länder wie Bayern, Hessen oder Schleswig-Holstein sehen diesen Bereich bereits im Anfangsunterricht vor, während zum Beispiel Nordrhein-Westfalen und andere erst für die Klassenstufen drei und vier entsprechende Inhalte verankert haben. Relativ selten werden dabei allerdings konkrete inhaltliche Vorgaben gemacht bzw. kindgerechte Experimente vorgestellt.

In der nachfolgend beschriebenen Unterrichtseinheit sind alle Materialien ungefährlich und die Experimente ohne Risiko durchführbar. Der Einsatz von Teelichtern stellt sicherlich ein gewisses Gefahrenpotential dar, ist aber bei vorheriger Sicherheitseinweisung seitens des Lehrers vertretbar. Die meisten der verwendeten Materialien befinden sich im Haushalt oder sind – evtl. mit Ausnahme der Aktivkohle – leicht erhältlich und entstammen aus der Erfahrungswelt der Kinder (z.B.: Salz, Zucker, Wasser, Öl, Mehl, etc.). Zum Einstieg in die Thematik erscheint es sinnvoll, das Phänomen „Stoffgemisch“ anhand eines heterogenen Gemisches – mit sichtbaren unterschiedlichen Komponenten – zu veranschaulichen, bevor im weiteren Verlauf der Unterrichtseinheit auch homogene Gemische analysiert werden (vgl. GRONOSTAY 2004, S. 47ff.).

Auswahl und Bearbeitung der Experimente

Tab. 6: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit „Löslichkeit, Mischen und Trennen“

Einstieg	„Mischen und Trennen von zwei Feststoffen“
Experiment 1	„Mischen bzw. Lösen von Feststoffen in Wasser“
Experiment 2	„Vergleich der Lösungsgeschwindigkeit von Feststoffen in warmem und kaltem Wasser“
Experiment 3	„Trennen von Feststoffen und Flüssigkeiten“
Experiment 4	„Vergleich der Löslichkeit von Zucker in Wasser und in Speiseöl“
Experiment 5	„Mischbare und nichtmischbare Flüssigkeiten“
Experiment 6	„Mischen von verschiedenen Flüssigkeiten: Wasser, Öl und Tinte („schwebender Tintentropfen““)
Experiment 7	„Trennen von mischbaren Flüssigkeiten“

Chemischer Hintergrund

Mischungen bzw. Gemische sind Bezeichnungen „für Aggregate aus zwei oder mehreren chemisch verschiedenen Substanzen, bei deren Bildung keine chemische Reaktion und keine Wärmetönung auftreten“ (FALBE & REGITZ 1995, S. 1513). Dabei wird zwischen heterogenen und homogenen Gemischen unterschieden: Heterogene Gemische sind uneinheitlich aufgebaut. Die Bestandteile heterogener Gemische sind deutlich unterscheidbar, bleiben in der Mischung unverändert und behalten ihre ursprünglichen Eigenschaften.

Heterogene Mischungen können durch physikalische Operationen leicht getrennt werden, zum Beispiel durch Sortieren oder Sieben von Feststoffgemischen, durch Filtern oder – indem die unterschiedlichen Dichten der Reinstoffe genutzt werden – durch Absetzen oder Abgießen.

Homogene Gemische sind einheitliche Gemische zweier oder mehrerer Stoffe, die chemisch nicht miteinander reagieren. Bei homogenen Gemischen findet die gegenseitige Durchdringung und Zerteilung im Allgemeinen bis zu den Molekülen, Atomen oder Ionen statt. Die Bestandteile sind so fein und gleichmäßig verteilt, dass man sie nicht mehr unterscheiden kann (vgl. BLUME et al. 1994, S.46). Bringt man

verschiedene Reinstoffe zusammen, so nennt man das Ganze ein Gemisch bzw. eine Mischung. Außer dem Begriff Gemisch gibt es noch andere Begriffe, die die ungeordnete Ansammlung von Reinstoffen nebeneinander bezeichnet. Bei Anwesenheit einer Flüssigkeit wird es als Lösung bezeichnet, bei Metallen als eine Legierung, bei beliebigen Feststoffen als ein Gemenge. Wesentliches Kennzeichnen eines Gemisches ist eine in weitem Bereich veränderliche Zusammensetzung.

Zu den homogenen Gemischen zählen auch die Lösungen. „Bei Lösungen werden z.B. Salz und Wasser oder Zucker und Wasser gemischt. Dabei verlieren Zucker und Salz ihren festen Aggregatzustand. Auch bei stärkster Vergrößerung sind die einzelnen Bestandteile der Lösung nicht erkennbar (Ausnahme bilden die Kolloide). Der gelöste Stoff wird im Lösungsmittel in seine letztmöglichen Teilchen aufgetrennt.

Einstieg: „Mischen und Trennen von Feststoffen“

Benötigte Materialien:

- zwei Schalen
- Haferflocken, Rosinen, Kakaopulver
- Mehl, Eisenspäne, Magnet

Dieser Versuch wird zur Einführung in das Thema durchgeführt. Zu Beginn wird ein Gemenge aus Rosinen, Haferflocken und Kakao („Frühstücksmüsli“) hergestellt⁵⁷. Die Schüler sollen daraufhin Vorschläge machen, wie sich das Gemenge wieder trennen lässt. Anschließend wird eine weitere heterogene Mischung zweier Feststoffe aus Mehl und feinen Eisenspänen hergestellt. Hier kommt eine manuelle Trennung der Bestandteile durch Aussortieren nicht mehr in Frage, da beide Stoffe eine pulvrige Konsistenz haben. Erneut werden die Kinder aufgefordert, mögliche Trennverfahren zu finden. Dazu wird auch ein Magnet zur Verfügung gestellt.

⁵⁷ Der Einstieg in das Thema lässt sich gut in eine Geschichte einbetten: „Heute Morgen hatte ich einen Gast zum Frühstück, der leider keine Rosinen mag. Habt ihr Schüler eine Idee, wie ich die Mischung nun wieder trennen kann, so dass meinem Gast das Müsli wieder schmeckt?“

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

Es werden zwei heterogene Gemische hergestellt, die aus zwei oder mehreren Reinstoffen bestehen. Die hier vorgestellten Gemische bestehen aus Feststoffen, deren unterschiedliche Komponenten visuell gut zu unterscheiden sind. Die Reinstoffe können relativ einfach durch unterschiedliche Trennverfahren aus der Mischung zurückgewonnen werden: Die Rosinen lassen sich durch manuelles Sortieren von den Haferflocken und vom Kakao trennen. Mehl und Eisenspäne lassen sich durch Ausnutzung ihrer unterschiedlichen physikalischen Eigenschaften trennen. Eisenspäne sind magnetisch, während Mehl von einem Magneten nicht angezogen wird und zurückbleibt.

Experiment 1: „Mischen bzw. Lösen von Feststoffen in Wasser“

Benötigte Materialien:

- Schale mit „Frühstücksmüsli“ (siehe oben)
- Milch

Pro Gruppe

- zwei Gläser
- Wasser
- Stein
- Zuckerwürfel
- Teelöffel
- Lupe

Zum Einstieg wurde den Schülern ein Gemenge aus festen Bestandteilen vorgestellt („Frühstücksmüsli“). Dieses Gemenge wird nun durch Zugabe einer Flüssigkeit („Milch“) zu einer „Suspension“ erweitert. Die Schüler beobachten und diskutieren die Veränderungen, die bei dem Vorgang eintreten. Im zweiten Teil des Versuchs werden in Partnerarbeit zwei Gläser mit Wasser gefüllt und jeweils ein Stein bzw. ein Zuckerwürfel in ein Glas gegeben. Anschließend wird die Zuckerlösung mit einer Lupe auf Zuckerteilchen untersucht und eine Geschmacksprobe durchgeführt.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschul Kinder

Der Stein im ersten Glas bleibt – analog den Rosinen und Haferflocken in der Milch – im Wasser unverändert, er ist wasserunlöslich. Wasser besteht aus vielen winzigen Wasserteilchen. Diese können nicht in das Innere des Steins eindringen, und ihn deshalb auch nicht verändern. In dem zweiten Glas greift das Wasser den Zuckerwürfel zunächst an den Ecken und an den Kanten an. Schließlich zerfällt der Zucker und löst sich vollständig auf. Die Zuckerteilchen haben sich so fein und gleichmäßig zwischen den Wasserteilchen verteilt, dass sie auch mit der Lupe nicht mehr zu erkennen sind. Diesen Vorgang nennt man „Lösen“. Der gelöste Zucker ist zwar nicht mehr sichtbar, existiert aber dennoch im Wasser. Die Geschmacksprobe zeigt, dass der Zucker noch im Wasser sein muss, da es süß schmeckt. Der Lösungsvorgang soll in diesem Versuch als Zerkleinerungs- und Verteilungsprozess des gelösten Stoffes im Wasser verstanden werden (vgl. SPRECKELSEN 1973, S. 5).

Der nächste Versuch ist der Experimentierreihe von LÜCK entnommen (vgl. LÜCK 2003, S. 125ff.) und wird daher nachfolgend nur kurz beschrieben.

Experiment 2: „Vergleich der Lösungsgeschwindigkeit von Feststoffen in warmem und kaltem Wasser“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- Becher mit warmem Wasser
- Becher mit kaltem Wasser
- zwei Zuckerwürfel

In die mit Wasser von unterschiedlicher Temperatur gefüllten Becher wird gleichzeitig jeweils ein Zuckerwürfel hinein gegeben und der Lösungsprozess beobachtet.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschul Kinder

Die zentrale Aussage dieses Experiments besteht darin, den Schülern zu veranschaulichen, dass für die Löslichkeit eines Feststoffes auch die Temperatur des Lösungsmittels eine Rolle spielt. Dabei wird den Schülern der Zusammenhang zwischen Teilchenbewegung und Temperatur verdeutlicht.

Experiment 3: „Trennen von Feststoffen und Flüssigkeiten“

Benötigte Materialien:

- größeres, durchsichtiges Gefäß
- Wasser, Nudeln, Mehl, Salz
- Sieb
- (Kaffee-) Trichter, Filterpapier
- Teelöffel
- Teelicht

Pro Gruppe

- Esslöffel, Teelöffel
- Teelicht

Zu Beginn des Experiments werden Wasser, Nudeln, Mehl und Salz in ein durchsichtiges Gefäß gegeben. Anschließend werden die Schüler gebeten, Vorschläge zu entwickeln, wie sich eine derartige Mischung wieder in die einzelnen Bestandteile auftrennen lässt.

Die Mischung wird gesiebt, wodurch zunächst die Flüssigkeit abgetrennt werden kann. Danach wird das Mehl aus der Mischung herausgefiltert. Das gewonnene, salzhaltige Wasser (Flüssigkeit) wird von den Kindern vorsichtig gekostet, woraufhin festgestellt wird, dass das Salz noch in dem Wasser gelöst ist. Das Salz lässt sich also nicht herausfiltern oder sieben.

Nun bekommt jede Schülergruppe eine kleine Menge der Salzlösung auf einem Teelöffel. Dieser wird über ein brennendes Teelicht gehalten, bis das Salz auskristallisiert ist. Der Versuchspartner hält einen Esslöffel in den aufsteigenden Wasserdampf; dieser kondensiert an dem Löffel und bildet (flüssige) Wassertropfen.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschul Kinder

Nudeln und Mehl sind in der Mischung gut sichtbar und unterscheidbar, da sie sich nicht in Wasser lösen. Man kann beide Stoffe relativ einfach durch Sieben bzw. Filtern vom Wasser trennen und wiedergewinnen. Das Salz dagegen löst sich auf und ist optisch nicht mehr wahrnehmbar. Dennoch ist es nicht „verschwunden“. Es lässt sich durch Verdunsten des Wassers wieder auskristallisieren und sichtbar machen. Dies ver-

deutlicht der zweite Teil des Experiments: Die Salzlösung auf dem Teelöffel beginnt nach einiger Zeit zu sieden, der Wasseranteil verdampft, eine weiße Salzkruste kristallisiert aus und bleibt auf dem Löffel zurück. Zusätzlich schlagen sich Wassertropfen – an dem über den Teelöffel gehaltenen – Esslöffel nieder. Probiert man den kondensierten Wasserdampf, so lässt sich feststellen, dass er nicht mehr nach Salz schmeckt. Zwei weitere Phänomene sind für die Schüler interessant: Zum einen fangen die Salzkörnchen auf dem Teelöffel ab einer bestimmten Temperatur an zu „springen“, da das im Salz in Spuren zunächst noch eingeschlossene Wasser verdampft und dabei die Kristalle „aufsprengt“. Zum anderen bildet sich auf der Rückseite des Teelöffels „Ruß“, da hier zu wenig Sauerstoff zur Verbrennung hingelangt und sich daher elementarer Kohlenstoff (stammt aus dem Kerzenwachs) am Löffel abscheidet.

Experiment 4: „Vergleich der Löslichkeit von Zucker in Wasser und in Speiseöl“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- zwei kleine Gläser
- zwei Zuckerwürfel
- Speiseöl
- Teelöffel

Die Schüler wissen bereits (vgl. Experiment 3), dass sich Zucker in Wasser auflöst. Zusätzlich sollen sie nun überprüfen, wie sich ein Zuckerwürfel verhält, wenn man ihn in Speiseöl legt. In Partnerarbeit wird verglichen, wie sich der Zucker im Wasserglas im Vergleich zu dem Zuckerwürfel im Ölglas auflöst. Bei der Versuchsdurchführung sollte man darauf achten, dass nur wenig Öl verwendet wird. Es genügt, wenn der Zuckerwürfel gerade von Öl bedeckt ist.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

Die Schüler stellen fest, dass der Zuckerwürfel im Öl – im Gegensatz zu dem Zuckerwürfel im Wasser – unverändert bleibt. Auch nach längerer Zeit und trotz Umrührens löst sich der Zucker im Öl nicht.

Ein Feststoff, der sich in Wasser löst, muss sich infolgedessen nicht in jeder anderen Flüssigkeit lösen. Die Wasserteilchen können in den Zuckerwürfel eindringen, kleine

Stücke abtrennen und diese in winzige, nicht mehr sichtbare Zuckerteilchen zerlegen. Dies ist möglich, weil sich Wasser und Zucker in ihrem strukturellen Aufbau ähneln („Gleiches löst sich in Gleichem“). Öl dagegen besitzt völlig andere Eigenschaften und Strukturen als Zucker (vgl. *Abb. 10*). Die Ölteilchen können nicht in den Zuckerwürfel eindringen und ihn deshalb auch nicht auflösen. Der Zuckerwürfel im Öl bleibt fest – selbst über einen langen Zeitraum (vgl. LÜCK 2005, S. 68f.)!

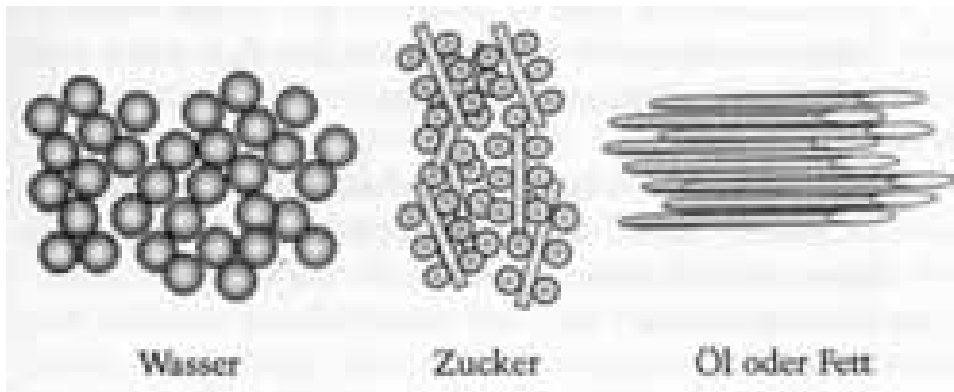


Abb. 10: Kindgerechte, strukturelle Darstellung von Wasser, Zucker, Öl oder Fett (LÜCK 2005, S. 69).

Experiment 5: „Mischbare und nichtmischbare Flüssigkeiten“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- zwei Gläser
- Wasser, Speiseöl, Tinte
- Pipette
- Teelöffel

Experiment 5 behandelt die Mischbarkeit von Flüssigkeiten. Dazu werden zwei Gläser jeweils bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt. Anschließend werden mit Hilfe einer Pipette einige Tropfen Tinte in das erste Wasserglas getropft. In das zweite Glas wird etwas Öl zum Wasser hinzugefügt. Mit einem Teelöffel werden beide Gemische mit einem Teelöffel durchgerührt.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

Tinte vermischt sich problemlos und schnell mit Wasser. Nach dem Mischen sind Wasser und Tinte optisch nicht mehr zu unterscheiden. Dagegen lassen sich Wasser und Öl nicht vermischen. Es bilden sich zwei deutlich unterscheidbare, übereinander liegende Schichten (Phasen). Ein Umrühren des Wasser-Öl-Gemisches verursacht zwar viele kleine Öltröpfchen in der Wasserschicht („Schlierenbildung“), sobald das Rühren eingestellt wird, bildet sich aber wieder eine Ölphase über der Wasserphase aus.

Analog zu Experiment 4 lässt sich eine kindgerechte Erklärung wieder über die strukturellen Eigenschaften finden: Wasserteilchen haben eine kugelige Struktur und mischen sich nur mit Flüssigkeiten, deren Teilchen ebenfalls einen vergleichbaren, kugeligen Aufbau haben. Tinte muss also, gemäß der Regel „Gleiches löst sich in Gleichem“, wasserähnlich aufgebaut sein (vgl. Lück, 2003, S.136). Wasserteilchen und Ölteilchen weisen dagegen sehr unterschiedliche Strukturen auf (vgl. *Abb. 10*). Zur Veranschaulichung sollten der längliche Aufbau des Öls, sowie die kugelige Struktur der Tinte und des Wassers an die Tafel gezeichnet werden.

Experiment 6: „Mischen von verschiedenen Flüssigkeiten: Wasser, Öl und Tinte“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- Glas
- Wasser-Öl-Gemisch (aus Experiment 5)
- Tinte
- Pipette

Experiment 6 vertieft das Thema „Mischbare und nichtmischbare Flüssigkeiten“ und baut dabei auf die Erfahrungen der Schüler aus Experiment 5 auf. Dazu geben die Schüler in das Glas mit der Wasser-Öl-Mischung (aus Experiment 5) mittels einer Pipette einen bis sechs Tropfen Tinte dazu und beobachten den Verlauf des Tintentropfens in der Lösung.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

Je nach Größe des Tintentropfens benötigt dieser unterschiedlich lange, um durch die Ölphase zu „schweben“, bis er auf die Grenzschicht zum Wasser stößt, auf der er dann zunächst liegen bleibt. Nach einiger Zeit bewirkt die Gewichtskraft des Tintentropfens ein Durchdringen der Grenzschicht, so dass die Tinte in das Wasser gelangt. Es entsteht ein homogenes Tinten-Wasser-Gemisch.

Greift man auf die strukturellen Erklärungen aus den letzten Experimenten zurück, so lässt sich auch hier kindgerecht das Phänomen deuten: Tinte weist eine kugelige Struktur auf und ist daher vom Aufbau her dem Wasser sehr ähnlich. Tinte löst sich nicht im Öl, welches eine längliche Struktur hat, sondern muss erst in die Wasserphase übertreten, um sich gleichmäßig zwischen den Wasserteilchen verteilen zu können. In der Ölschicht „kugeln“ sich die Tintenteilchen möglichst klein zu Tropfen zusammen, um sich von allen Seiten gegen das umgebende Öl abzugrenzen.

Streng chemisch gedeutet, könnte man das Phänomen so beschreiben: Wasser hat aufgrund der Elektronegativitätsunterschiede zwischen Sauerstoff und Wasserstoff einen so genannten polaren Charakter und ist hydrophil („wasserliebend“). Die chemischen Bindungen im Speiseöl dagegen sind von unpolarer Natur (geringe Elektronegativitätsunterschiede zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff); Speiseöl ist daher hydrophob („wassermeidend“). Unpolare und polare Verbindungen lassen sich nicht vermischen, so dass sich beim Zusammengeben der beiden Flüssigkeiten in ein gemeinsames Gefäß, zwei Phasen, mit einer deutlich sichtbaren Grenzschicht ausbilden. Tinte enthält überwiegend (in Wasser gelöste) Triphenylmethanfarbstoffe, weist dadurch einen vorwiegend polaren Anteil auf und ist somit hydrophil. Das ist der Grund, warum sich Tinte sehr gut mit Wasser und praktisch nicht mit Öl vermischt (vgl. FÖRSTER 2005, S. 75f.).

Experiment 7: „Trennen von mischbaren Flüssigkeiten“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- großes Glas, Teelöffel
- Wasser-Tinte-Gemisch (aus Experiment 5)
- (Kaffee-)Trichter, Filterpapier
- Aktivkohle (z.B. Kohle-Hevert[®] aus der Apotheke)

Das letzte Experiment des Moduls „Mischen, Trennen und Löslichkeit“ stellt eine eher weniger bekannte Methode des Trennens mischbarer Flüssigkeiten vor. Dazu wird das bereits hergestellte Wasser-Tinten-Gemisch (aus Experiment 5) verwendet. Ziel des Versuchs ist es, Wasser und Tinte wieder voneinander zu trennen. Zunächst werden die Vorschläge der Schüler bzgl. eines Trennverfahrens gesammelt und experimentell überprüft (zum Beispiel Trennung des Gemisches mittels eines Siebs bzw. eines Trichters und Filterpapiers). Anschließend wird den Schülern die Aktivkohle vorgestellt und dessen Bedeutung im Alltag (hilft gegen Magen-Darm-Erkrankungen, wird zum Reinigen in Aquarienpumpen eingesetzt, etc.) aufgezeigt. Liegt die Aktivkohle noch nicht in pulvriger Form vor, werden die Kohletabletten vorsichtig mit einem Löffel auf einem Unterteller zerbröselt. Ein Teelöffel des Kohlepulvers wird in das Tintenwasser gegeben und gut verrührt. Zwei (Kaffee-)Filterpapiere werden übereinander gestülpt, damit sich die Filterwirkung ein wenig verbessert, und in den (Kaffee-)Trichter gesteckt. Der (Kaffee-)Trichter wird auf das zweite durchsichtige Glas gesetzt. Nun wird das Tintenwasser vorsichtig in die beiden Filterpapiere gegossen und genau beobachtet, welche Farbe das filtrierte Wasser hat.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

Tintenteilchen sind sehr klein, so dass man sie nicht durch Sieben oder mit einem normalen Filterpapier vom Wasser trennen kann. Aktivkohle dagegen ist porös und verfügt über zahlreiche kleine Hohlräume, in denen sich die Tinte mittels „Adsorption“ anlagert. In dem vorgestellten Experiment „saugt“ die Kohle die Tinte auf, ähnlich wie ein Schwamm, der Wasser aufnimmt. Das Wasser wird dadurch von den „Schmutzpartikeln“ Tinte gereinigt. Beim Filtrieren wird die Kohle vom Wasser getrennt, so dass nun nur noch das saubere Wasser durch den Trichter dringt.

2.2.3 Modul „einfache Nachweis- und Analyseverfahren“

Mit chemischen Nachweis- und Analyseverfahren eröffnet sich für Grundschüler ein spannendes Betätigungsfeld: Zahlreiche Veröffentlichungen zeigen, dass Kinder besonders engagiert sind, wenn sie mit einer experimentellen Problemstellung – zum Beispiel eingebaut in eine Kriminalgeschichte – konfrontiert werden (vgl. u.a. MEICHSNER 2004, S. 12f.). Dies versetzt die Schüler in eine reale Welt und treibt sie an, sich einer Aufgabe zu widmen, um etwas nachzuweisen, zu entdecken und das Problem auf „detektivische“ Art und Weise zu lösen⁵⁸. Häufig faszinieren Nachweisreaktionen auch durch ihre Ästhetik.

Recherchen in Fachzeitschriften, im Internet und in diversen Experimentierbüchern haben uns gezeigt, dass es durchaus eine Vielzahl an Experimenten zu chemischen Nachweis- und Analyseverfahren für Grundschüler gibt. Die bekanntesten Experimente sind wahrscheinlich: Nachweis von Stärke mit Iod, Nachweis von Traubenzucker mittels Fehling-Probe, Nachweis von Wasser in der Luft mit Kobaltchloridpapier, Fettfleckprobe, Geheimtinte (mit unterschiedlichen Rezepturen, zum Beispiel aus Zitronensaft, Iod-Stärke, Phenolphthalein + Lauge, Essig oder Zwiebelsaft), Nachweis verschiedener Metallverbindungen aufgrund ihrer spezifischen Flammenfärbung, etc. (vgl. VERSPOHL 2004, S. 48).

Einige der oben genannten Nachweisverfahren entsprechen allerdings nicht den aufgestellten Kriterien für den Einsatz von Experimenten in der Grundschule. Für den Nachweis von Traubenzucker (Fehling) oder auch für den Nachweis von Wasser in der Luft mit Kobaltchloridpapier sind Chemikalien erforderlich, die für die Lehrer nicht so leicht zu beschaffen sind. Experimente wie die Flammenfärbung verschiedener Metalle, sind für Grundschulkinder zu gefährlich und deshalb – wenn überhaupt – nur im Rahmen eines Demonstrationsexperimentes vorführbar. Den Schülern sollte aber weniger die Aufgabe der Beobachter zuteil kommen, vielmehr ist es wünschenswert,

⁵⁸ Die erfolgreichsten Experimente im Braunschweiger „Agnes-Pockels-Schülerlabor“ befassen sich mit dem Thema "Dem Täter auf der Spur". Unter der Leitung von PETRA MISCHNICK (Professorin für Lebensmittelchemie an der TU Braunschweig) werden jede Woche mehrere Schulklassen in die Geheimnisse der Chemie eingeweiht und mobile Experimentierkisten sind ständig in Schulen und Kindertagesstätten im Einsatz.

dass sie durch eigenes Handeln vielseitige Erfahrungen sammeln und dadurch ihr Wissen erweitern.

Andere Experimente erscheinen uns geeignet – wie zum Beispiel die Fettfleckprobe oder der Stärkenachweis mit Iod – füllen aber nicht den Umfang einer Unterrichtsstunde bzw. eines Moduls.

Wir haben uns für folgende zwei Unterrichtseinheiten entschieden: Zum einen soll mit den Schülern das Chromatographie-Verfahren als Trenn- und Analyseverfahren durchgeführt werden und zum anderen werden mit Hilfe von Rotkohlsaft Säuren in Alltagsstoffen nachgewiesen.

2.2.3.1 Chromatographie im Sachunterricht: Der unbelebten Natur auf der Spur.

Zur weiteren Vertiefung des Moduls „Mischen, Trennen und Löslichkeit“ und als kindgerechte Einführung eines Trenn- bzw. Analyseverfahrens eignet sich die Papierchromatographie besonders gut. Experimente zur Chromatographie ermöglichen den Schülern auf faszinierende Weise, in weitgehend selbständigen Handlungen Phänomene zu erforschen.

Durchführung im Schulunterricht

Ziel dieser Unterrichtseinheit ist es, den Schülern die Papierchromatographie als Trenn- bzw. Analyseverfahren vorzustellen. Dabei erfahren sie, dass sich z.B. wasserlösliche Filzstiftfarbstoffe in ihre ursprünglichen Farbstoffbestandteile auftrennen lassen und alle Farbstoffe, die in diesem Stift enthalten sind, sichtbar gemacht werden können. Es gibt eine Vielzahl an Varianten zur Durchführung einer Chromatographie. Wir haben uns für einfaches Kaffeefilterpapier entschieden, da dieses Papier alle notwendigen Ansprüche erfüllt: Kinder kennen es aus dem Alltag; es hat eine optimale Größe; es ist in weißer Farbe erhältlich (auf braunem Papier erkennt man die Farben schlechter); es ist fest genug, so dass es nicht sofort zerreißt und es transportiert unter allen von uns untersuchten Papiersorten die Farbpartikel am besten, d.h. in diesem Fall mit der passenden Geschwindigkeit.

Auswahl und Bearbeitung der Experimente

Tab. 7: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Chromatographie"

Einstieg	„Lebensmittelfarbe mischen und trennen“
Experiment 1	„Bunte Filzstiftfarben werden chromatographisch aufgetrennt“
Experiment 2	„Detektivgeschichte – Der vergessliche Tresorknacker“

Chemischer Hintergrund

Die Chromatographie nimmt zur präparativen Trennung von Gemischen und in der Analytik einen exponierten Platz in der Chemie ein. Ohne sie wäre die Isolierung und Analyse von Naturstoffen gar nicht mehr denkbar. Die Chromatographie nutzt sehr kleine strukturelle Unterschiede zwischen ähnlichen Stoffen zur Trennung, kommt mit extrem wenig Probenmaterial aus und ist leicht durchzuführen.

Bei der Chromatographie werden die zu trennenden Stoffe einer homogenen Lösung zwischen zwei Phasen verteilt, von denen die eine ruht („stationäre Phase“), während die zweite („mobile Phase“) die erstere umspült (HOLLEMAN & WIBERG 1995, S. 10). Zwei Faktoren beeinflussen bei der papierchromatographischen Trennung die Wechselwirkung zwischen dem Laufmittel (Wasser plus Analysesubstanz) und dem Papier: Cellulose tritt nicht in eine chemische Wechselwirkung mit dem zu trennenden Stoff, so dass lediglich der Wasseranteil des Laufmittels vom Papier aufgenommen wird und sich ein Cellulose-Wasser-Komplex bildet („stationäre Phase“). An dessen Phasengrenze bewegt sich der Rest des Laufmittels als mobile Phase. Die Trennung der Substanz erfolgt als Verteilungsvorgang zwischen diesen beiden Phasen nach dem NERNSTschen Verteilungsgesetz. Darüber hinaus verhält sich das Cellulosepapier wie ein schwacher Kationenaustauscher, so dass eine Adsorption der Ionen nicht vernachlässigt werden darf (vgl. JANDER & BLASIUS 2002, S. 252).

Je nach Bewegungsrichtung des Laufmittels unterscheidet man zwischen dem aufsteigenden, absteigenden oder horizontalen Verfahren. Die in den nachfolgenden Experimenten eingesetzte horizontale Docht-Zirkular-Methode zeichnet sich durch ihre zweidimensionale Wirkung aus. Mit zunehmendem Abstand von der Mitte nimmt die Konzentration der zu trennenden Stoffe ab. Man erhält nach dieser Methode auch beim Vorliegen größerer Substanzmengen scharfe Zonen (vgl. JANDER & BLASIUS 2002, S. 250).

Einstieg: „Lebensmittelfarbe mischen und trennen“

Benötigte Materialien:

- zwei unterschiedliche, flüssige Lebensmittelfarben (Lösung), die jeweils kein Farbstoffgemisch sind, z.B. *Vahiné: Colorants alimentaires, Speisefarben rot und gelb*
- kleiner Teller oder Gefäß, in dem man die Farbstoffe mischen kann
- Pinsel
- Filterpapier
- Schere
- Glas mit Wasser

Zum Einstieg und zur Einführung in die Thematik bietet sich ein Experiment mit Lebensmittelfarbstoffen besonders gut an. Im Vergleich zu dem später beschriebenen Experiment mit Filzstiften besteht der Vorteil darin, dass man zwei Lebensmittelfarbstoffe zunächst vor den Augen der Kinder mischen und anschließend durch ein chromatographisches Verfahren die Ausgangsfarben wieder getrennt sichtbar machen kann. Damit wird das Prinzip der Chromatographie anschaulich vorgestellt: Farbstoffgemische können wieder aufgetrennt werden.

Es werden jeweils ein Tropfen der gelben und der roten Lebensmittelfarbe auf den Teller gegeben und mit einem Pinsel vermischt. Nach dem Mischen ist die gelbe Farbe nicht mehr „sichtbar“, es ist eine Mischfarbe mit hellrötlichem Ton entstanden.

Anschließend wird den Schülern erläutert, dass es in der Chemie ein Verfahren gibt, womit man Farbstoffgemische wieder in die Ausgangsfarbstoffe auftrennen kann. Daraufhin wird die Technik des Chromatographie-Verfahrens kurz vorgestellt.

Man trennt das Kaffeefilterpapier in zwei gleichartige Hälften. In die Mitte der einen Hälfte wird ein Loch gestochen oder geschnitten. Aus der anderen Hälfte des Kaffeefilterpapiers wird durch „Rollen“ ein Docht erzeugt, welcher durch das Loch (der einen Hälfte) geschoben wird. Anschließend wird mit einem Pinsel das Gemisch der Lebensmittelfarbstoffe kreisförmig um das Loch aufgetragen. Filter und Docht werden nun so auf das halbgefüllte Glas mit Wasser gelegt, dass der Docht ein wenig ins Wasser eintaucht. Der Docht saugt das Wasser an, wodurch es nach oben transportiert wird. Erreicht es das Filterpapier, wird die Lebensmittelfarbe von dem Wasser in konzentrischen Kreisen nach außen transportiert und trennt sich dabei (wegen

unterschiedlicher Transportgeschwindigkeiten) wieder in seine ursprünglich eingesetzten Farbstoffe auf. So sind nach kurzer Zeit auf dem Chromatogramm sowohl die rote als auch die gelbe Lebensmittelfarbe wieder getrennt sichtbar.

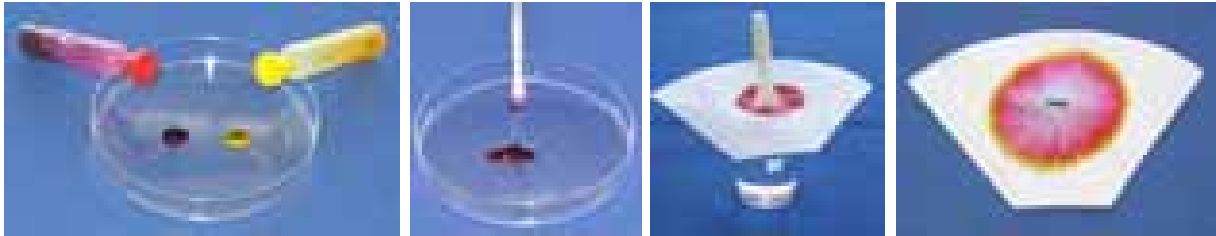


Abb. 11: Rote und gelbe Lebensmittelfarbe werden zunächst gemischt und dann mit Hilfe des Chromatographie-Verfahrens wieder aufgetrennt.

Experiment 1: „Bunte Filzstiftfarben werden chromatographisch aufgetrennt“

Benötigte Materialien (pro Chromatogramm):

- Filterpapier
- Schere
- Filzstift (wasserlöslich)
- Glas mit Wasser

Die Beobachtungen und die Vorgehensweise des Einstiegsexperiments werden noch einmal zusammengetragen, bevor jedes Kind nun selbst das Verfahren mit einem beliebigen (wasserlöslichen) Filzstift ausprobieren kann. Die Filzstiftfarbstoffe ähneln im Rahmen des chromatographischen Verfahrens den Lebensmittelfarbstoffen, so dass die Kinder analoge Beobachtungen zum ersten Experiment machen können. Es ist spannend für die Schüler zu verfolgen, aus welchen Farbstoffgemischen ihre Stifte bestehen.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

Eine kindgerechte Erklärung der beobachteten Phänomene beider Experimente darf natürlich nicht fehlen: Dass sich die Farbstoffe auf dem Filterpapier wieder trennen, beruht auf deren unterschiedlichen Stoffeigenschaften. Manche Farbstoffe werden besser vom Wasser transportiert als andere, so dass für die Farbstoffe unterschiedlich

lange „Laufwege“ resultieren. Auf diese Weise werden die verschiedenen Farbstoffkomponenten voneinander getrennt und deutlich sichtbar gemacht. Die genaue wissenschaftliche Erklärung (mobile und stationäre Phase, Polarität, Verteilung, Adsorption, etc.) sollte im Grundschulunterricht nicht thematisiert werden.

Im abschließenden Versuch wird nun das bisher Gelernte im Rahmen einer experimentellen Problemstellung angewendet.

Experiment 2: „Detektivgeschichte – Der vergessliche Tresorknacker“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- zwei (wasserlösliche) schwarze Filzstifte unterschiedlicher Marken, aber mit dem gleichen Schriftbild (Dicke, Farbe, etc.), z.B.: *stabilo, point 88, fine 0,4* und *staedtler, non-permanent, Lumocolor F*. Jeweils ein Stift gehört zu einem Hauptverdächtigen. Daher werden die Stifte auch beschriftet („Ede“ und „Klaus“).
- Filterpapier mit dem Tresorcode, welcher mit einem der beiden Stifte geschrieben wurde.
- zwei Blanko-Filterpapiere (als geeignet hat sich erwiesen im Vorhinein mit einem wasserfesten Stift die Namen „Klaus“ und „Ede“ jeweils auf ein Papier klein in die Ecke zu schreiben, um Verwechslungen auszuschließen).
- Schere
- drei Gläser mit Wasser

Schwarze Filzstifte eignen sich besonders gut zur Chromatographie, da sie aus mehreren Farbstoffen bestehen, die zudem je nach Hersteller unterschiedliche Farbstoffgemische enthalten. Denn es werden zumeist sehr unterschiedliche „Rezepturen“ bei der Mischung der schwarzen Farbe verwendet. Diese Tatsache motivierte uns eine Detektivgeschichte zu erfinden, bei der die Chromatographie das wichtigste Hilfsmittel zur Aufklärung des „Falls“ ist:

„Letzte Woche wurde in der Bank eingebrochen und das ganze Geld aus dem Tresor gestohlen. Der Dieb war anscheinend etwas vergesslich - nicht nur, dass er sich den Tresorcode nicht merken konnte und notieren musste, am Ende ließ er den Zettel sogar am Tatort liegen. Die Spurensicherung fand ein Kaffeefilterpapier, auf dem mit schwarzem Stift vier Ziffern notiert waren. Dieses Papier erwies sich als der einzige

Anhaltspunkt, um den Dieb zu finden. Die Polizei stieß auf zwei Hauptverdächtige: Ganove Ede und Gangster Klaus. Beide Wohnungen wurden bereits durchsucht, das Geld aber nicht gefunden. Es konnte jedoch jeweils ein schwarzer Stift sichergestellt werden, mit dem evtl. der Code auf das Filterpapier geschrieben wurde. Und nun bittet die Polizei um eure Mithilfe!“

Den Schülern werden sowohl der Kaffeefilter mit der Tresornummer, als auch die zwei sichergestellten schwarzen Stifte präsentiert (Stift „Ede“ und Stift „Klaus“). Nun gilt es für die Schüler, mit Hilfe der Chromatographie den Fall zu lösen. Dafür bekommt jede Gruppe ein Filterpapier mit der Tresornummer und die zwei Blanko-Filterpapiere für die Chromatogramme von Stift „Ede“ und Stift „Klaus“. Die Schüler fertigen jeweils ein Chromatogramm der beiden Stifte an, sowie eines des Tresorcodes. Durch den Vergleich der Chromatogramme kann der Bankräuber tatsächlich ausfindig gemacht und überführt werden (vgl. Lück 2005, S. 125-128).

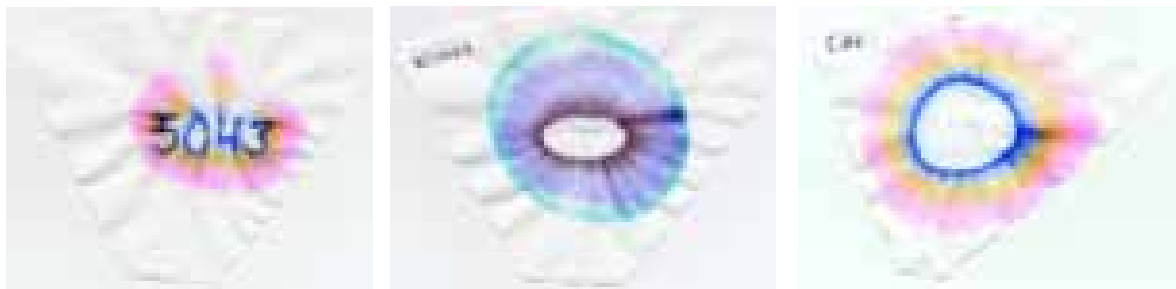


Abb. 12: Chromatogramme zur Detektivgeschichte

2.2.3.2 Nachweis von Säuren: Mit Rotkohlsaft sauren Sachen auf der Spur.

Im Schulunterricht lässt sich mittels Rotkohlsaft kindgerecht bestimmen, ob Lebensmittel oder andere Substanzen Säure(n) enthalten. Je nachdem wie sich der Rotkohlsaft verfärbt, lässt sich anhand einer Farbskala ablesen, ob die untersuchten Stoffe sauer oder basisch sind.

Durchführung im Schulunterricht

Im Rahmen der Unterrichtseinheit werden die Begriffe Säure bzw. sauer und nicht sauer (Lauge, Base) eingeführt und anschaulich vermittelt. Dazu lernen die Schüler mindestens einen Indikator kennen.

Auch in dieser Unterrichtseinheit stehen dem Lehrer mehrere Möglichkeiten zur Auswahl, wie und womit Lebensmittel und andere Stoffe auf ihren Säuregehalt getestet werden. Als kindgerechte Indikatoren eignen sich die folgenden Substanzen: Rotkohlsaft, Radieschen, Saft von roten Trauben, Kurkuma-Lösung⁵⁹, schwarzer Tee, Blütenblätter von Veilchen (natürliche Indikatoren). Alle genannten Möglichkeiten werden in diversen Fachbüchern oder auf Internetseiten ausführlich vorgestellt. Wir haben uns für den Einsatz in der Grundschule für Rotkohlsaft als Indikator entschieden, da der Farbumschlag sehr anschaulich und ein einwandfreies Gelingen gewährleistet ist. Außerdem ist Rotkohl ein heimisches Gemüse. Dadurch besteht ein direkter lebensweltlicher Bezug für die Kinder. Zur Herstellung von Rotkohlsaft gibt man frische, zerkleinerte Rotkohlblätter in einen Topf mit Leitungswasser und kocht die Mischung einige Minuten, bis sich ein roter Saft gebildet hat. Anschließend trennt man die ausgekochten Rotkohlblätter vom Rotkohlsaft und lässt die Lösung abkühlen. Der gewonnene Rotkohlsaft ist länger haltbar, wenn man ihn in dunkle Flaschen abfüllt und kühl lagert.

Der nächste Schritt besteht in der Auswahl der zu überprüfenden Alltagsstoffe. Sie sollten (in Lösung) möglichst unterschiedliche pH-Werte bilden, damit das breite farbliche Spektrum des pH-Indikators Anthocyanidin – das ist der Name des Farbstoffs im Rotkohlsaft – abgedeckt wird. Folgende Substanzen erscheinen uns als geeignet, da

⁵⁹ Kurkuma ist ein indisches Gewürz. Die Kurkuma-Lösung enthält einen Farbstoff, der sich in sauren Lösungen gelb und in basischen rötlich-braun verfärbt (vgl. VAN SAAN 2003, S. 153).

sie ungefährlich, den Kindern bekannt und unterschiedlich stark sauer sind: Zitronensaft, Essig, Obstsäfte, Cola, Weintrauben, Sauerkraut, Kaffee, Regenwasser, Milch, Leitungswasser, Spülmittel, Shampoo, Seife, Natron, Zahncreme, Backpulver, Waschmittel. Letztlich kann jedoch jede beliebige (ungefährliche) Substanz aus dem Haushalt oder der Umgebung der Kinder auf deren Säuregehalt überprüft werden, wengleich im Unterricht die Auswahl begrenzt sein sollte, damit genügend Zeit für eine naturwissenschaftliche Erklärung bleibt.

Der Einstieg in diese Unterrichtseinheit gestaltet sich als schwierig, da sich die Schüler nur bedingt selbständig die Eigenschaften des Indikators Rotkohlsaft erarbeiten können.

Eine weiteres Hindernis zeigt sich in der Wahl des geeigneten Zeitpunkts zur Vermittlung der naturwissenschaftlichen Deutung: Beschreibt man die Eigenschaft bzw. die Funktion des Rotkohlsaftes vor dem Experiment oder danach? Wird die Deutung bereits vor dem Experimentieren besprochen, steht sie für die Kinder noch in keinem direkten Zusammenhang zum Phänomen und die anschließenden Farbreaktionen sind so faszinierend, dass die vorher genannte Erklärung in den Hintergrund tritt und vergessen wird. Vorteilhafter erscheint es daher, wenn die Kinder zunächst das Experiment durchführen und dann während der naturwissenschaftlichen Deutung die überprüften Substanzen (Rotkohlsaft plus Alltagsstoff) und die dazugehörigen ursprünglich eingesetzten Alltagsstoffe optisch vor sich stehen haben. Dieses kann zum Verständnis des komplexen Themengebiets sehr hilfreich sein.

Um dieses doch recht schwierige Thema altersgerecht zu vereinfachen, haben wir uns entschieden, Begriffe wie Lauge oder Base nicht einzuführen und uns darauf beschränkt, von sauren und nicht sauren Stoffen zu sprechen. Der pH-Wert und sein gesamtes Spektrum gehören nicht in den Unterricht einer ersten oder zweiten Klasse. Begriffe wie Neutralstoffe, welche die violette Farbe des Rotkohlsaftes nicht verändern, sind für das Verständnis unnötig und können ebenfalls zunächst vernachlässigt werden.

Auswahl und Bearbeitung der Experimente

Tab. 8: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit „Nachweis von Säuren“

Einstieg	„Sortieren der Alltagsstoffe nach selbstgewählten Kriterien“
Experiment 1	„Alltagsstoffe mit Rotkohlsaft auf deren Säuregehalt testen“
Experiment 2	„Neutralisation“
Experiment 3	„Weintrauben/ Cola mit Rotkohlsaft testen“

Chemischer Hintergrund

In zahlreichen Beerenfrüchten, Blüten und Blumen, so auch im Rotkohl, sind Anthocyanpigmente enthalten. Anthocyane sind eine Gruppe von chemisch verwandten blauen, violetten und roten Farbstoffen, in denen der Farbstoff Anthocyanidin⁶⁰ glykosidisch mit Glucose oder anderen Monosacchariden verbunden ist. Die drei Stammverbindungen der Anthocyanidine sind Pelargonidin, Cyanidin und Delphinidin.

Der Farbstoff Anthocyanidin ist ein pH-Indikator. Dieser zeigt an, ob eine Lösung sauer, neutral oder alkalisch ("basisch") reagiert. Anthocyanidin besitzt zwei Umschlagsbereiche, einen im neutralen (pH 7) und einen im alkalischen Bereich (oberhalb von pH 10). Das im Rotkohlsaft enthaltene Cyanidin ist eine Farbsäure mit zwei OH-Gruppen, die Protonen abgeben können. Darauf beruht der Farbwechsel der Lösung (vgl. BLUME 2005a). Im folgenden Schema sind die Säure-Base-Reaktionen am Beispiel des Cyanidins dargestellt:

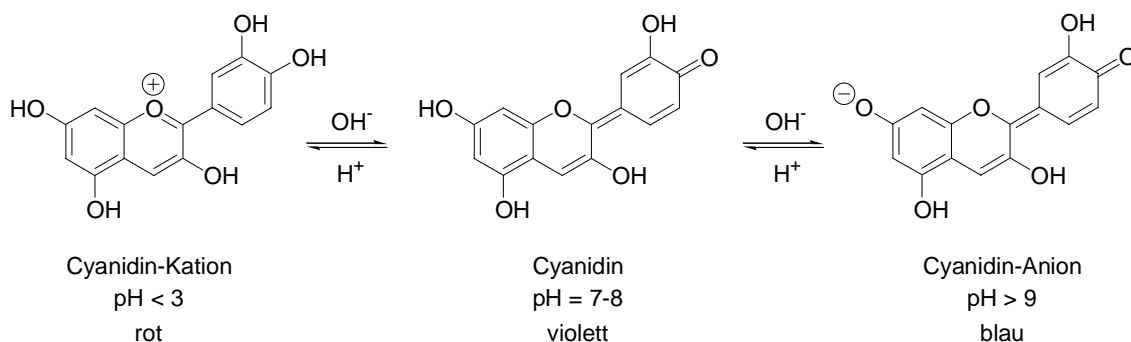


Abb. 13: Cyanidin bei verschiedenen pH-Werten

⁶⁰ Der Name leitet sich von den griechischen Worten kyaneos (blau) und anthos (Farbe) ab.

Einstieg: „Sortieren der Alltagsstoffe nach selbstgewählten Kriterien“

Benötigte Materialien:

- Sauerkraut
- Zitronensaft bzw. Zitronenkonzentrat
- Waschmittel (weiß)
- Stück Seife (weiß)
- Becher Leitungswasser
- Backpulver

Zum Einstieg in das Thema „Nachweis von Säuren“ werden den Schülern folgende sechs Alltagsstoffe vorgestellt: ein Glas Sauerkraut, ein Fläschchen Zitronensaft bzw. Zitronenkonzentrat, eine Tüte Waschmittel (weiß), ein Stück Seife (weiß), ein Becher Wasser und eine Tüte Backpulver. Die Schüler werden gebeten, die Alltagsgegenstände zu benennen und anschließend in eine von ihnen selbständig gewählte Ordnung zu bringen (denkbar ist eine Unterteilung in „fest“ und „flüssig“, „essbar“ und „nicht-essbar“, etc.).

Experiment 1: „Alltagsstoffe mit Rotkohlsaft auf deren Säuregehalt testen“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- Rotkohlsaft
- (evtl. als Anschauungsobjekt einen Kopf Rotkohl oder Rotkohl im Glas)
- Sauerkraut
- Zitronensaft bzw. Zitronenkonzentrat
- Waschmittel (weiß)
- Stück Seife (weiß)
- Becher Leitungswasser
- etwas Backpulver
- eine Pipette pro Kind (Alternativ: ein Strohhalm)
- sieben Plastikbecher, davon zwei große und fünf kleinere
- weiße oder gelbe Servietten zur Aufmerksamkeitslenkung und besseren Farberkennung

Jede Gruppe erhält eine Probe der sechs Alltagsstoffe (abgefüllt in einem Becher), sowie eine Pipette und einen Becher mit Rotkohlsaft. Zunächst wird die Funktion der

Pipette vorgestellt und die praktische Anwendung mit Wasser von jedem Schüler eingeübt. Anschließend wird auf jeden der mit den zu überprüfenden Stoffen gefüllten Becher eine volle Pipette (oder zwei halbe) Rotkohlsaft gegeben.

Die Reaktion zwischen Rotkohlsaft und Alltagsstoff erzeugt einen Farbwechsel. Die Schüler benennen noch einmal die eingesetzten Substanzen und beschreiben den beobachteten Farbumschlag. Parallel werden auf einem Arbeitsblatt die entstandenen Farbtöne eingezeichnet (siehe Anhang). Anschließend wird eine Umsortierung der Becher nach Farben vorgenommen: von hellrot über rot-violett, blau, grün bis hin zu gelb (das Waschmittel verfärbt sich zunächst grün und dann gelb).

Experiment 2: „Neutralisation“

Benötigte Materialien:

- Rotkohlsaft
- Essig
- Backpulver
- drei Plastikbecher, Pipette, Löffel

Beim folgenden Experiment handelt es sich um eine Neutralisationsreaktion. Es sollen die drei Bereiche „sauer“, „neutral“ und „nicht-sauer (basisch)“ anschaulich dargestellt werden.

Zuerst werden saure Lösungen hergestellt. Dazu wird in alle drei Becher etwas Essig gegeben und anschließend Rotkohlsaft dazu geträufelt, so dass eine hellrötliche Färbung entsteht. Später wird durch Zugabe verschiedener Mengen an Backpulver in zwei der drei Becher, die saure Lösung neutralisiert bzw. basisch gemacht.

In den ersten Becher wird wenig Backpulver dazugegeben: Es lässt sich ein Farbwechsel von hellrot zu violett verfolgen (neutraler pH-Wert). In den zweiten Becher füllt man mehr Backpulver dazu: Die Lösung verfärbt sich von rot über violett nach blau bzw. grün (basischer pH-Wert). Der dritte Becher bleibt unverändert und dient zum Vergleich.

Das Abschluss-Experiment dieser Unterrichtseinheit soll bei den Schülern einen kognitiven Konflikt erzeugen („schmeckt süß, enthält aber Säure“), zum Staunen anregen und zeigen, wofür Indikatoren wichtig sein können.

Experiment 3: „Weintrauben/ Cola mit Rotkohlsaft testen“

Benötigte Materialien:

- Rotkohlsaft
- Cola bzw. Weintrauben
- Becher, Pipette

Jede Gruppe bekommt einen Becher mit etwas Cola oder einer aufgeschnittenen Weintraube. Zu der Probe wird etwas Rotkohlsaft gegeben und der Farbwechsel beobachtet. Der entstehende Farbton (rötlich) zeigt an, dass sowohl Cola als auch die Weintrauben Säuren enthalten, obwohl sie süß schmecken.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschul Kinder

Die Reaktion zwischen einem Alltagsstoff und Rotkohlsaft ruft eine Farbveränderung hervor. Der Rotkohlsaft agiert als Indikator. Kindgerecht formuliert, stellt Rotkohlsaft einen Detektiv dar, der anzeigt, ob der überprüfte Stoff Säure enthält bzw. ob dieser Stoff sauer ist. Im Anfangsunterricht erscheint es uns ausreichend, wenn die Schüler erkennen: Je heller das Rot bei Zugabe von Rotkohlsaft erscheint, desto mehr Säure ist enthalten. Verfärbt es sich grün oder gelb, so enthält es wenig oder keine Säure. Der Begriff Lauge bzw. Base muss nicht zwingend genannt und thematisiert werden⁶¹.

⁶¹ Der chemiedidaktische Arbeitsbereich der Universität Paderborn hat im Rahmen von Freizeitveranstaltungen mit Grundschulkindern einige Experimentiereinheiten durchgeführt und evaluiert. Inhaltliche Schwerpunkte stellten dabei unter anderem Experimente zur Säure-Base-Thematik dar. Dabei gelangten sie zu dem Ergebnis, dass die Kinder mit großem Interesse – auch wiederholt – an den Kursen teilnahmen, dass das praktische Tun und der Umgang mit Stoffen ihr bevorzugtes Motiv war und dass sie eine bemerkenswerte Erinnerungs- bzw. Behaltensleistung an die Experimente zeigten. Gleichzeitig wurde allerdings auch kritisch angemerkt, dass die Kinder den übergeordneten sinnstiftenden Kontext der Experimente nicht erkannten (vgl. MÜLLER & BECKER 2001, S. 28ff.). Aufgrund dieser Feststellung haben wir uns bei der Vermittlung dieses Moduls bewusst auf ausgewählte Faktoren (z.B. „Säure“ bzw. „sauer“) beschränkt und damit die Möglichkeit bewahrt, in den darauf folgenden Schuljahren auf diese Experimentiereinheit aufbauen zu können (z.B. Einführung der Begriffe „Lauge“ bzw. „Base“).

2.2.4 Modul „Metalle“

Kinder sind fasziniert vom Glanz und der Härte metallischer Gegenstände. Schon früh setzen sie sich mit Metallen und deren kennzeichnenden Eigenschaften – zumeist auf unbewusste Art und Weise – auseinander: Durch Teile aus ihrer direkten Umwelt, wie das Auto der Eltern, das Besteck beim Essen oder die Nägel und Schrauben beim Basteln werden sie tagtäglich mit Metallen konfrontiert. Kindern ist bei diesen Alltagsgegenständen zumeist bewusst, dass es sich hierbei um Metalle handelt. Daher sind selbst Grundschulern – schon lange bevor sie den Chemieunterricht besuchen – nicht nur die Namen einiger Metalle bekannt, sie haben auch schon gewisse Vorstellungen über deren Eigenschaften, wie „hart“, „fest“, „glatt“ oder „glänzend“. Das Wissen über Metalle ist bei ihnen aber insgesamt sehr wenig strukturiert. So nennen viele Kinder jedes Metall „Eisen“ oder verwenden generell den Oberbegriff „Metall“ für alles was hart erscheint und eine glatte bzw. glänzende Oberfläche besitzt.

Durchführung im Schulunterricht

Das Thema "Metalle" lässt sich in verschiedenen Bereichen des Sachunterrichts einbinden. Gemäß den meisten deutschen Lehrplänen sind Metalle und deren Eigenschaften eher Unterrichtsgegenstand der Klassenstufen drei und vier⁶². Durch die folgende Unterrichtseinheit zu „Metallen“ erwerben die Schüler bereits zu Beginn der Grundschule einige grundlegende Kenntnisse über verschiedene Metalle und deren gemeinsame Eigenschaften.

Die nachfolgenden Experimente zeigen eher physikalische und tlw. auch technische Tendenzen, sind aber trotzdem im Bereich der „unbelebten Natur“ einzuordnen. Ziel ist es, den Kindern den „Metallbegriff“ als Oberbegriff für unterschiedliche Stoffe bzw. Gegenstände vorzustellen und die charakteristischen Eigenschaften der Metalle zu vermitteln (biegsam, gute Wärme- und Stromleiter, tlw. magnetisch, etc.). Der Vorgang

⁶² Das Thema „Metalle“ wird in Baden-Württemberg bereits im Elementarbereich thematisiert: „Phänomene der [...] unbelebten Natur (Mineralien, Gesteine, Metalle)“ (Orientierungsplan Baden-Württemberg 2005, S. 22). Hamburg sieht Themen rund um die Metalle ab der dritten Klasse vor: „Magnetismus: [...] Kräfte zwischen Eisen und Magneten“ oder „Stromkreis untersuchen, verschiedene Materialien zur Verkabelung erproben und elektrische Leitfähigkeit untersuchen“ (Hamburg: Rahmenplan Sachunterricht 2003, S. 27).

verschiedene Stoffe anhand ihrer chemischen und physikalischen Eigenschaften zu identifizieren und selbständig eine Ordnung herzustellen, ist ein zentraler Kernpunkt des späteren Chemieunterrichts.

Einige der bei den nachfolgend beschriebenen Experimenten auftretenden Phänomene sind für Grundschüler nicht immer bis ins letzte Detail zu erklären⁶³. Daher steht bei manchen Experimenten der phänomenologische Aspekt im Vordergrund.

Auswahl und Bearbeitung der Experimente

Tab. 9: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit „Metalle“

Einstieg:	„Sortieren der Gegenstände nach selbstgewählten Kriterien“ und „Biegsamkeit von Metallen“
Experiment 1	„Elektrische Leitfähigkeit“
Experiment 2	„Magnetismus“
Experiment 3	„Wärmeleitfähigkeit“ („ <i>Demonstrationsexperiment</i> “)
Experiment 4	„Metallstromkreis“

Chemischer Hintergrund

Etwa 80% aller chemischen Elemente sind Metalle. Im Periodensystem der Elemente sind die Metalle nicht bestimmten Reihen oder Perioden zugeordnet, vielmehr befinden sie sich links und unterhalb einer Linie vom Bor zum Polonium. Oben rechts befinden sich die Nichtmetalle, dazwischen liegen die Halbmetalle. Allgemein lässt sich sagen,

⁶³ Mit der Entscheidung, das Thema „Metalle“ für den Anfangsunterricht aufzuarbeiten, auch wenn nicht immer altersgerechte Erklärungen für die Phänomene gefunden werden können, widersprechen wir uns im Grunde selbst. Wie bereits bei den Rahmenbedingungen (vgl. *Kap. 2.1*) beschrieben, ist eine wichtige Prämisse bei der Auswahl unserer Experimente, dass sie das Kriterium der vereinfachten naturwissenschaftlichen Deutung erfüllen. Daher hatten wir auch im Vorhinein große Bedenken, dieses Modul zu konzipieren. Ein Grund für unsere Entscheidung ist die Tatsache, dass in vielen Lehrbüchern und –plänen für den Sachunterricht Unterrichtseinheiten zu Metallen, Magnetismus und Leitfähigkeit gefordert werden und darüber hinaus Grundschüler diesen Themen große Motivation und viel Freude entgegenbringen.

dass der metallische Charakter innerhalb einer Periode von links nach rechts abnimmt und von oben nach unten zunimmt.

Typische Eigenschaften von Metallen sind (vgl. RIEDEL 2002, S. 165ff.):

1. Dehnbarkeit und plastische Verformbarkeit (Duktilität)
2. Gute elektrische und thermische Leitfähigkeit
3. Metallischer Glanz der Oberfläche, Undurchsichtigkeit

Die vorgestellten charakteristischen Merkmale der Metalle beruhen auf deren besonderen Kristallstrukturen und den Bindungsverhältnissen in metallischen Substanzen. Diese sind anhand einiger Modelle erklärbar, zum Beispiel mit dem Elektronengasmodell nach DRUDE und LORENTZ bzw. mit Hilfe des quantenmechanischen Modells (MO-Modell). Eine detaillierte Beschreibung dieser Modelle erscheint uns im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht angebracht. Daher wird an dieser Stelle lediglich auf einschlägige Literatur verwiesen (Überblicke hierzu bieten z.B. HOLLEMAN & WIBERG 1995, S. 145ff., RIEDEL 2002, S. 165ff.).

Einstieg: „Sortieren der Alltagsgegenstände nach selbstgewählten Kriterien“ und „Biigsamkeit von Metallen“

Benötigte Materialien:

- Büroklammer, Metall-Löffel, Kupferblech, Nagel („*Metalle*“)
- Glasstab, Holzstab, Plastikpipette, Luftballon („*Nichtmetalle*“)

Zum Einstieg in das Modul „Metalle“ werden den Schülern acht Alltagsgegenstände vorgestellt: Eine Büroklammer, ein Metall-Löffel, ein Kupferblech, ein Nagel, ein Glasstab, ein Holzstab, eine Plastikpipette und ein Luftballon. Die Schüler werden gebeten, die Gegenstände zu benennen, zu beschreiben aus welchem Material sie hergestellt sind und anschließend in eine von ihnen selbständig gewählte Ordnung zu bringen (zum Beispiel eine Unterteilung in „zum Basteln“, „zum Spielen“ und „zum Essen“, etc.).

Es wird der Begriff „Metall“ eingeführt und die Schüler sollen aus den acht vorgegebenen Gegenständen alle metallischen aussortieren. Anhand dieser Auswahl wird das Aussehen von Metallen besprochen und die Erfahrungen und Kenntnisse der

Schüler über Metalle diskutiert. Zuletzt werden die metallischen Gegenstände auf ihre Biegsamkeit überprüft und mit den verbliebenen Gegenständen verglichen.

Experiment 1: „Elektrische Leitfähigkeit“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- drei Kabel (etwa 50 cm lang), zwei Krokodilklemmen
- Glühbirne mit Fassung, 4,5 Volt-Batterie
- Büroklammer, Metall-Löffel, Kupferblech, Nagel („*Metalle*“)
- Glasstab, Holzstab, Plastikpipette, Luftballon („*Nichtmetalle*“)

Zu Beginn des ersten Experiments wird kurz das Prinzip und der Aufbau eines Stromkreises vorgestellt. Anschließend werden die Schüler in Kleingruppen eingeteilt und erhalten zusätzlich zu den acht bereits vorgestellten Gegenständen: drei Kabel, zwei Krokodilklemmen, eine 4,5 Volt-Batterie und eine Glühbirne mit Fassung. Zusätzlich wird für jeden Schüler ein Arbeitsblatt ausgeteilt (siehe Anhang). Kabel, Krokodilklemmen und Glühbirne mit Fassung werden so miteinander verbunden, dass eine „Lücke“ im System bleibt und dadurch ein (noch) „offener“ Stromkreis hergestellt wird. Nun gilt es, die acht Gegenstände auf deren elektrische Leitfähigkeit hin zu überprüfen, indem der jeweilige Gegenstand in den noch „offenen“ Stromkreis integriert wird und dadurch die oben beschriebene Lücke schließt. Leuchtet die Glühbirne auf, so findet ein Stromfluss durch den zu analysierenden Gegenstand statt. In diesem Fall „leitet“ der Gegenstand also den Strom. Die Ergebnisse werden auf dem Arbeitsblatt notiert.

Experiment 2: „Magnetismus“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- Magnet
- Büroklammer, Metall-Löffel, Kupferblech, Nagel („*Metalle*“)
- Glasstab, Holzstab, Plastikpipette, Luftballon („*Nichtmetalle*“)

Zum Einstieg in das zweite Experiment wird kurz das Phänomen des „Magnetismus“ erläutert. Anschließend erhält jede Schülergruppe einen Magneten. Die bereits ausge-

teilten acht Materialien werden auf ihre magnetische Eigenschaften überprüft und die Beobachtungen auf dem Arbeitsblatt festgehalten. Darüber hinaus können die Schüler auch Gegenstände aus ihrer Federmappe etc. mit dem Magneten auf „Magnetismus“ testen.

Experiment 3: „Wärmeleitfähigkeit“ („Demonstrationsexperiment“)

Benötigte Materialien:

- Becher aus verschiedenen Materialien: Holz, Plastik, Metall („z.B. eine Konservendose) , Kunststoff und Glas
- Butter
- Gummibärchen
- heißes Wasser
- fünf Wasserbehälter (z.B. kleine Kannen, etc.)

Für das Experiment 3 werden fünf Becher, bestehend aus verschiedenen Materialien wie Holz, Plastik, Glas, Metall und Kunststoff, benötigt. Mit Hilfe von etwas Butter wird von außen an jedem Becher – immer auf gleiche Höhe – ein Gummibärchen befestigt. Parallel wird heißes Wasser in einem Wasserkocher zubereitet. Das heiße Wasser wird in fünf Behälter gefüllt und anschließend von fünf Schülern gleichzeitig in die jeweiligen „Versuchsbecher“ gegossen, so dass der Wasserstand in allen Bechern ungefähr gleich hoch ist. In Abhängigkeit von der Wärmeleitfähigkeit der eingesetzten Materialien „rutschen“ die Gummibärchen unterschiedlich schnell an der Außenwand der Becher hinunter.

Experiment 4: „Metallstromkreis“

Benötigte Materialien (pro Gruppe):

- drei Kabel, zwei Krokodilklemmen
- Glühbirne mit Fassung bzw. kleiner Ventilator, 4,5 Volt-Batterie
- Büroklammer, Metall-Löffel, Kupferblech, Nagel („Metalle“)

Das letzte Experiment dieser Unterrichtseinheit lässt sich sehr gut mit der gesamten Klasse durchführen. Dazu werden die Schüler gebeten, alle untersuchten Gegenstände

die einen metallischen Charakter aufweisen, auf einen zentralen Experimentiertisch zu legen und so miteinander zu verknüpfen, dass – verbunden mit drei Kabeln und einer Glühbirne bzw. einem Ventilator mit Fassung – ein möglichst „großer“ und geschlossener Stromkreis entsteht.

Naturwissenschaftliche Erklärung für Grundschulkinder

Im Rahmen des Moduls zum Thema „Metalle“ steht der phänomenologische Aspekt im Vordergrund. Die vorgestellten Experimente vermitteln einige der charakteristischen Eigenschaften von Metallen auf anschauliche Art und Weise. Eine detailgenaue und altersgerechte naturwissenschaftliche Erklärung für die meisten der zum Teil hoch komplexen physikalischen Vorgänge ist jedoch nicht immer auf kindgerechtem Wege vermittelbar, da eine weitere Vereinfachung der bereits entwickelten Modelle (Elektronengasmodell bzw. quantenmechanisches Modell) nur schwer umzusetzen ist.

Warum leiten Metalle Strom? Eine Antwort auf Grundschulniveau ist nicht trivial und wohl nur mit Hilfe von animistischen Erklärungen bzw. Abbildungen möglich. Zum Beispiel, indem man Atome („Teilchen“) aus einem positiven Atomkern und negativ geladenen Elektronen darstellt, wobei die Elektronen – ähnlich den Planeten in unserem Sonnensystem – um den Atomkern kreisen. Zur weiteren Erklärung sollte darüber hinaus die Existenz von freien Elektronen veranschaulicht werden. Diese können von Atom zu Atom wandern und leiten den Strom, da diese Art von Elektronen durch einen äußeren Einfluss (z.B. durch Anlegen einer Spannung mittels Batterie) dazu gebracht werden können, eine bestimmte Bewegungsrichtung einzuschlagen und damit einen „Stromfluss“ zu gewährleisten. In Metallen ist die Zahl der freien Elektronen („Elektronengas“) sehr groß und daher die elektrische Leitfähigkeit auch relativ hoch.

Warum sind einige Metalle magnetisch und andere nicht? Was ist eigentlich Magnetismus? Auch dieses Phänomen ist grundschulgerecht sicherlich nur schwer erklärbar. Verdeutlicht werden muss, dass sich Magnetismus in der Hauptsache auf einige wenige Materialien (und damit auch nicht auf alle Metalle) – wie insbesondere Eisen, Kobalt und Nickel (Ferromagnetismus) – beschränkt.

Aufgrund der eingeschränkten Erklärungsmöglichkeiten der beschriebenen Experimente, befolgen wir in diesem Modul den Empfehlungen der GDCh zur Stärkung der

naturwissenschaftlichen Bildung im Sachunterricht. Dort heißt es nämlich, dass in der Grundschule ein „sehr stark an den Phänomenen orientierter Lernweg“ erarbeitet werden sollte (Fachgruppe Chemieunterricht der GDCh 2005, S. 7). Auch die weiteren fachlichen Inhaltsvorgaben der GDCh-Empfehlungen werden durch die Experimentierreihe zum Thema „Metalle“ erfüllt, zum Beispiel die Charakterisierung von Stoffeigenschaften wie „Farbe; schwerer, leichter als ...; weicher, härter als ...; Glanz; auch Magnetisierbarkeit“ (ebd. S. 10) und die Behandlung von Phänomenen wie den elektrischen Strom (ebd., S. 11) und das Sortieren von Werkstoffen (ebd. S. 12).

Ziel unserer Experimentiereinheit ist es, dass sich die Schüler mit dem „Metallbegriff“ intensiv auseinandersetzen, indem sie metallische Eigenschaften selbständig ermitteln und eine Kategorisierung und Ordnung herstellen. Dabei steht insgesamt der phänomenologische Aspekt im Mittelpunkt, wobei – wie oben angedeutet – auf animistische Art und Weise auch einige der physikalischen Vorgänge kindgerecht erklärt werden können.

3 Empirische Untersuchungen

Der naturwissenschaftlich-technische Unterricht zählt weltweit zum Kerncurriculum der Primarstufe. International stehen für die entsprechenden Leitorientierungen die Begriffe „scientific literacy“ bzw. „culture scientific“. Sie bezeichnen im Wesentlichen das, was in Deutschland unter naturwissenschaftlicher und technischer Bildung verstanden wird (vgl. LAUTERBACH 2001, S. 504).

Während international derzeit umfassende Bildungsprogramme für den naturwissenschaftlichen Bereich entwickelt werden⁶⁴, befindet sich national der naturwissenschaftliche Unterricht der Primarstufe eher noch in den Startlöchern. Die Analyse der Lehrpläne des Sachunterrichts (siehe *Kap. 1.2*) verdeutlicht zwar einen leichten Trend hin zur unbelebten Natur, trotzdem sind noch große Defizite – besonders im Anfangsunterricht – bei der Behandlung von Naturphänomenen erkennbar. Dies wird auch von den Didaktikern des Sachunterrichts in zahlreichen Veröffentlichungen bestätigt: Naturwissenschaftliche Unterrichtsinhalte werden zu wenig im Unterricht behandelt; sie sind in der Regel ohne Tiefgang und mit zu kurzer Reichweite. Die Kinder sind unterfordert und die Inhalte werden trivialisiert (vgl. u.a. SCHREIER 1989; DUNCKER & POPP 1994; LAUTERBACH 2001).

Die Gründe für die defizitäre Behandlung naturwissenschaftlicher und insbesondere chemischer und physikalischer Themen sind vielfältig. Sicherlich spielen die wenig kind- dafür strukturorientierten Ansätze der 70er Jahre des 20. Jahrhunderts immer noch eine Rolle. Viele Lehrer sind seitdem skeptisch und zurückhaltend gegenüber der Durchführung von Experimenten im Sachunterricht. Häufig verfügen sie auch nicht über das entsprechende Interesse und die sachlichen Kompetenzen im Bereich der unbelebten Natur, sicherlich auch weil ihnen das entsprechende didaktische Angebot (Materialien, Konzepte, Fortbildungen, etc) oftmals fehlt. Aber auch in diesem Bereich zeichnet sich eine Trendwende ab: Lehrer nehmen immer häufiger an naturwissenschaftlich orientierten Fortbildungen teil (vgl. DRECHSLER & GERLACH

⁶⁴ Das wohl umfangreichste naturwissenschaftlich-technische Projekt wird derzeit in den USA erprobt. Das „Projekt 2061“ wird von der „American Association for the Advancement of Science“ (AAAS) – der größten Dachorganisation aller naturwissenschaftlichen Fachgesellschaften in den USA – durchgeführt. Das Projektziel lautet: „Science literacy for all Americans“. Dazu wurden zahlreiche Leistungsstandards entwickelt, die bereits von vielen Bundesstaaten übernommen wurden (vgl. <http://www.projekt2061.org/>; LAUTERBACH 2001, S. 505).

2001) und auch das Angebot an didaktischen Materialien wird immer umfangreicher (z.B. KAISER & MANNEL 2004).

Die aktuelle Forschung zum naturwissenschaftlichen Sachunterricht beschäftigt sich überwiegend mit neuen Unterrichtsansätzen und -methoden, Schülervorstellungen, dem Anschauungsproblem (vgl. EINSIEDLER 1997) oder der Förderung bestimmter Interessen (vgl. HARTINGER 1997).

Dagegen fehlt es bisher weitgehend an Untersuchungen zur Evaluation konkreter Unterrichtsinhalte für den Bereich der unbelebten Natur. MÖLLERs Studien – beispielsweise zum Auftrieb – fanden zwar auch im realen Schulalltag statt, allerdings erst für Kinder ab der dritten Schulklasse (vgl. MÖLLER 1991; MÖLLER 1999).

3.1 Untersuchungsgegenstand

3.1.1 Legitimation des Untersuchungsgegenstandes

Für den Anfangsunterricht stellen Untersuchungen zur Vermittlung naturwissenschaftlicher Phänomene noch ein weitgehend unbearbeitetes Feld dar. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt eine erste thematische Annäherung an dieses Forschungsgebiet. Dazu wurden Experimentierreihen konzipiert, in der Praxis durchgeführt und abschließend mit Hilfe verschiedener quantitativer und qualitativer Methoden evaluiert.

3.1.1.1 Bisherige Untersuchungen

Die geplante Untersuchung baut auf den Forschungsergebnissen LÜCKs im Elementarbereich auf und erfährt daher ihre Legitimation. LÜCK evaluierte während ihrer rund zweieinhalbjährigen empirischen Untersuchung, wie Kindergartenkinder an die Phänomene der unbelebten Natur herangeführt werden können. Dazu erprobte sie in verschiedenen Kindergärten eine zehn Versuche umfassende Experimentierreihe zur unbelebten Natur, unter anderem mit den Zielen, das Interesse der Kinder an den Versuchen zu erfassen und den bleibenden Eindruck der vorgestellten Phänomene zu ermitteln. Dabei zeigte sich, dass Kindergartenkinder an naturwissenschaftlichen Experimenten und deren Deutungen interessiert sind: So lag die freiwillige Teilnahme an LÜCKs Experimentierreihen bei etwa 70%. Darüber hinaus konnten sich die Kinder

auch nach mehreren Monaten noch detailgenau an die Experimente erinnern. So blieben etwa 30% der Experimente sogar mit ihrer naturwissenschaftlichen Deutung in Erinnerung, 20 weitere Prozent bei ein wenig Hilfestellung (vgl. LÜCK 2000, S. 218f.). Eine weitere Legitimation für die vorliegende Untersuchung erfolgt durch aktuelle lern- und entwicklungspsychologische Erkenntnisse.

3.1.1.2 Lern- und entwicklungspsychologische Voraussetzungen von Grundschulkindern

Das kindliche Denken ist eines der zentralen Themen der Entwicklungspsychologie. Von besonderem Interesse ist dabei die Beantwortung der Frage, wie sich die wichtigsten kognitiven Funktionen (Lernen, Erinnern, logisches Denken, Problemlösen und Wissensrepräsentation) im Verlauf der Kindheit entwickeln. Eine Auseinandersetzung mit den lern- und entwicklungspsychologischen Voraussetzungen von Grundschulkindern ist in Anbetracht der Frage, ob Kinder in dieser Altersgruppe überhaupt die entsprechenden kognitiven Fähigkeiten für einen Zugang zu naturwissenschaftlichen Phänomenen mitbringen, von immenser Bedeutung. Daher wird im Folgenden kurz auf entsprechende Untersuchungen und Aussagen von Psychologen eingegangen.

Zahlreiche Studien über die kognitive Entwicklung von Kindern – zumeist basierend auf Erkenntnissen, die aus psychologischen Experimenten gewonnen wurden – zeigen, dass Kinder eine angeborene Neigung haben, kausale Zusammenhänge zu begreifen. Kinder versuchen, Alltagsphänomene über Ursache-Wirkungs-Erklärungen zu deuten. Dazu entwickeln sie bereits früh kognitive Rahmenstrukturen, die ihnen helfen, ihre Erfahrungen einzuordnen, wichtige physikalische und biologische Zusammenhänge zu verstehen und auf der Grundlage kausaler Gesetzmäßigkeiten logische Schlussfolgerungen zu ziehen (vgl. GOSWAMI 2001). Wie kam es zu diesen Erkenntnissen?

Es haben sich im Laufe der Zeit zwei alternative – sich aber durchaus ergänzende – Erklärungsansätze zur kognitiven Entwicklung bei Kindern herauskristallisiert: Zum einen werden die Veränderungen im kindlichen Denken als „*bereichsübergreifend*“ charakterisiert, in der Annahme, dass sich die kognitiven Entwicklungen auf alle Bereiche (oder Domänen) gleichermaßen auswirken. Dagegen gehen „*bereichsspezifische*“ Ansätze von der Vermutung aus, dass sich logisches Denken eher losgelöst

und zu unterschiedlichen Zeiten in den unterschiedlichen Bereichen ausgebildet. Bereichsspezifische Erklärungsansätze für die kognitive Entwicklung unterstreichen daher besonders die Bedeutung der Wissensbasis für das kindliche Denken (vgl. ebd., S.16f.). Wodurch legitimieren sich diese unterschiedlichen Erklärungsmodelle?

Lange Zeit nahm man in der Entwicklungspsychologie an, dass sich die Fähigkeit zum wissenschaftlichen Denken im Sinne der systematischen Bildung und Evaluation von Theorien und Hypothesen erst im Jugendalter ausbildet (vgl. OERTER & DREHER 2002, S. 485). Der bedeutendste Repräsentant dieser Theorie war der Schweizer Psychologe JEAN PIAGET (1896 - 1980), der die Entwicklungspsychologie auf dem Gebiet der kognitiven Entwicklung auch heute noch stark prägt. PIAGETs Ziel war es, herauszufinden wie es Kindern und Jugendlichen gelingt, ihr Wissen von der Welt zu konstruieren. Dazu entwickelte er zahlreiche Untersuchungen, in denen sich die Versuchspersonen vorwiegend mit Problemen und Fragestellungen aus dem naturwissenschaftlichen Bereich auseinandersetzten (vgl. MIETZEL 2002, S. 263). PIAGET kam aufgrund seiner Studien zu der Schlussfolgerung, dass die Entwicklung des Denkens Stadien durchläuft („bereichsübergreifend“), die sich durch „einander ablösende Wissensformen oder Denksysteme“ (GOSWAMI 2001, S. 338) auszeichnen.

In Bezug auf die Vermittlung von Naturphänomenen im Kindesalter stellte PIAGET heraus, dass „für kleine Kinder vor dem sechsten Lebensjahr das geistige Leben überhaupt nicht existiert. Im Hinblick auf psychologische Phänomene sind sie Realisten, sagt er. Sie unterscheiden nicht zwischen geistigen Gebilden, wie Gedanken und Träumen, und realen physischen Dingen“ (ASTINGTON 2000, S. 17).

PIAGETs Verdienste – speziell für die Kognitionspsychologie – sind unbestritten, doch Nachfolgestudien offenbaren zahlreiche gravierende Schwächen in PIAGETs Untersuchungen und Theorien, so dass sich die ursprüngliche Zustimmung zu seinen Aussagen inzwischen etwas relativiert hat (vgl. z.B. MILLER 1993, S. 94ff.). Neuere Studien zur Entwicklung des kausalen Denkens zeigen nämlich, dass sich Kinder viel kompetenter in ihrem Denken und Schlussfolgern über die physische Welt erweisen, als es PIAGET annahm (vgl. SODIAN 1994, BULLOCK et al. 1982). So ziehen Kinder schon mit drei bis vier Jahren kausale Schlüsse nach ähnlichen Prinzipien wie Erwachsene, sofern die beobachteten Phänomene sich ohne spezifisches Vorwissen interpretieren lassen (vgl. BULLOCK & SODIAN 2003, S. 75).

Bereichsspezifische Ansätze gehen davon aus, dass die kognitive Entwicklung von bestimmten inneren Mechanismen abhängt, die relativ genau und restriktiv festlegen, was aus spezifischen Informationen bzw. Erfahrungen gelernt wird. Ausgangspunkt dieser Ansätze ist die Überlegung, dass Kinder nur aufgrund solcher bereichsspezifischer Entfaltungen bereits so früh über ein so ausgeprägtes Wissen verfügen können, wie sie es tun (vgl. z.B. HIRSCHFELD & GELMAN 1994, GOSWAMI 2001, S. 364f.). Entwicklungspsychologen postulieren, dass das kognitive Verständnis von Kindern nicht aufgrund fehlender Fähigkeiten zum kausalen Denken oder zum logischen Folgern limitiert ist, sondern dass der Hauptgrund dafür in ihrem mangelnden domänenspezifischen Wissen liegt. So ist der Fortschritt in der kognitiven Entwicklung „vor allem auf dem Erwerb und die Reorganisation bereichsspezifischen Wissens zurückzuführen, nicht auf domänenübergreifende Veränderungen des logischen Denkens oder der Wissensrepräsentation“ (BULLOCK & SODIAN 2003, S. 75).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die vielfach diskutierte Metapher vom „Kind als Wissenschaftler“ vor dem Hintergrund neuer entwicklungspsychologischer Erkenntnisse als durchaus angemessen erscheint. Kinder greifen schon früh aktiv – zum Beispiel durch eigenständiges „Experimentieren“ – in ihre Umgebung ein. Dabei decken sie Ursache-Wirkungs-Beziehungen auf, aus denen sie Rückschlüsse auf die Ursachen von Ereignissen ziehen (vgl. ebd. S.75). Dies wird durch zahlreiche aktuelle Untersuchungen bestätigt. So stellen beispielsweise SODIAN et al. (1991) in ihren Studien fest, dass schon Grundschüler (Erst- und Zweitklässler) über die Fähigkeit zum wissenschaftlichen Denken verfügen (vgl. SODIAN et al. 1991). Weitere Untersuchungen zu diesem Forschungsschwerpunkt lassen sich bei OERTER & DREHER nachlesen (vgl. OERTER & DREHER 2002, S. 487).

3.1.2 Beschreibung des Untersuchungsgegenstandes

Das folgende Kapitel stellt die genannten Untersuchungsschritte vor und nennt Begründungen für die jeweilige Vorgehensweise: Vorab wird der Untersuchungsgegenstand der empirischen Arbeiten dargelegt sowie das methodische Vorgehen aufgezeigt. Daran anschließend werden die verschiedenen Abschnitte der empirischen Untersuchungen beschrieben. Abschließend erfolgt eine Präsentation der Untersuchungsergebnisse.

Den Schwerpunkt der empirischen Untersuchungen bildet die Evaluation der entwickelten chemischen und physikalischen Module für den Anfangsunterricht des Sachunterrichts. Eine umfangreiche Evaluation von Experimenten ist unumgänglich, um tragfähige Empfehlungen für die Zukunft machen zu können⁶⁵. Darüber hinaus wird die affektiv-emotionale und kognitive Wirkungsweise der eingesetzten Experimente mit Hilfe verschiedener Methoden (Erlebnisprotokolle, Interviews, Mehrfachwahlaufgaben, etc.) überprüft.

Folgende Hypothesen sollen mit Hilfe der empirischen Untersuchungen überprüft werden:

1. *Die chemischen und physikalischen Experimente werden von den Schülern positiv-affektiv aufgenommen und mit großem Interesse durchgeführt*⁶⁶.

Diese Hypothese wurde für den Elementarbereich bereits von LÜCK bestätigt (vgl. LÜCK 2000, S. 175ff.). Im Anfangsunterricht der Primarstufe gibt es bisher aber keine Untersuchungen bzgl. einer interessierten Grundhaltung der Schüler gegenüber Experimenten zur unbelebten Natur. Nur eine positive affektiv-emotionale Einstellung der Schüler zu den Experimenten kann zu einem langfristigen Interesse an dem Lerngegenstand führen.

⁶⁵ In der Chemiesdidaktik findet man in Bezug auf die Evaluation von Experimenten im Rahmen von empirischen Forschungen im schulischen Bereich verschiedene Positionen: TAUSCH & GOODWIN vertreten den Standpunkt, dass die Ergebnisse empirischer Forschungen zur Effizienz von Lehr- und Lernprozessen keinen entscheidenden Einfluss auf die Unterrichtspraxis haben, da zu viele Variablen das Unterrichtsgeschehen insgesamt bestimmen (vgl. TAUSCH & GOODWIN 2003, S. 211). Dem widersprechen EILKS & RALLE, indem sie anmerken, „dass Vorschläge zur Verbesserung der praktischen schulischen Arbeit nicht oder nicht hinreichend vor dem Hintergrund der Erkenntnisse der empirischen Forschung diskutiert wurden“ (vgl. EILKS & RALLE, S. 172; FÖRSTER 2005, S. 98).

⁶⁶ Der in dieser Arbeit verwendete Begriff „Interesse“ bezeichnet die sich ständig verändernde Relation zwischen Person und Gegenstand. Interesse ist epistemologisch orientiert. „Über das interessierte gegenstandsbezogene Handeln werden Weltbereiche erschlossen, Wissensbestände generiert und Kompetenzen entwickelt (PRENZEL et al. 2000, S. 13). Interesse stellt die motivationale Grundlage für weitere Bildungsprozesse dar.

2. *Es lassen sich Schulexperimente zur unbelebten Natur so optimieren, dass sie für den Anfangsunterricht der Primarstufe geeignet und selbst in einem Klassenverband von bis zu 30 Schülern durchführbar sind.*

Eine Bestätigung dieser Hypothese würde einen wichtigen Schritt in Richtung Implementierung naturwissenschaftlicher Experimente für den Anfangsunterricht darstellen. Denn erst wenn gewährleistet werden kann, dass ein experimentell ausgelegter Unterricht durchführbar erscheint, können realistische Empfehlungen für die Lehrkräfte gegeben werden.

3. *Die Schüler können sich selbst nach einem längeren Zeitraum, sowohl aus affektiv-emotionaler wie auch aus kognitiver Sicht, an die durchgeführten Experimente und deren naturwissenschaftliche Deutung erinnern.*

Ein positiver Beleg für diese Hypothese würde bedeuten, dass die Experimente einen bleibenden Eindruck bei den Kindern hinterlassen haben. Eine Verfestigung des Gelernten würde einen experimentell ausgelegten Unterricht legitimieren.

Bei der vorliegenden Untersuchung handelt es sich um eine erste empirische Annäherung an das Themengebiet „Entwicklung eines anschlussfähigen, also ein auf den Elementarbereich aufbauendes Curriculum für den Anfangsunterricht der Primarstufe mit Themen zur unbelebten Natur“. Daher sind die Hypothesen sehr allgemein formuliert. Im Rahmen weiterer Arbeiten könnten gezielt experimentelle Themen intensiver evaluiert werden, zum Beispiel mit Prä- und Posttests im Hinblick auf einen Konzeptwechsel⁶⁷. Allerdings sollte man bedenken, dass im Grundschulbereich nicht das Ziel im Vordergrund steht, bei den Kindern einen Vorstellungswechsel (von

⁶⁷ Der Begriff „Konzeptwechsel“ gilt seit Jahren als Markenzeichen des neuen konstruktivistischen Ansatzes von Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften (vgl. DUIT 1996, S. 146). Das Ziel des Konzept- oder auch Vorstellungswechsels ist es, „Möglichkeiten aufzuzeigen, wie Schüler von ihren Alltagsvorstellungen zu einer wissenschaftlichen Sicht geführt werden können. Eine wesentliche Hilfe hierzu ist die konstruktivistische Grundidee, nach der der Wissenserwerb als aktive Konstruktion von Wissen durch die Schüler auf der Grundlage vorhandener Vorstellungen charakterisiert wird.“ (HEINECKE 1997, S. 330). Für die Forschung im Grundschulalter ist der Conceptual-Change-Ansatz von CAREY (1985) von Bedeutung. CAREYs zentraler Begriff ist die „Umstrukturierung“: „Novizen werden zu Experten, indem sie durch Umstrukturierung mehr Relationen und mehr abstrakte Schemata in ihren kognitiven Strukturen schaffen“ (EINSIEDLER 2002, S. 24).

Alltagsvorstellungen zu wissenschaftlichen Vorstellungen) zu erzeugen, sondern eine langsame, zielgerichtete Annäherung an wissenschaftliche Denkweisen zu erreichen. Der Sachunterricht dient als Grundlage im Vorfeld der Naturwissenschaften und soll ein weiterführendes, naturwissenschaftsorientiertes Lernen ermöglichen.

3.1.3 Untersuchungsdesign

Die Zielgruppe dieser Arbeit sind Grundschul Kinder der ersten und zweiten Klasse. Für diese Altersgruppe sollen geeignete Experimente und Unterrichtsinhalte zur unbelebten Natur entwickelt werden, um an die im Kindergarten begonnene Heranführung an diese Thematik kontinuierlich und ohne Unterbrechung anschließen zu können. Zur Realisierung der gesteckten Ziele war vor Beginn der empirischen Untersuchung, neben dem Studium der Bildungs- und Lehrpläne für den Elementar- und Primarstufenbereich (vgl. *Kap. 1*) auch eine intensive Auseinandersetzung mit Kindern des entsprechenden Alters notwendig, um einerseits deren Fähigkeiten und Fertigkeiten und andererseits den regulären Sachunterricht kennen zu lernen. Dazu fanden zu Beginn der empirischen Untersuchungen in den jeweiligen Grundschulen mehrmalige Hospitationen statt. Darüber hinaus ermöglichte die temporäre Mitarbeit in zwei weiteren Dissertationsprojekten an der Universität Bielefeld eine weitere Auseinandersetzung mit der Zielgruppe⁶⁸.

Die eigentlichen empirischen Untersuchungen fanden in zwei Bielefelder Grundschulen statt: Von Januar 2004 bis Juli 2004 in der Grundschule Wellensiek und von November 2004 bis März 2005 in der Grundschule Theesen. Das Ziel der Untersuchungen bestand in einer methodischen Überprüfung der aufgestellten Hypothesen.

⁶⁸ Zum einen konnte ich im Rahmen des Promotionsvorhabens von LANGERMANN zur „Akzeptanz naturwissenschaftlicher Phänomene bei behinderten Kindern“ einige Erfahrungen im Kindergartenalltag sammeln. Zum anderen betreute ich einige Experimentierstationen beim mehrmaligen Besuch von Grundschulklassen in dem von FÖRSTER entwickelten Science-Center (vgl. FÖRSTER 2005).

3.1.4 Untersuchungsverfahren

„Das Kennzeichen von wissenschaftlichen Aussagen ist die Methodisierung der Erfahrungsgewinnung: Es sind die Methoden einer Disziplin, die Forschung von bloßer Beobachtung und Spekulation trennen“ (ROßBACH 2002, S. 41). So muss sichergestellt werden, dass die gewonnenen Untersuchungsergebnisse von der wissenschaftlichen Gemeinschaft überprüft und nachvollzogen werden können. Dazu steht eine Vielzahl an Forschungsmethoden zur Verfügung, immer mit der Prämisse, den Grundanforderungen aller Methoden nachzukommen.

Zur Überprüfung der oben genannten Hypothesen sowie zur Datenerhebung, -aufbereitung und -auswertung wurden mehrere Untersuchungsinstrumente eingesetzt (Methodenvielfalt), die alle unter dem Bereich der quantitativen bzw. qualitativen Forschung subsumiert werden können.

In der pädagogischen Forschung haben sich in den 90er Jahren des vergangenen Jahrhunderts verschiedene wissenschaftstheoretische Standpunkte herausgebildet, von denen aus empirische Forschung – unter Einsatz verschiedener Forschungsmethoden – betrieben werden kann. Trotz aller Differenzen zwischen den Methoden kristallisiert sich ein gemeinsamer Kernbestand an Forschungsmethoden heraus, der die *Befragung*, die *Beobachtung*, die *Inhaltsanalyse* und das *Experiment* umfasst. Darüber hinaus existieren eine Vielzahl weiterer Einzelverfahren (Gruppendiskussionen, etc.), die vergleichsweise seltener eingesetzt werden (vgl. KUCKARTZ 2004, S. 546ff.).

Lange Zeit galt in erziehungswissenschaftlichen Untersuchungen das sich am Kritischen Rationalismus orientierende quantitative Forschungsmodell als dominierend. Dieses Modell konzentriert sich auf die kognitive Perspektive und verwendet Methoden (z.B. Skalen, Tests, Fragebögen oder andere standardisierte Instrumente), die nahezu immer bereits bestehende Kategorien benötigen (vgl. KUCKARTZ 1994, S. 550).

In der heutigen Zeit geht der Trend mehr in Richtung der qualitativen Erkenntnismethoden. Die Gründe für den Wandel sind vielfältig: Menschen lassen sich nicht einfach experimentell testen und vermessen (vgl. MAYRING 2002a, S. 9), das interpretative Paradigma kennzeichnet die Erforschung des menschlichen Verhaltens⁶⁹.

⁶⁹ Der Begriff des „interpretativen Paradigmas“ wurde von WILSON (vgl. WILSON 1982) eingeführt. Die genaue Bedeutung lässt sich „am ehesten als eine grundlagentheoretische Position bezeichnen, die davon ausgeht, dass alle Interaktion ein interpretativer Prozess ist, in dem die Handelnden sich

Dementsprechend zählt die Kommunikation zwischen Forscher und Beforschten zum konstitutiven Bestandteil des Forschungsprozesses (vgl. KÜCHLER 1983, S. 10). Generell lässt sich sagen, dass qualitative Forschung den Anspruch hat, „Lebenswelten ‚von innen heraus‘ aus der Sicht der handelnden Menschen zu beschreiben“ (FLICK et al. 2000, S. 14).

Häufig wird die quantitative und qualitative Sozialforschung als Gegensatzpaar bezeichnet. LAMNEK stellt die Gegenüberstellung quantitativ – qualitativ übersichtlich dar: Quantitative Wissenschaftsansätze trachten nach Erklärungen, gehen deduktiv vor, suchen als nomothetische – an den Naturwissenschaften orientierte – Wissenschaft nach Gesetzesaussagen, sind theorieprüfend und statisch. Qualitative Ansätze dagegen streben nach Verstehen, orientieren sich als ideographische – an den Kultur- oder Geisteswissenschaften ausgerichtete – Wissenschaft am Einzelfall, gehen induktiv vor, sind theorieentwickelnd und dynamisch-prozesshaft (vgl. LAMNEK 1995, S. 218ff.). In konkreten Forschungsprojekten erweisen sich zahlreiche der oben genannten Gegenüberstellungen nur als bedingt haltbar. Auch qualitativ ausgelegte Ansätze verlangen häufig Kausalerklärungen oder Überprüfungen, um beispielsweise im Rahmen von Einzelfallanalysen Allgemeinaussagen (nomothetisch, theorieprüfend) treffen zu können (vgl. MAYRING 2002b, S. 60). Mittlerweile hat sich in der Praxis eine gegenseitige Ergänzung beider Ansätze immer häufiger bewährt. Vor allem bei den verschiedenen Variationen der Inhaltsanalyse sind Kombinationen quantitativen und qualitativen Vorgehens entwickelt worden (vgl. TERHART 1995, S. 203). So bietet beispielsweise das Arbeiten mit Kategorien – auf der Basis von gesammelten Daten – Möglichkeiten der Kombination qualitativer (induktives Vorgehen: Kategorienbildung) und quantitativer (deduktives Vorgehen: Kategorienanwendung) Elemente (vgl. MAYRING 2000).

Inzwischen sind auch in der Sachunterrichtsforschung eine Reihe an qualitativ orientierten Ansätzen zu finden (vgl. MAYRING 2002b, S. 67): HARTINGER hat in einer Untersuchung zur Interessenförderung von Grundschulkindern im Sachunterricht („Leben am Gewässer“) unter anderem fokussierte Interviews mit Schülern (N = 12) durchgeführt und mittels Methoden der qualitativen Inhaltsanalyse ausgewertet (vgl.

aufeinander beziehen durch sinngebende Deutungen dessen, was der andere tut oder tun könnte“ (MATTHES 1976, S. 201).

HARTINGER 1997). MÖLLER wertete eine Sachunterrichtseinheit („Wie kommt es, dass ein Eisenschiff schwimmt?) mit Hilfe qualitativer, halb-strukturierter Interviews mit Grundschulern (N = 11) aus (vgl. MÖLLER 2000). REINHOFFER hat in seiner explorativen Studie zum Stellenwert des Sachunterrichts offene, halb-strukturierte Interviews mit Grundschullehrern (N = 29) durchgeführt und mittels qualitativer Inhaltsanalyse ausgewertet (vgl. REINHOFFER 2000).

Ein Kritikpunkt der qualitativen Sozialforschung ist die wissenschaftliche Genauigkeit (Wahrheitsgehalt) und Nachvollziehbarkeit der Untersuchungen, da Angaben zu den Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität zumeist fehlen (vgl. MAYRING 2002b, S. 67). Der Grund dafür liegt darin, dass auf die qualitative Forschung die genannten Gütekriterien nicht uneingeschränkt übertragbar sind. Während „Objektivität“ in der klassischen Testtheorie fordert, dass die Untersuchung unabhängig und frei von individuellen Einflüssen abläuft, verlangt die qualitative Forschung geradezu ein dynamisches Verhältnis von Forschern und Beforschten, in der sich die Beteiligten während der Interaktion verändern können. Das Gütekriterium der „Reliabilität“ tritt außer Kraft, denn ein Re-Test (erneute Durchführung der Untersuchung mit der Hoffnung auf gleiche Ergebnisse) oder ein Paralleltest (Teilung der Untersuchungsgruppe) sind in der qualitativen Forschung wenig sinnvoll. Das Kriterium der „Validität“ beinhaltet in der quantitativen Forschung deduktive Methoden oder den Vergleich mit einem Außenkriterium. Dies fehlt in der qualitativen Forschung zumeist. Das Messinstrument will exakt den Untersuchungsgegenstand treffen und nicht ähnliche Korrelate (andere Kriterien) erfassen. Nichts desto trotz erhebt auch die qualitative Forschung den Anspruch auf eine genaue und gültige Forschung und entwickelte dazu eigene methodenspezifische Gütekriterien (vgl. MAYRING 2002b, S. 68; MAYRING 1999 S. 115ff.).

STEINKE hat jüngst Kernkriterien formuliert, an dem sich qualitative Forschung orientieren kann. Die Kriterien, die für diese Arbeit von Relevanz erscheinen, werden nachfolgend kurz vorgestellt:

- *Intersubjektive Nachvollziehbarkeit*
Qualitative Sozialforschung kann im Gegensatz zu quantitativer keinen Anspruch auf Überprüfbarkeit im Sinne einer Replikation leisten. Angemessen erscheint der Anspruch auf Nachvollziehbarkeit des Forschungsprozesses.

- *Empirische Verankerung*
Die Bildung und Überprüfung von Hypothesen bzw. Theorien sollte empirisch, d.h. anhand von Daten, nachvollziehbar sein. Zudem ist die Theoriebildung so anzulegen, dass die theoretischen Annahmen des Forschers in Frage gestellt bzw. modifiziert werden können.
- *Relevanz*
Die Fragestellung und die Ergebnisse sollten hinsichtlich ihres pragmatischen Nutzens überprüft und beurteilt werden.

Weitere Vorschläge STEINKEs bzgl. Kriterien qualitativer Forschung beinhalten die Indikation des Forschungsprozesses und der Bewertungskriterien, die „Limitation“ (Bestimmung des Geltungsbereiches) und die Kohärenz des theoretischen Hintergrunds (vgl. STEINKE 2000, S. 326ff.).

Die Gegenüberstellung der Kriterien qualitativer und quantitativer Forschung offenbart, dass eine völlige Abgrenzung dieser beiden Forschungsmodelle in der Praxis erhebliche Schwierigkeiten hervorruft. Daher vertritt ROST die Meinung, dass sich empirische Forschung durch eine Art Wechselspiel der beiden Herangehensweisen auszeichnet:

„Aus einer Theorie wird mit Hilfe von deduktiven Prozessen eine Erwartung über empirische Sachverhalte abgeleitet, die einer empirischen Prüfung zugänglich ist. Aus empirischen Beobachtungen wird wiederum durch induktive Prozesse auf die Theorie zurück geschlossen, diese modifiziert und erweitert“ (ROST 2002, S. 73).

Auch MAYRING plädiert für eine Überwindung des Gegensatzdenkens, indem er qualitative und quantitative Forschung als ergänzende und einander bedingende Instrumente darstellt (vgl. MAYRING 2000, S. 19f.).

3.1.5 Einordnung der vorliegenden empirischen Untersuchung in den qualitativen Forschungsansatz

Insgesamt orientiert sich das wissenschaftliche Vorgehen – im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts – an den Methoden der qualitativen Sozialforschung, wobei auch uns eine reflektierte Kombination beider Ansätze (qualitativ und quantitativ) als am besten geeignet erscheint. Die jeweiligen Untersuchungsverfahren zur Datenerhebung, -aufbereitung und -auswertung werden im weiteren Verlauf dieser

Arbeit vorgestellt. Dabei findet – wie bereits angedeutet – in der Wahl der Untersuchungsmethoden eine Kombination aus induktiven Elementen (z.B. Entwicklung von Kategorien entsprechend der qualitativen Inhaltsanalyse) und deduktiven Elementen (z.B. Anwendung von Kategorien durch Überprüfung bereits gefundener Theorieelemente) statt.

Im Folgenden wird der erste Schritt der empirischen Untersuchung – die Durchführung von drei Modulen an der Grundschule Wellensiek – vorgestellt. Im Zentrum stand dabei die Frage, ob sich die Experimente im Schulalltag als einsetzbar erweisen: Zum einen aus Sicht der Schüler – sowohl kognitiv als auch affektiv-emotional – zum anderen auch aus Lehrerperspektive bzgl. ihrer Einsetzbarkeit im Schulunterricht.

3.2 Untersuchung in der Grundschule Wellensiek (Bielefeld)

In der Zeit vom 22. Januar 2004 bis zum 14. Juli 2004 erfolgte der erste Teil der empirischen Untersuchung in der Grundschule Wellensiek in Bielefeld. Die Schule befindet sich etwa 400 Meter von der Universität entfernt in einem Einzugsgebiet der gehobenen Mittelschicht. Die Experimentierreihen fanden in zwei ersten Klassen statt. Die Klasse 1a setzte sich aus insgesamt 17 Schülern zusammen, die 1b besaß eine Klassenstärke von 18 Kindern. Der Anteil an Kindern mit ausländischer Herkunft lag in beiden Klassen bei etwa 25%⁷⁰. Zu Beginn der Untersuchung erfolgte eine vierwöchige Hospitationsphase, bevor dann an jeweils einem Tag in der Woche die Durchführung der Experimentiereinheiten – im regulären Schulunterricht – stattfand. Bei den nachfolgend beschriebenen Unterrichtseinheiten handelt es sich bewusst nicht um klassische Schulstunden mit Vor-, Zwischen- und Nachbereitung der jeweiligen Versuche. Im Vordergrund stand die Evaluation der ausgewählten Experimente. Trotzdem haben wir uns bemüht, eine – auch aus didaktischen Gesichtspunkten – insgesamt ansprechende Schulstunde zu entwickeln. Die Unterrichtsstunden wurden in den Schulen immer von einer Person durchgeführt und von einer weiteren Person betreut und beobachtet. Die Dokumentation der Schulstunden erfolgte mittels Photomaterial und Erlebnisprotokollen.

Nachfolgend wird die Reihenfolge der ausgewählten Experimente vorgestellt⁷¹, ein Eindruck der Unterrichtsstunde durch ausgewählte Auszüge aus den Erlebnisprotokollen vermittelt und abschließend erfolgt eine reflektierte Zusammenfassung zu den jeweiligen Unterrichtseinheiten, mit Fokussierung auf die Hypothesen (1) dem Interesse und (2) der Einsetzbarkeit im Unterricht⁷². Eine ausführliche Analyse erfolgt im 4. Kapitel der vorliegenden Arbeit.

⁷⁰ Die ausländische Herkunft einiger Schüler wirkte sich zu keiner Weise negativ auf ihre sprachlichen Fähigkeiten aus.

⁷¹ Eine ausführliche Beschreibung der durchgeführten Experimente befindet sich im 2. Kapitel der vorliegenden Arbeit.

⁷² Die Reflektionen der Unterrichtsstunden erfolgen auf der Basis von eigenen Beobachtungen und Erlebnisprotokollen. Die Legitimation für dieses Vorgehen basiert auf einer qualitativen Forschungsmethode aus der Forschungspraxis und wird als „teilnehmende Beobachtung“ bzw. „Ethnographie“ bezeichnet (vgl. LÜDERS 2000, S. 384ff.). In Kapitel 3.4 wird im Rahmen der Beschreibung unterschiedlicher Methoden zur Datenerhebung auch die Methode der „teilnehmenden Beobachtung“ ausführlicher vorgestellt.

3.2.1 Auswahl der Module

Insgesamt wurden in der Grundschule Wellensiek drei Module im Umfang von jeweils zwei Unterrichtsstunden durchgeführt. Dabei handelte es sich um Experimentierreihen zu den Themen „Luft und Gase“, „Mischen, Trennen und Löslichkeit“ und „einfache Nachweis- und Analyseverfahren“.

3.2.1.1 Modul „Luft und Gase“

Die Schüler der Grundschule Wellensiek besaßen keine schulische Vorerfahrung bzgl. der Durchführung selbständiger Experimente. Daher erschien uns zum Einstieg in die Phänomene der unbelebten Natur eine Experimentierreihe zum Thema „Luft und Gase“ am besten geeignet, da zahlreiche der ausgewählten Experimente bereits im Elementarbereich mit Erfolg eingesetzt werden.

Auswahl der Experimente

Tab. 10: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Luft und Gase" in der GS Wellensiek.

Einstieg	„Fest, flüssig, gasförmig“
Experiment 1	„Luftblasen“
Experiment 2	„Unter Wasser Gas umfüllen“
Experiment 3	„Gummibärchen tauchen“
Experiment 4	„Kerze löschen“
Experiment 5	„Feuerlöscher“
Experiment 6	„Gas wiegen“
Experiment 7	„Atemluft“
Experiment 8	„Brausepulver-Rakete“ (<i>Demonstrationsexperiment</i>)

Zu Beginn der empirischen Untersuchung stellten wir den Kindern die geplanten Experimentiereinheiten kurz vor. Dies führte dazu, dass die Schüler während der gesamten Hospitationsphase den Experimenten – mit großer Vorfreude – entgegenfieberten. Für die geplanten acht Experimente veranschlagten wir einen Zeitrahmen von zwei bis drei Unterrichtsstunden, auf zwei Tage – mit jeweils einer Woche Abstand – verteilt. Nachfolgend werden einige Auszüge aus den Erlebnisprotokollen vorgestellt, um einen Eindruck der Unterrichtsstunden zu vermitteln:

Zur Demonstration einiger Experimente und zur Vor- bzw. Nachbesprechung der Versuche erweist sich ein zentraler „Experimentiertisch“ als geeignet, um den sich die Kinder im Halbkreis platzieren. Als erstes stelle ich drei „gefüllte“ durchsichtige Becher auf den Tisch (Stein, Wasser, Luft) und bitte die Schüler, den jeweiligen Inhalt zu benennen. Alle Kinder erkennen natürlich sofort den Stein und das Wasser. Fast alle sagten, der letzte Becher sei aber leer – enthalte „Nichts“. Nur ein Schüler benannte den Inhalt als Luft. Bei diesem einen Schüler handelt es sich um J.; er ist so etwas wie der Klassen-Chaot und im Unterricht erlebe ich ihn, wie er zuweilen in seiner eigenen „Gedankenwelt“ lebt. Jetzt (und im weiteren Verlauf der Stunde) bin ich erstaunt und glaube mittlerweile, dass er entweder besonders naturwissenschaftlich interessiert ist oder allgemein hochbegabt. Ich muss ihn immer wieder bremsen, da er einfach zu viel weiß und den anderen – besonders in Bezug auf die Deutung der Naturphänomene – überlegen ist. Das ist didaktisch gar nicht so einfach!

[...] Ich erkläre den Schülern, dass Luft Raum einnimmt. Wenn die Luft nicht „vertrieben“ wird, kann Wasser auch den Raum im Becher nicht ausfüllen! Wir können die Luft vertreiben, wenn wir den Becher schräg halten. Warum funktioniert das? Ich gebe den Schülern den Hinweis, dass sie einmal an die Wippe auf dem Spielplatz denken sollen. Dann kommen die Kinder fast sofort darauf, dass Luft leichter sein muss als Wasser. Ich hole noch einmal die drei Becher vom Anfang der Stunde hervor (Stein, Wasser, Luft) und bitte die Schüler dieses Mal die Eigenschaften der Stoffe zu beschreiben. Den Stein beschreiben als schwer und hart, später dann auch als fest. Das Wasser ist flüssig, aber der Luft können sie nur die Eigenschaft „durchsichtig“ zuordnen. Ich helfe ihnen und beschreibe die Luft als gasförmig. Damit haben wir die Aggregatzustände erarbeitet. Ich frage sie, ob sie sich vorstellen können, dass Wasser auch fest oder gasförmig sein kann. Nach kurzem Überlegen sagt jemand, dass Wasser im Winter zu Eis wird. Nach meinem Tipp, sie mögen einmal an das Nudeln kochen denken, beschreibt ein anderer Schüler den Dampf des Wassers als gasförmig. Ich erkläre ihnen, dass Luft ein Gas (bzw. Gasgemisch) ist und sage auch, dass es verschiedene Gase gibt! Auf die Frage, ob sie auch andere Gase kennen, wird sofort das „Autogas“ genannt, welches aus dem Auspuff herausströmt. J. kennt beispielsweise noch die „Kohlensäure“!

[...] Anschließend setzen sich die Schüler an ihre Tische und in fünf Kleingruppen werden die bisherigen Experimente eigenständig wiederholt. Dabei stellt sich heraus, dass jedes Kind einen eigenen Becher und Watte haben möchte, damit es jedes Experiment selbst ausprobieren kann.

[...] Ich stelle ein Teelicht auf den Tisch und zünde es an. Ich frage die Schüler, wie man das Teelicht löschen kann. Natürlich wird das Auspusten oder Wasser darauf geben genannt. Ich frage sie, ob die Teelichtflamme auch Luft zum Leben benötigt und wie man das ausprobieren kann? Ich stelle ein Glas auf den Tisch. J. sagt, dass die Flamme erlischt, wenn wir das Glas über das Teelicht stülpen. Ich frage auch die anderen und mache es dann vor. Die Kinder werden schon

etwas müde und die Erklärung ist nicht so einfach. Ich sage, dass die Luft (und nenne auch speziell den Sauerstoff; dieses ist aber nicht meine Hauptaussage!) zum Brennen eines Teelichtes gebraucht wird. Wenn keine „frische“ Luft in das Glas strömen kann, wird die Luft im Glas verbraucht. Ist die Luft (der Sauerstoff) verbraucht, erlischt die Flamme. Ich bin nicht sicher, ob das alle Kinder verstanden haben. Es ist schwer, dies in einem Klassenverband zu überprüfen, da man keine Einzelgespräche führen kann. Ich stelle ein zweites Glas (mit einem größeren Volumen) dazu und frage, unter welchem Glas das Teelicht wohl länger brennen wird. Alle behaupten: unter dem größeren Glas. Wir bestätigen die Aussage durch das entsprechende Experiment. Um noch einmal sicher zu gehen, ob die Deutung angekommen ist, erzähle ich eine kurze Geschichte. Ich behaupte, dass ich (als ich jünger war) ein Glas Saft am Abend trinken durfte. Da wir unterschiedlich große Gläser besaßen, wollte ich natürlich herausbekommen, in welches Glas ich den meisten Saft einfüllen konnte. Ich fragte die Kinder, ob sie eine Idee haben, wie man das leicht überprüfen kann. Ein Schüler sagt dann auch ganz richtig, indem man unter alle Gläser ein Teelicht stellt und schaut, welches am längsten brennt!

Der zweite Teil des Moduls „Luft und Gase“ erfolgte eine Woche später:

In der Vorbereitung auf die Fortsetzung der Experimentierreihe „Luft und Gase“ hat mir besonders das Ansetzen der Bromthymolblau-Lösung Probleme bereitet: Erst der zweite Ansatz zeigte bei Zufuhr von Atemluft einen Farbumschlag. So richtig zufrieden bin ich mit diesem Indikator nicht. Er ist einfach zu wenig schulrelevant und für Lehrer aufwendig zu bekommen und herzustellen. Calciumhydroxid wäre geeigneter, ist über den Baumarkt beziehbar, aber ätzend und daher für Kinder ungeeignet. Lackmus-Lösung zeigt keinen Farbumschlag. In meinen Augen gibt es aus Gesundheitsaspekten für den Grundschulbereich keinen alternativen Indikator zur Bromthymolblau-Lösung.

[...] Kaum in der Klasse angekommen werde ich schon von einigen Kindern stürmisch in Empfang genommen und man reißt mir förmlich meine Kiste mit Materialien aus den Händen, um zu sehen, was ich heute mitgebracht habe. Alle Kinder freuen sich und ich bekomme sogar selbstgemalte Bilder zum Versuch „Gummibärchen tauchen“ geschenkt.

[...] Ich bin erstaunt, wie viel die Schüler von der letzten Experimentierstunde behalten haben. Sie können mir fast alles erklären (auch den Gummibärchen-Versuch) und nicht nur die leistungsstarken Schüler melden sich zu Wort.

[...] Ich wiederhole den Versuch zum Kerze löschen mit verschiedenen großen Gläsern. Dass die Flamme Luft zum „Leben“ benötigt, ist den Kindern verständlich. Aber warum sie nach einer gewissen Zeit ausgeht, ist für die Schüler schwer nachzuvollziehen. Ich glaube ihnen helfen zu können, indem ich das Wort „Gasgemisch“ einführe. Ich hole jeweils eine Flasche Apfelsaft und Wasser aus meiner Kiste und gieße beides nacheinander in ein Glas. Die Kinder rufen sofort: „Apfelsaft-Schorle“! Ich erkläre ihnen, dass ich eine Mischung aus beiden Flüssigkeiten am liebsten trinke. Ich versuche den Bogen zur Luft zu spannen, indem ich erläutere, dass auch Luft eine Mischung aus verschiedenen Gasen ist (ich nenne bewusst die Namen „Stickstoff“ und „Sauerstoff“), also ein Gasgemisch. Dann erkläre ich ihnen, dass nicht die ganze Luft unter dem Glas verbraucht wird, sondern nur der Sauerstoff der Luft. Wenn der Sauerstoff unter dem Glas (es kann ja kein „neuer“ Sauerstoff von außen hinzukommen) verbraucht ist, erlischt die Flamme. Das haben nach meiner Einschätzung zwar nicht alle Kinder, aber doch einige verstanden!

[...] Jeweils zwei Kinder bekommen einen „Feuerlöscher“, Backpulver, Essig, einen beschrifteten Essigbecher (zum genauen Abfüllen der zu verwendenden Menge an Essig), einen Löffel, ein

Teelicht und eine kleine Schale. Ich erkläre Schritt für Schritt den Versuch und wir zünden die Teelichter an. Die Kinder arbeiten konzentriert und bei fast allen geht die Flamme aus. Wir zünden die Teelichter ein zweites Mal an und auch hierfür reicht das ausströmende CO₂ noch für einen weiteren Löschvorgang aus. Natürlich versuchen es die Kinder immer wieder, so dass einige Strohhalme der jeweiligen Feuerlöscher zu dicht an die Flamme geraten und anschnoren.

[...] Ich erkläre den Kindern, dass wir mit Backpulver und Essig ein weiteres Gas entwickelt haben (ich nenne auch den Namen Kohlenstoffdioxid), ein Gas das schwerer ist als Luft. Noch einmal spreche ich die Problematik der Gase an: Da sie durchsichtig sind, müssen wir Experimente entwickeln, die uns helfen können, unterschiedliche Gase voneinander zu unterscheiden.

[...] Die Kinder versammeln sich wieder um meinen Experimentiertisch und ich fülle zwei Becher mit der Bromthymolblau-Lösung. Die Kinder sind begeistert von der Farbe der Lösung. Ich nehme die Ballonluftpumpe und pumpe Luft in Richtung der Kinder. Sie freuen sich und rufen alle: „Frische Luft“. Ich hole einen Luftballon, einen Strohhalm und eine Wäscheklammer. Ich pumpe den Luftballon mit der Ballonpumpe auf und stecke einen Strohhalm in die Luftballonöffnung. Ich fixiere den Strohhalm mit der Wäscheklammer und leite dann die Luft aus dem Ballon durch den Strohhalm in die Lösung. Es „blubbert“, aber die Lösung verändert seine Farbe nicht. Anschließend blase ich den Ballon mit dem Mund auf und wiederhole die Prozedur. Dieses Mal wechselt die Flüssigkeit ihre Farbe und wird gelb. Die Kinder sind begeistert und staunen. Ich frage sie, was passiert sei und relativ schnell antworten die Schüler, dass „meine Luft“ eine andere Luft ist, als die Luft die uns umgibt. Ich definiere meine Luft als Atemluft und ein Kind behauptet sogar, dass es sich dabei um „schlechte“ Luft handelt und irgendwie die Bäume dabei helfen würden die Luft wieder zu reinigen. Anschließend lasse ich die Kinder beim Bromthymolblau-Versuch selber die Luftballons aufblasen und stelle mit Erstaunen fest, dass sie es koordinativ kaum schaffen den Strohhalm in den aufgeblasenen Ballon zu stecken, mit der Wäscheklammer zu fixieren und das Gas in den Becher mit der Bromthymolblau-Lösung zu leiten; aber in Partnerarbeit gelingt es.

Nach der Durchführung des ersten Moduls kristallisieren sich erste konkrete Eindrücke bzgl. unserer Durchführung von Experimentiereinheiten zur unbelebten Natur im Anfangsunterricht heraus: Die Schüler waren sehr motiviert, die Experimente durchzuführen; die Euphorie wuchs von Experiment zu Experiment; die Schüler arbeiteten sehr konzentriert im Unterricht mit und waren besonders engagiert, wenn sie selbständig experimentieren durften.

Die Zusammenarbeit mit den Lehrerinnen erwies sich als harmonisch. Sie zeigten sich sehr zufrieden mit den Stunden und lobten die gute Vorbereitung und das Material, kritisierten jedoch die etwas zu lange Eingangsphase bis hin zum ersten selbständigen Experimentieren und schlugen vor, Arbeits- bzw. Merkblätter zu entwickeln. Uns erschien der theoretische Anteil für einen didaktisch sinnvollen Einstieg in die Thematik mit kindgerechten naturwissenschaftlichen Deutungen als durchaus angemessen.

3.2.1.2 Modul „Mischen, Löslichkeit und Trennen“

Bereits während des ersten Moduls zeigte sich, dass die Schüler mit einer großen Euphorie die Experimentierstunden herbeisehnten. Zwischen den Modulen legten wir eine einwöchige Experimentierpause („Hospitationsphase“) ein. In dieser Zeit fragten die Schüler regelmäßig, wann wir denn endlich wieder experimentieren würden.

Das nachfolgende Modul beschäftigt sich mit Naturphänomenen zum Bereich „Mischen, Trennen und Löslichkeit“.

Auswahl der Experimente

Tab. 11: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Mischen, Trennen und Löslichkeit" in der GS Wellensiek.

Einstieg	„Mischen und Trennen von zwei Feststoffen“
Experiment 1	„Mischen bzw. Lösen von Feststoffen in Wasser“
Experiment 2	„Vergleich der Lösungsgeschwindigkeit von Feststoffen in warmem und kaltem Wasser“
Experiment 3	„Trennen von Feststoffen und Flüssigkeiten“
Experiment 4	„Vergleich der Löslichkeit von Zucker in Wasser und Speiseöl“
Experiment 5	„Mischbare und nichtmischbare Flüssigkeiten“
Experiment 6	„Mischen von verschiedenen Flüssigkeiten: Wasser, Öl und Tinte“
Experiment 7	„Trennen von mischbaren Flüssigkeiten“

Auch für dieses Modul planten wir einen Zeitrahmen von zwei bis drei Unterrichtsstunden, auf zwei Tage – mit jeweils einer Woche Abstand – verteilt. Nachfolgend werden einige Auszüge aus den Erlebnisprotokollen vorgestellt, um einen Eindruck der Unterrichtsstunden zu vermitteln:

Kaum dass wir die Klasse betreten, geht ein kleiner Jubelschrei durch den Raum. Die Schüler freuen sich sehr darüber, dass wir wieder in die Schule gekommen sind!

[...] Wir halten den Magneten unter die Schale und können dann das Mehl abgießen ohne dass die Eisenspäne herausfallen. Die Kinder sind begeistert und alle wollen einmal mit dem Magneten unter der Petrischale „entlangfahren“. Wir erklären den Kindern, dass wir jetzt schon zwei

Möglichkeiten kennen gelernt haben, wie man Stoffe voneinander trennen kann: Mit der Hand (durch Aussortieren) und bei bestimmten Metallen mit Hilfe eines Magneten!

[...] Die Kinder setzen sich wieder auf ihre Plätze und jede Gruppe bekommt zwei Becher. Beide werden mit Wasser gefüllt und es werden gleichzeitig jeweils ein Stein und ein Zuckerwürfel hineingetan. Die Schüler beobachten intensiv die beiden Becher und rufen: „Zucker hat gewonnen!“, „Der Zucker ist verschwunden!“, „Der Stein hat am Anfang so Luftblasen gemacht!“.

[...] Wir fragen, ob denn der Zucker verschwunden sei? Die Schüler sind sich nicht einig, die Mehrzahl glaubt aber, dass der Zucker noch da ist, nur nicht mehr sichtbar erscheint! Wir verteilen Lupen, aber der Zucker wird auch durch die Lupen betrachtet nicht sichtbar. Die Kinder werden aufgefordert ihre Zuckerlösung zu probieren und diese schmeckt natürlich süß! Der Zucker muss also noch vorhanden sein!

[...] Wir holen einen Trichter und Filterpapier und filtern die verbleibende „Mehl-Wasser-Salz-Mischung“ hindurch. Es dauert ein wenig, aber nach und nach kommt ein „klarer“ Tropfen im Becher an. Wir fragen die Kinder, wo denn nun das Salz geblieben sei und es gibt unterschiedliche Vermutungen. Wir lassen die Kinder die filtrierte Lösung probieren und sie schmeckt sehr salzig. Auch jetzt wollen wir natürlich wissen, wie wir denn das Salz zurück gewinnen können. Wir geben einen Tipp und fragen was denn passiert, wenn man eine Schale mit Wasser in die Sonne stellt! Antwort der Schüler: „Dann ist das Wasser irgendwann verschwunden!“.

[...] Die Schüler setzen sich wieder an ihre Plätze und bekommen etwas Salzlösung auf einen Teelöffel, dazu noch einen Esslöffel und ein brennendes Teelicht. Ein Kind hält den Teelöffel über die Flamme, während das andere Kind den entstehenden Dampf mit dem Esslöffel „auffängt“. Es dauert eine gewisse Zeit, aber dann fängt es auf dem Löffel an zu brodeln“. Die Kinder sind begeistert, besonders als dann die Salzteilchen noch anfangen zu „knistern“ und zu „springen“ Sie probieren am Esslöffel den aufgefangen Dampf. Dieser schmeckt aber gar nicht salzig. Wir erklären noch einmal was passiert ist (Wasser ist verdampft, Salz im Teelöffel zurück geblieben, Ruß hat sich unterm Löffel gebildet).

Das Interesse der Schüler an den Experimenten war sehr groß. Sie haben sehr gut mitgearbeitet und entwickelten eine große Freude beim gemeinsamen Experimentieren. Die Auswahl der Experimente erwies sich zumindest aus organisatorischen Gründen als geeignet. Der zweite Teil dieses Moduls erfolgte eine Woche später:

Wir beginnen die Stunde mit einer Wiederholung zu der vergangenen Woche. Die Schüler erinnern sich an erstaunlich viele, nahezu an alle Experimente und deren Deutungen. Wir sind positiv überrascht! Für das erste Experimente erhalten sie pro Zweiergruppe ein Becherglas mit etwas Öl. Wir fragen sie nach ihrer Vermutung bzgl. der Löslichkeit eines Zuckerwürfels in Öl im Vergleich zur Löslichkeit in Wasser: Sie antworten: „Zucker löst sich schneller in Öl als in Wasser!“ oder „Zucker löst sich viel langsamer in Öl als in Wasser!“

[...] Die Schüler sind sehr überrascht darüber, dass der Zuckerwürfel sich selbst bei Bearbeitung mit einem Löffel in Öl nicht löst. Er scheint sogar eher härter zu werden. Es gibt also Feststoffe, die sich in manchen Flüssigkeiten lösen und in anderen nicht!

[...] Mittlerweile stellt sich das erste richtige „Chaos“ ein: Öl auf dem Tisch, Tinte im Gesicht, Saft auf dem Pullover. Die Lehrerin guckt etwas verstimmt und auch ich befürchte eine sich anbahnende „Katastrophe“. Es stehen einfach zu viele Materialien auf den Tischen. Den Kindern

macht es riesigen Spaß, alles mit allem zu mischen und dabei scheinen die Tropfpipetten ein wunderbares Hilfsmittel zu sein. Die Stunde droht uns zu entgleisen! Hier wären organisatorische Veränderungen sinnvoll!

[...] Wir erklären den Kindern anhand eines Tafelbildes, warum sich Öl und Wasser nicht miteinander mischen lassen. Die Kinder hören aufmerksam zu und entwickeln eigene Ideen zu möglichen modellhaften Strukturen der verwendeten Stoffe.

[...] Nun sollen die Kinder ein wenig Tinte auf das Öl/Wasser – Gemisch pipettieren. Die Kinder betrachten fasziniert den „schwebenden“ Tintentropfen. Einige Kinder pipettieren allerdings nicht nur einige Tropfen, sondern das halbe Tintenfass auf das Gemisch. Insgesamt herrscht eine ziemliche Unruhe und ich kann mich kaum auf die Aussagen der Schüler konzentrieren, da ich ständig befürchte, dass irgendwo wieder ein Becher umkippt oder ähnliches passiert.

[...] Wir entscheiden uns dann kurzfristig, den Aktivkohle-Versuch nur als Demonstrationsexperiment durchzuführen. Wir nehmen eines der von den Kindern angesetzten Tinte/Wasser – Gemische und fragen sie, ob es denn möglich sei, auch die Tinte wieder von dem Wasser zu trennen? Die Schüler antworten uns: „Nee, wie soll das denn gehen?“, „Wenn ihr schon so fragt, dann geht das bestimmt!“ oder „Vielleicht mit einem Sieb oder dem Trichter?“.

[...] Aus organisatorischer Sicht ist die Stunde irgendwie nicht so gelungen, wie vorher gedacht. Einige Experimente könnten noch anschaulicher dargestellt werden, um das eigentliche Phänomen besser herauszustellen. Zudem waren die Schüler aufgrund ihrer großen Begeisterung, verbunden mit dem Drang permanent etwas selbst auszuprobieren, kaum zu bremsen! Daher entwickeln wir für die nächste Stunde (gleiches Thema; andere Klasse) eine Kurskorrektur.

[...] So verändern wir schon den ersten Versuch: Zur besseren Veranschaulichung bekommt jede Gruppe nicht nur ein Becherglas mit etwas Öl, sondern auch ein Becherglas mit Wasser. Dadurch stärken wir den visuellen Vergleich zwischen der Löslichkeit eines Zuckerwürfels in Öl mit der Löslichkeit in Wasser.

[...] Insgesamt verläuft die Stunde viel ruhiger. Wir haben allerdings auch viel mehr Zeit (Doppelstunde) und räumen immer sofort alle benutzten Becher von den Tischen. Am Ende teilen wir sogar noch zwei Arbeitsblätter aus, welche die Kinder sorgfältig und – zu unserem Erstaunen – auch mit Freude bearbeiten!

Der zweite Teil des Moduls erwies sich zu Beginn als relativ „unruhig“ in Bezug auf die Durchführung der Experimente. Der Hauptgrund lag darin, dass die Schüler besonders motiviert sind, etwas selber zu machen, z.B. alles mit allem zu vermischen, um selbständig etwas auszuprobieren und herausfinden zu können. Insbesondere das Experimentieren mit Öl ist bei einer größeren Gruppe problematisch. Insgesamt waren es auch zu viele Experimente für eine Stunde. Unsere Konzeptänderung für die zweite Klasse hat sich dann ausgezahlt: mehr Ordnung, bessere Arbeitsanweisungen, mehr Zeit zum Erklären und etwas weniger Freiraum für die Schüler beim Experimentieren.

3.2.1.3 Modul „einfache Nachweis- und Analysemethoden“

Das Modul „einfache Nachweis- und Analysemethoden“ besteht aus zwei separaten Themen. Zum einen lernen die Schüler das Chromatographie-Verfahren als Trenn- und Analyseverfahren kennen, zum anderen werden mit Hilfe von Rotkohlsaft als Indikator Alltagsstoffe auf ihren Säuregehalt getestet. Für diese zwei Themen stand jeweils eine Unterrichtsstunde zur Verfügung.

Auswahl der Experimente zur „Chromatographie“

Tab. 12: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Chromatographie" in der GS Wellensiek.

Einstieg	„Lebensmittelfarbe mischen und trennen“
Experiment 1	„Bunte Filzstiftfarben werden chromatographisch aufgetrennt“
Experiment 2	„Detektivgeschichte – Der vergessliche Tresorknacker“

Nachfolgend nun einige Ausschnitte aus den geführten Erlebnisprotokollen:

Wir zeigen den Schülern zwei kleine Fläschchen mit jeweils roter und gelber Lebensmittelfarbe. Wir fragen die Kinder, ob sie schon einmal Farben gemischt hätten. „Ja klar, Wasserfarben“ oder „Beim Streichen in unserem Kinderzimmer“. Es werden jeweils ein Tropfen der gelben und der roten Lebensmittelfarbe auf einen Teller gegeben und mit einem Pinsel vermischt. Nach dem Mischen ist die gelbe Farbe nicht mehr „sichtbar“, es ist eine Mischfarbe mit hellrötlichem Ton entstanden. Die Kinder stellen Vermutungen an, woran das liegen könnte, z.B. „Rot ist stärker und verdeckt das Gelb“, „Rot hat das Gelb gefressen“, „Gelb steckt da irgendwie noch drin“ oder einfach „Gelb ist verschwunden“. Gemeinsam diskutieren wir die Vorschläge und anschließend fragen wir die Schüler, ob sich das Gemisch aus gelbem und rotem Farbstoff wieder auftrennen lässt? Einige Kinder glauben, dass es geht, wissen aber (noch) nicht wie. Wir erklären den Schülern, dass es in der Chemie ein Verfahren gibt, womit man Farbstoffgemische wieder in die Ausgangsfarbstoffe auftrennen kann.

[...] Die Lebensmittelfarbe trennt sich wieder in Rot und Gelb auf. Der Versuch überzeugt die Kinder. Wir deuten aber noch nicht den Versuch, denn die Kinder werden unruhig und sollen nun selber experimentieren.

[...] Die Kinder sind besonders von der Ästhetik ihrer Kunstwerke beeindruckt. Sie vergleichen ihre Chromatogramme mit denen der Nachbarn und kommen darüber ins gemeinsame Gespräch („Welchen Stift hast du denn genommen“, etc.). Natürlich machen viele Kinder noch ein zweites Chromatogramm, um auch andere Stifte auszuprobieren.

[...] Im anschließenden gemeinsamen Gespräch zeigt sich, dass die Erklärung den Kindern heute nicht so wichtig ist. Die bunten Farben ziehen sie völlig in ihren Bann und am meisten

interessieren sie sich für die Frage, ob sie auch alles mit nach Hause nehmen dürfen. Beeindruckt sind sie schon davon, dass in den scheinbar reinen Stiftfarben nun andere, weitere Farben stecken sollen. Die Funktion des Wassers und besonders die Fähigkeit der einzelnen Farbstoffe unterschiedlich gut und weit vom Wasser auf dem Filterpapier transportiert zu werden, ist wahrscheinlich nicht allen Kindern bewusst geworden. Wir haben dann den Umfang der Erklärungen etwas reduziert und weisen die Schüler abschließend darauf hin, dass selbst Filzstifte mit gleicher Farbe, aber von unterschiedlichen Herstellern, aus verschiedenen Farbstoffen gemischt sein können.

[...] Wir gehen von Tisch zu Tisch und es fällt auf, dass einige Kinder die Zusammenhänge noch nicht verstanden haben. So werden zwar die Stifte dem Filterpapier richtig zugeordnet (mit Stift „Ede“ wird ein Kreis auf Filterpapier „Ede“ gemalt), aber dass auch die Tresornummer-Stiftfarbe analysiert werden muss, um dann im Vergleich mit den beiden weiteren Filterpapier-Chromatogrammen den Täter zu entlarven, ist vielen Kindern nicht bewusst. Das logische Denken („Wenn ..., dann ...“) funktioniert bei einigen Schülern erst, nachdem man noch einmal den Versuch individuell mit ihnen bespricht.

[...] Die unterschiedlichen Chromatogramme laufen perfekt, die Farbzusammensetzungen der Stifte sind extrem unterschiedlich und spektakulär und der Nachweis des Täters ist bei richtiger Durchführung eindeutig. Die Kinder sind begeistert und geraten fast in Ekstase. Schon hier haben wir das Gefühl, dass uns viele Kinder die Geschichte ernsthaft geglaubt haben. Jedes Kind darf noch einen Blankofilter mit nach Hause nehmen, um dort das Experiment wiederholen zu können.

[...] Aufgrund von Umverteilungen der Schüler (einige Lehrer sind krank) kommt es in der zweiten Stunde (neue Klasse) zu einer interessanten Konstellation: Es kommen vier Schüler aus der erste Klasse, die bereits in der Stunde zuvor mit uns experimentiert haben, dazu. Da sie ja bereits das Experiment mit der Detektiv-Geschichte gelöst hatten, könnte es natürlich zu Problemen kommen, wenn sie beispielsweise den Mitschülern schon verraten, wer denn der Täter ist. Ich spreche kurz mit ihnen und sie versprechen mir, nur zu helfen und nichts zu verraten. Dabei überrascht mich L. Im regulären Schulunterricht ist er einer der schwächsten Schüler. Während meiner Hospitationen helfe ich ihm oft im Unterricht bei seinen Aufgaben. L. kommt zu mir und sagt, dass er in der folgenden Stunde gerne den Hilfslehrer machen möchte und den Tisch mit C. und M. betreuen kann. Ich beobachte ihn und merke, wie stolz und selbstbewusst er ist: Er kann nun etwas, was seine Mitschüler noch nicht können. Er macht seine Aufgabe prima und ich bin richtig stolz auf ihn!

[...] Erst bei der erneuten Durchführung der Detektiv-Geschichte wird uns richtig bewusst, dass die Geschichte (zu) fesselnd ist. So sagen viele Kinder: „Gehen wir jetzt zur Bank und sagen denen Bescheid“, „Meine Schwester arbeitet bei der Bank. Der kann ich es ja sagen“, „Hier, ihr könnt unsere Filterpapiere als Beweismittel nehmen“ oder „Ob das wohl morgen in der Zeitung steht?“. Wir müssen die Geschichte aufklären und sagen, dass wir sie uns ausgedacht haben und dass die Schüler nun eine Möglichkeit kennen gelernt haben - wenn die Polizei einmal so einen Fall hat – wie dieses Problem mit Hilfe von Wasser und Filterpapier zu lösen ist. Ich befürchte, dass viele Kinder trotzdem noch glauben, sie hätten einen wahren Dieb überführt.

Auffällig in dieser Stunde war für uns insbesondere, dass das Interesse der Schüler an der naturwissenschaftlichen Deutung eher gering ausfiel. Die Freude am „Tun“ überwog und dabei fiel es den Schülern manchmal schwer, parallel nach- und mitzudenken. Die Schüler zeigten erstaunlicherweise kaum koordinative Probleme. Wahrscheinlich wird schon im Kindergarten häufig mit der Schere gearbeitet. Die Detektiv-Geschichte ist eventuell zu fesselnd. Der Vorteil besteht darin, dass sie die Kinder sehr motiviert. Der Nachteil ist, dass sie extrem auf die Aufklärung des Falles fokussiert sind und dadurch vor Aufregung die neu erlernte Chromatographie-Technik anfangs völlig vergessen.

Sowohl aus kognitiver als auch aus affektiver Sicht handelt es sich bei dieser Experimentiereinheit um eine fesselnde Schulstunde für Grundschüler. Sie enthält alles, was das Kinderherz höher schlagen lässt: Experimentieren, eine Detektivgeschichte, basteln, malen, ästhetische Kunstwerke und vor allem: Alles ist zu Hause noch einmal vorführ- und nachmachbar. Darüber hinaus erfüllen die Versuche zur Chromatographie wesentliche Rahmenbedingungen für Experimente im Anfangsunterricht: Die Experimente sind auch bei größeren Gruppen völlig ungefährlich und sicher. Die eingesetzten Materialien stammen aus dem Alltag. Sie sind sowohl für Schüler als auch für den Lehrer leicht erhältlich und garantieren die Möglichkeit der außerschulischen Wiederholbarkeit. Alle Schüler sind bei der Chromatographie aktiv beteiligt. Neben selbständigem Experimentieren werden in kleinen Gruppen von bis zu vier Schülern auch soziale Komponenten wie Teamfähigkeit etc. gefördert. Experimentelle Problemstellungen, wie das Lösen einer Detektivgeschichte durch einfache Analysemethoden machen den Schülern nicht nur Spaß, sondern fördern auch kausal-logisches Denken. Darüber hinaus lässt sich das Chromatographie-Verfahren gut in den Sachunterricht einbauen und kann thematisch mit anderen Bereichen interdisziplinär verknüpft werden.

3.2.1.4 Auswahl der Experimente zum „Nachweis von Säuren“

Tab. 13: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Nachweis von Säuren" in der GS Wellensiek.

Einstieg	„Sortieren der Alltagsstoffe nach selbstgewählten Kriterien“
Experiment 1	„Alltagsstoffe mit Rotkohlsaft auf deren Säuregehalt testen“
Experiment 2	„Neutralisation“
Experiment 3	„Weintrauben/Cola mit Rotkohlsaft testen“

Im Mittelpunkt der Fortsetzung des Moduls „einfache Nachweis- und Analysemethoden“ steht der Nachweis von Säuren mit Hilfe des Indikators Rotkohlsaft. Auch hier werden nachfolgend einige Impressionen – die den Erlebnisprotokollen entnommen wurden – zum Verlauf der Stunde vorgestellt:

[...] Wir kochen am Tag vorher bereits den Rotkohlsaft und füllen ihn in eine Flasche ab. Die Auswahl der zu überprüfenden Alltagsstoffe fällt uns nicht leicht, so sollen doch möglichst kinderrelevante Dinge dabei sein, die insgesamt das (farbliche) Spektrum der pH-Werte abdecken.

[...] Zu Beginn der Stunde fragen wir die Kinder, ob sie sich noch daran erinnern können, was wir beim letzten Mal gemacht haben. Wir sind überrascht und begeistert, wie viel die Kinder behalten haben. Natürlich erzählen sie erst einmal von Ede und Klaus. Die Geschichte hat sie wirklich sehr gefesselt. Später erklären sie uns aber auch: „Schwarze Stifte malen zwar schwarz, da stecken aber unterschiedliche Farben drin!“ oder „Die Firmen haben die schwarze Farbe unterschiedlich gemixt“. Viele Kinder erzählen uns, dass sie auch zu Hause noch einmal eine Chromatographie durchgeführt haben und davon sogar ihre Verwandten (Oma, Mutter, etc.) begeistert waren.

[...] Wir verteilen das Arbeitsblatt und geben den Kindern etwas Zeit, es sich anzusehen. Es fällt ihnen sofort auf, dass alle auf dem Arbeitsblatt abgebildeten Stoffe – außer dem Rotkohlsaft – vor ihnen auf dem Tisch stehen. Sie erkennen auch anhand des Pluszeichens auf dem Arbeitsblatt, dass sie zu allen sechs Bechern Rotkohlsaft zugeben müssen. Wir bitten sie, dass sie nun Filzstifte aus ihrer Tasche holen, um auf dem Arbeitsblatt die entsprechenden Kreise mit der Farbe auszumalen, die nach Zugabe von Rotkohlsaft zu dem jeweiligen Stoff entsteht.

[...] Jetzt verteilen wir zum ersten Mal Pipetten. Alle Kinder sind begeistert, besonders als ich ihnen mitteile, dass sie die Pipetten hinterher behalten können. Ich stelle mich vor die Klasse und demonstriere Schritt für Schritt den Gebrauch der Pipette und die Kinder machen synchron mit. Anschließend bekommen die Kinder die Möglichkeit, Wasser aus einem Becher zu pipettieren und zeigen dabei ein sehr geschicktes koordinatives Vermögen.

[...] Die Kinder sind unglaublich schnell beim Experimentieren und arbeiten sehr gut zusammen. Das Ausmalen der Kreise auf dem Arbeitsblatt kostet dann schon etwas mehr Zeit, das scheint die Kinder aber nicht zu stören. Sie malen mit Freude die Kreise aus und einige colorieren sogar die Schwarz-Weiß Photos der Alltagsstoffe auf dem Arbeitsblatt so wahrheitsgetreu, dass ich im ersten Moment glaube, wir hätten einige Farbausdrucke herausgegeben! Einige Kinder fangen dann

natürlich noch an, nicht nur den Rotkohlsaft zu den verschiedenen Alltagsstoffen zu pipettieren, sondern auch mithilfe der Pipette verschiedene Gemische zu kombinieren (z.B. Rotkohlsaft/Zitronensaftgemisch (hellrot) wird in den Becher mit dem Rotkohlsaft/ Backpulvergemisch (blau) gegeben. Insgesamt führt das Pipettieren und die dabei entstehenden Farben bei den Kindern zu einem echten Glücksgefühl.

[...] Warum sich einige der Stoffe rot und andere blau verfärben, ist den meisten Kindern noch nicht klar. Lenkt man ihre Aufmerksamkeit zunächst auf die zwei rötlich erscheinenden Gemische (Zitrone und Sauerkraut) und fragt nach einer Gemeinsamkeit, so ist schnell verständlich, dass Stoffe, die sauer sind, sich bei Zugabe von Rotkohlsaft rot färben. Dieses wird bestätigt und allgemein wird zusammengefasst, dass der Rotkohlsaft uns anzeigt, inwiefern etwas sauer ist, d.h. ob eine Säure enthalten ist. Die Kinder meinen Säuren zu kennen, können jedoch keine namentlich benennen. Den Begriff Lauge/Base führe ich nicht ein, da ich der Ansicht bin, dass dieses die Kinder verwirren würde. Es reicht, wenn sie wissen: Je heller rot sich etwas verfärbt, desto mehr Säure ist enthalten und wenn es sich grün oder gelb verfärbt, so ist wenig oder keine Säure enthalten. Wir führen den Begriff Indikator ein und beschreiben ihn kindgerecht: Der Rotkohlsaft ist ein Indikator, das heißt, er ist ein Detektiv, der uns anzeigt, ob in einer Substanz Säure enthalten bzw. ob dieser Stoff sauer ist.

[...] Interessanterweise fragt keines der Kinder nach dem „Warum“, also nach dem Phänomen, warum einige Stoffe mit Rotkohlsaft betrüfeln rötlich und andere grünlich werden.

[...] Wir präsentieren eine Flasche Essig und fragen die Kinder, wo sie den Essig einsortieren würden. „Bei der Zitrone, der schmeckt ja auch so sauer“. Wir fragen die Kinder, wie man überprüfen könnte, ob der Essig sauer ist bzw. Säure enthält. „Man müsste da wieder Rotkohlsaft hinzu geben und dann gucken, ob es rot wird“. Wir lassen eines der Kinder etwas Rotkohlsaft auf den Essig pipettieren und überprüfen somit erfolgreich die obige Aussage.

[...] Wir fragen die Schüler, ob sie sich vorstellen können, wie man den sauren Essig weniger sauer bekommen kann. Ich versuche es anhand der Farben zu verdeutlichen (rot entspricht sauer; grün bedeutet: nicht sauer), aber die Kinder sind ein wenig überfordert. Ich nehme zwei weitere Becher und fülle sie ebenfalls mit Essig und gebe Rotkohlsaft hinzu. Anschließend gebe ich zwei Löffel Backpulver in Essigbecher 2 und vier Löffel Backpulver in Essigbecher 3. Dabei kommt es zu einer Gasentwicklung und es fängt an zu „blubbern“. Ich frage die Kinder, ob sie sich daran erinnern können, was passiert, wenn man Essig und Backpulver zusammen gibt. Und zu meiner großen Freude sagt ein Kind: „Da entsteht ein Gas und mit dem haben wir die Kerzen gelöscht!“

[...] Zum Abschluss bekommt jede Gruppe eine halbierte Weintraube und etwas Rotkohlsaft. Die Schüler freuen sich, dass sie erneut etwas untersuchen dürfen. Die Lösung färbt sich rötlich, aber dies scheint die Schüler nicht so richtig zu überraschen. Nur ein Mädchen zeigt sich erstaunt: „Aber die schmecken doch ganz süß!“. Für sie ist süß das Gegenteil zu sauer und etwas, das so süß schmeckt, kann doch nicht auch sauer sein bzw. Säuren enthalten.

Auch die zweite Einheit zu diesem Modul erweist sich als altersgerecht und für die Schulpraxis empfehlenswert. Die Kinder waren begeistert und überrascht von den Farbveränderungen, die durch die Reaktionen mit Rotkohlsaft eintraten. Besonders viel Spaß hatten sie beim Pipettieren, da dieses etwas vollkommen Neues für sie darstellte und sie sich dabei wie „kleine“ Wissenschaftler fühlten. Auffällig war besonders, dass die Schüler nicht hinterfragten, wie es denn z.B. sein kann, dass beim Mischen von Backpulver (weiß) mit Rotkohlsaft (lila) eine bläuliche Farbe entsteht oder warum Rotkohlsaft überhaupt diese Farbumschläge hervorruft. Sie sind viel mehr interessiert am selbständigen Handeln, also zu pipettieren und zu vergleichen, zu malen und zu sortieren. Daher sollte man in der Vorbereitung berücksichtigen, dass alle Kinder die Chance erhalten müssen, während der Unterrichtsstunde etwas tun zu können (Bildung von Kleingruppen, jedem Kind eine Pipette geben, etc.). Außerordentlich positiv ist das soziale Verhalten der Schüler beim Experimentieren: Alle helfen sich gegenseitig und tauschen ihre Erfahrungen aus. Wenn genügend Zeit besteht, sollte man mit den Schülern gemeinsam den Rotkohlsaft kochen. So lernen sie zusätzlich kennen, wie sich der eingesetzte Indikator gewinnen lässt.

Bei älteren Kindern ist es darüber hinaus möglich, das Universal-Indikatorpapier einzuführen. Da jedoch an dem Farbkreis nicht von sauren und nicht sauren Stoffen bzw. Säuren und Laugen gesprochen wird, sondern ausschließlich der pH-Wert notiert ist, sollte dieser im Vorfeld eingeführt und besprochen werden. Den Transfer von einem Saft aus einem heimischen Gemüse zu einem chemischen Nachweispapier erscheint uns für eine erste Klasse nicht altersgerecht. Insgesamt eignet sich die vorgestellte Unterrichtsstunde im Anfangsunterricht als Einstieg in das Thema „Säuren und Basen“ und kann im weiteren Verlauf der Grundschulzeit erweitert (Einführung des pH-Werts) und im Rahmen von weiteren Nachweismöglichkeiten thematisiert werden.

Bei der Durchführung des Experiments „Neutralisation“ stellt sich heraus, dass dieser Versuch für die Grundschüler der ersten Klasse zu schwierig ist. Für die Schüler war nicht verständlich, wieso sich bei Zugabe von Backpulver die Farbe nun wieder verändert, zumal für sie noch immer (saurer) Essig in dem Becher ist. Wir hatten gehofft, dass der Versuch veranschaulicht, dass so etwas wie Backpulver tatsächlich ein „Gegenstück“ zu einer Säure wie Essig darstellt und wollten zeigen, dass sie sich bei gemeinsamer Zugabe „neutralisieren“ bzw. „ausgleichen“ können.

3.2.2 Fazit zu den Experimentierstunden an der Grundschule Wellensiek

Die Auszüge aus den Erlebnisprotokollen geben einen subjektiven Eindruck der Unterrichtsstunden wieder. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass wir während der Experimentiereinheiten in den Grundschulen einige interessante Beobachtungen gemacht haben:

Die Grundschüler

- *entwickeln beim Experimentieren eine noch größere Euphorie als Vorschulkinder,*
- *zeigen deutlich sicherere manuelle Fertigkeiten („Feinmotorik“) als Vorschulkinder,*
- *können über einen längeren Zeitraum hochkonzentriert arbeiten.*

Während wir diese Veränderungen im Vergleich zum Elementarbereich genauso erwartet haben, stellten wir darüber hinaus einige überraschende Auffälligkeiten fest:

Die Grundschüler

- *sind besonders interessiert am eigenen „Tun“,*
- *haben den Wunsch etwas zu produzieren,*
- *zeigen weniger Interesse an den naturwissenschaftlichen Deutungen als Vorschulkinder!*

Besonders die letzte Beobachtung rief bei uns anfangs eine leichte Enttäuschung hervor. So hatten wir doch erwartet, dass bedingt durch die größeren kognitiven Fähigkeiten der Grundschüler gegenüber den Kindergartenkindern – bei gleichzeitig zunehmender Begeisterung der Schüler für die Experimente – auch das Interesse an den naturwissenschaftlichen Deutungen der Phänomene zur unbelebten Natur wächst. Diese Annahme bestätigte sich im Rahmen des ersten Teils unserer empirischen Untersuchungen aber nicht. So blieben beispielsweise die für Kindergartenkinder charakteristischen „Warum-Fragen“ in der Grundschule völlig aus. Einige der eingesetzten Experimente wurden bereits im Rahmen früherer Untersuchungen auf dieselbe Art und Weise im Elementarbereich durchgeführt und dabei von den Vorschulkindern regelmäßig

hinterfragt (vgl. LÜCK 2000). Dies legitimiert die Aussage, dass sich bei Kindern im Übergang vom Elementarbereich in die Primarstufe eine Veränderung in der Herangehensweise an eine experimentelle Problemstellung – unabhängig von der Aufgabenstellung – beobachten lässt.

Dieser Unterschied zum Elementarbereich erschien uns so eindrucksvoll und offensichtlich, dass wir auf der Basis der Methode der teilnehmenden Beobachtung und der anschließenden Analyse unserer Erlebnisprotokolle aus unseren bislang gewonnenen Daten – entsprechend der Methode der „Grounded Theory“⁷³ – eine weitere (vierte) Hypothese generierten die den Fokus, im weiteren Verlauf unserer Forschungen, auf diese bemerkenswerte Beobachtung sensibilisieren sollte:

4. *Während Kindergartenkinder beim Experimentieren wissbegierig sind und durch „Warum-Fragen“ Erklärungen einfordern, steht bei Grundschulkindern die eigene Aktivität, also das „Tun“ und hier speziell das Herstellen von Dingen im Vordergrund. Fragen nach dem „Warum“ bleiben zumeist aus.*

Eine Bestätigung dieser Hypothese würde bedeuten, auch wenn es schwer fällt dies nachzuvollziehen, dass es in der kognitiven Entwicklung der Kinder zu unerwarteten Veränderungen kommt. So scheint sich beim Interesse der Grundschüler an den wissenschaftlichen Deutungen der Naturphänomene eine Art "Ruhephase" abzuzeichnen. Demgegenüber nimmt das Bedürfnis der Kinder selber aktiv zu sein, erheblich zu. Die Konsequenzen für eine altersgerechte Unterrichtsgestaltung wären immens!

⁷³ „Grounded Theory“ ist die Bezeichnung für einen sozialwissenschaftlichen Ansatz zur systematischen Auswertung vor allem qualitativer Daten (Interviewtranskripte, Beobachtungsprotokolle) mit dem Ziel der Theoriegenerierung. Der Grounded Theory-Ansatz wurde in den 60er Jahren von den Medizinsoziologen GLASER und STRAUSS und später vor allem von STRAUSS weiterentwickelt. Es handelt sich um eine Auswertungstechnik, die es – auf der Basis empirischer Forschung – ermöglicht, für einen bestimmten Gegenstandsbereich eine geltende Theorie zu formulieren und zu überprüfen, die eng am vorgefundenen Material erarbeitet bzw. in den gewonnenen Daten verankert („grounded“) wurde (vgl. BÖHM 2000, S. 476; BORTZ & DÖRING 1995, S. 308f.). GLASER und STRAUSS wenden sich damit in ihrer Arbeit einer der elementaren Aufgaben der Soziologie zu, nämlich der Frage, „wie Theorien gefunden und gewonnen werden können“ (LAMNEK 1995, S. 111).

3.3 Untersuchung in der Grundschule Theesen (Bielefeld)

In der Zeit vom 18. November 2004 bis zum 15. März 2005 erfolgte der zweite Teil der empirischen Untersuchung in der Grundschule Theesen in Bielefeld. Die Schule befindet sich in einem Vorort von Bielefeld in einem Einzugsgebiet der gehobenen Mittelschicht. Die Experimentierreihen fanden in zwei zweiten Klassen statt. Daher waren die Schüler aus Theesen im Durchschnitt etwa neun Monate älter als die Kinder der Grundschule Wellensiek. Die Klasse 2a wies eine Klassenstärke von 26 Schülern auf, die 2b setzte sich aus 25 Kindern zusammen. Der Anteil an Kindern mit ausländischer Herkunft lag in beiden Klassen bei unter 10%⁷⁴. Zu Beginn der Untersuchung erfolgte eine zweimalige Hospitation, bevor dann an jeweils einem Tag in der Woche die Durchführung der Experimentiereinheiten – im regulären Schulunterricht – stattfand. Wie beim ersten Teil der empirischen Untersuchung in der Grundschule Wellensiek handelt es sich bei den nachfolgend beschriebenen Unterrichtseinheiten nicht um klassische Schulstunden. Im Vordergrund stand die Überprüfung der aufgestellten Hypothesen. Die Unterrichtsstunden wurden auch in der Grundschule Theesen immer von einer Person durchgeführt und von einer weiteren Person betreut und beobachtet. Die Dokumentation erfolgte mittels Photomaterial und Erlebnisprotokollen.

Nachfolgend wird die Reihenfolge der ausgewählten Experimente (tabellarisch) vorgestellt, ein Eindruck der Unterrichtsstunde durch ausgewählte Auszüge aus den Erlebnisprotokollen vermittelt und abschließend eine reflektierte Zusammenfassung zu den jeweiligen Unterrichtseinheiten gegeben⁷⁵.

3.3.1 Auswahl der Module

Insgesamt wurden in der Grundschule Theesen vier Module mit jeweils einer bzw. zwei (Modul: einfache Nachweis- und Analyseverfahren) Unterrichtsstunden durchgeführt. Dabei handelte es sich um Experimentierreihen zu den Themen „Luft und Gase“,

⁷⁴ Die ausländische Herkunft einiger Schüler wirkte sich zu keiner Weise negativ auf ihre sprachlichen Fähigkeiten aus.

⁷⁵ Eine ausführliche Beschreibung der durchgeführten Experimente befindet sich im 2. Kapitel der vorliegenden Arbeit.

„Mischen, Trennen und Löslichkeit“, „einfache Nachweis- und Analyseverfahren“ und „Metalle“.

3.3.1.1 Modul „Luft und Gase“

Den Einstieg in die Experimentierreihen bildete auch in der Grundschule Theesen das Modul „Luft und Gase“. Es wurde deutlich, dass die Vorerfahrungen der Theesener Schüler bzgl. der Durchführung von Experimenten zur unbelebten Natur deutlich höher waren als die der Grundschüler aus Wellensiek. Diese Erfahrungen stammten aber nicht aus dem schulischen Unterricht, sondern bezogen sich zumeist auf selbständiges außerschulisches Experimentieren (Experimentierbücher, -kästen, Kindersendungen, etc.).

Auswahl der Experimente

Tab. 14: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Luft und Gase" in der GS Theesen.

Einstieg	„Fest, flüssig, gasförmig“
Experiment 1	„Luftblasen“
Experiment 2	„Unter Wasser Gas umfüllen“
Experiment 3	„Gummibärchen tauchen“
Experiment 4	„Kerze löschen“

Auch in der Grundschule Theesen zeigte sich bereits während der Hospitationsphase, dass die Schüler den Experimenten mit einer großen Vorfreude entgegenfieberten.

Für die geplanten Experimente zum Thema „Luft und Gase“ veranschlagten wir einen Zeitrahmen von einer Unterrichtsstunde. Nachfolgend werden einige Auszüge aus den Erlebnisprotokollen vorgestellt:

In der 2b erwarten uns 25 Kinder. Alle scheinen sich auf das Experimentieren zu freuen und wir schaffen es kaum, die Kiste mit den Materialien abzustellen, weil die Kinder uns regelrecht belagern.

[...] Als erstes stelle ich drei „gefüllte“ durchsichtige Becher auf den Tisch (Stein, Wasser, Luft) und bitte die Schüler, den jeweiligen Inhalt zu benennen. Alle Kinder erkennen natürlich sofort

den Stein und das Wasser. Beim leeren Becher rufen einige Kinder: „Nichts“, vereinzelt wird aber auch gesagt: „Da ist Luft drin“!

[...] Die Schüler glänzen durch hochqualitative Aussagen. Das Niveau ihrer Antworten ist deutlich höher als das in der Grundschule Wellensiek. Trotzdem können sie sich nicht alle Phänomene erklären (Warum bleibt das Papier trocken?) und sind durchweg interessiert an den Experimenten. Einigen Kindern dauert es manchmal zu lange und sie kommen und fragen mich, wann es denn mit dem nächsten Experiment weitergehen würde.

[...] Ich präsentiere erneut die drei Becher vom Stundenbeginn (Stein, Wasser, Luft) und dieses Mal sollen mir die Schüler die Eigenschaften der Stoffe beschreiben. Den Stein beschreiben sie als „schwer“ und „hart“, später dann auch als „fest“. Einige Kinder geben erstaunliche Beschreibungen: „Gold ist ja auch hart“ oder „Metalle, die können ja auch den Strom leiten“! Das Wasser wird als „flüssig“ beschrieben, der Luft ordnen sie die Eigenschaften „durchsichtig“, „transparent“ und „leicht“ zu. Ich beschreibe die Luft als gasförmig und erzähle ihnen, dass diese drei (Aggregat-)Zustände (fest, flüssig, gasförmig) unser Leben bestimmen. Ich frage sie, ob sie sich vorstellen können, dass Wasser auch fest oder gasförmig sein kann. Nach kurzem Überlegen sagt jemand, dass Wasser im Winter zu Eis wird. Nach meinem Tipp, dass sie einmal an das Kochen von Nudeln denken sollen, beschreiben die Schüler auch den Dampf des Wassers als gasförmig. Ich erkläre ihnen, dass Luft ein Gas (bzw. Gasgemisch) ist und sage auch, dass es verschiedene Gase gibt! Auf die Frage, ob sie auch andere Gase kennen, wird sofort das „Giftgas“ genannt, aber auch „Erdgas, das man ja zum Auto fahren braucht“!

[...] Bei dem Experiment „Unter Wasser Gas umfüllen“ zeigen sich einige motorische Probleme bei den Schülern, aber auch ungeübte Erwachsene haben bei diesem Experiment häufig koordinative Schwierigkeiten. Dann kippt auch noch eine Salatschale mit Wasser um, so dass die Stunde für fünf Minuten unterbrochen werden muss.

[...] Die Stunde neigt sich bereits dem Ende entgegen und ich frage die Kinder: „Wozu wird Luft denn eigentlich benötigt?“ Die Hauptantwort der Schüler lautet, dass Luft zum Leben benötigt wird. Wir diskutieren noch eine Weile, bis ich ein Teelicht auf den Tisch stelle und anzünde. Ich frage die Schüler, wie man das Teelicht löschen kann. Natürlich wird das Auspusten oder Wasser darauf geben genannt. Ich frage sie, ob die Teelichtflamme auch Luft zum Leben benötigt und wie man das ausprobieren kann. Ich stelle ein Glas auf den Tisch. Viele Kinder rufen sofort, dass man damit das Feuer löschen kann.

[...] Die Kinder führen das Experiment „Kerze löschen“ durch und die abschließende Diskussion zeigt, dass es ihnen nicht nur Spaß gemacht hat, sondern dass sie selber auch auf kindgerechte Art und Weise alle Experimente hervorragend erklären können.

Nach der Durchführung des ersten Moduls an der Grundschule Theesen bestätigten sich unsere Eindrücke aus dem ersten Teil der empirischen Untersuchung: Die Schüler waren sehr motiviert, die Euphorie wuchs von Experiment zu Experiment und die Schüler waren besonders interessiert am selbständigen Experimentieren.

3.3.1.2 Modul „Mischen, Löslichkeit und Trennen“

Die Unterrichtsstunde zum Modul „Mischen, Trennen und Löslichkeit“ soll das unterschiedliche Mischverhalten von Flüssigkeiten verdeutlichen (Tinte bzw. Öl in Wasser) und Möglichkeiten aufzeigen, Gemische wieder voneinander zu trennen (Öl abgießen bzw. Tintenwasser mit Aktivkohle reinigen). Im Vergleich zu der adäquaten Experimentierreihe in der Wellensieker Grundschule kam es zu einer Reduktion in der Anzahl der Experimente, bei gleichzeitiger Fokussierung der Aufmerksamkeit auf die Vorgänge „Mischen“ und „Trennen“.

Auswahl der Experimente

Tab. 15: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Mischen, Trennen und Löslichkeit" in der GS Theesen.

Experiment 1	„Mischbare und nichtmischbare Flüssigkeiten“
Experiment 2	„Mischen von verschiedenen Flüssigkeiten: Wasser, Öl und Tinte“
Experiment 3	„Trennen von mischbaren Flüssigkeiten“

Auch für dieses Modul war eine Unterrichtsstunde eingeplant. Nachfolgend werden einige Auszüge aus den Erlebnisprotokollen vorgestellt:

Aus organisatorischen Gründen baute ich die Experimentieranordnung jeweils als Muster auf einem zentralen Tisch auf. Die Kinder sollten dann eigenständig alle Materialien für ihre Gruppe (2er-Gruppen) zusammentragen. Das klappte recht gut.

[...] Vorab zusammenfassend würde ich die Stunde so charakterisieren: Die Schüler waren begeistert, die Lehrerin verunsichert und für mich war es ein Albtraum.

[...] Die Auswahl und Anordnung der Experimente stellte sich als geeignet heraus. Die Kinder experimentierten begeistert, ... manchmal zu begeistert! Die Konstellation aus Tinte, Öl und Aktivkohle gepaart mit einer Pipette scheint bei einer Klassenstärke von 26 Kindern ungebremst ins Chaos zu führen. Die Aktivität der Kinder und das große Verlangen, alles mit allem mischen zu wollen, stand in dieser Stunde absolut im Vordergrund. Als dann noch ein 0,4L-Becher mit Aktivkohle in den Händen einer Schülerin „platzte“ („Toll, jetzt haben wir auch noch eine Bombe gebaut!“), schien das Chaos perfekt. Ich bin erstaunlich ruhig geblieben und gemeinsam mit den Schülern haben wir den Klassenraum am Ende mit großem Einsatz wieder in die Ausgangslage gebracht.

[...] Die anschließende Stunde in der Klasse 2b musste ich aufgrund der völlig verdreckten Materialien absagen. Die Lehrerin war nicht begeistert darüber, die Schüler regelrecht

enttäuscht. Ich versprach ihnen aber, am Montag die Stunde nachzuholen. Das gab mir genug Zeit, das Konzept dieser Stunde zu überdenken.

Vier Tage später fand die Durchführung der oben beschriebenen Unterrichtsstunde zum Thema „Mischen, Trennen und Löslichkeit“ in der anderen 2. Klasse statt. Einige organisatorische Veränderungen sollten vermeiden, dass es erneut zu einer ähnlich „chaotischen“ Experimentiereinheit kommt wie in der Vorwoche!

[...] Ich verzichtete auf den Einsatz von Pipetten. Die Schüler nutzen die Pipetten, um alles mit allem zu vermischen (Eine Pipette zu besitzen, ist für die Schüler in diesem Schuljahr das Größte!). Ich ließ auch die Petrischalen am Anfang weg, da sie zwar zum Löslichkeitsvergleich Tinte in Wasser und Öl in Wasser sehr anschaulich waren, aber aufgrund der Größe bei den Kindern eher zu unkontrolliertem „Herumplanschen“ führten.

[...] Einige Probleme bereitete den Schülern das Anstechen der Tintenpatronen mit dem Schaschlikspieß. Daher bereitete ich einige bereits geöffnete Tintenpatronen vor. Geeignet erwies sich auch der Einsatz von 0,4L-Bechern, statt 0,2L-Bechern, beim Filtrieren, da dann die Trichter problemlos in die Becher gestellt werden können und dadurch das System stabil auf dem Tisch steht.

[...] Die Kinder entwickelten besonders beim Filtrieren des Aktivkohle-Tinten-Gemischs eine große Euphorie und zeigten ungewohnte Ausdauer und Konzentration. Meine Erklärungen zum „Phänomen“ Aktivkohle gerieten allerdings trotz größter pantomimischer Erklärungsweise eher in den Hintergrund. Spannender war es für die Schüler, den Trichter zu beobachten, um auch den letzten gereinigten Tintentropfen auf dem Weg durch den Filter zu begleiten.

Die wenigen organisatorischen Veränderungen haben dazu geführt, dass sich dieses so wichtige Thema der unbelebten Natur zu einem – auch für den Anfangsunterricht – in der Praxis durchführbaren Modul entwickelt hat. Wir haben gelernt, dass die immense Aktivität der Schüler in diesem Alter immer unterstützt und berücksichtigt werden muss: Einerseits durch entsprechende Experimente, zum Beispiel durch Versuche mit hohem Eigenanteil in der Durchführung, und andererseits bei der logistischen Planung – zum Beispiel bei der Auswahl der Materialien oder des Versuchsaufbaus – um einen unkontrollierbaren Verlauf der kindlichen Aktivität zu vermeiden.

3.3.1.3 Modul „einfache Nachweis- und Analysemethoden“

Der Ablauf des Moduls „einfache Nachweis- und Analysemethoden“ entsprach dem der Grundschule Wellensiek. Dementsprechend wurde in der ersten Woche das Chromatographie-Verfahren als Trenn- und Analyseverfahren vorgestellt und eine Woche später lernten die Schüler Rotkohlsaft als einen Indikator für Säuren kennen. Beide Experimentiereinheiten erwiesen sich aufgrund des ersten Eindrucks bzgl. der Durchführung erneut als absolut geeignet für den Anfangsunterricht. Da es in Bezug auf das Verhalten der Schüler und den organisatorischen Ablauf der Stunden zu keinen Besonderheiten im Vergleich zu der Wellensieker Grundschule kam, werden nachfolgend keine Ausschnitte aus den Erlebnisprotokollen dargestellt, um zu große Wiederholungen im Rahmen der vorliegenden Arbeit zu vermeiden.

3.3.1.4 Modul „Metalle“

Zum Abschluss unserer Experimentiereinheiten in der Grundschule Theesen wurde eine Unterrichtsstunde zum Thema „Metalle“ durchgeführt. Dabei berücksichtigten wir bereits unsere Beobachtungen bzgl. des „Werksinns“ der Schüler und konzipierten Experimente, bei denen das „Tun“ oberste Priorität hatte und weniger der detaillierte theoretische Hintergrund vermittelt wurde. Dazu bot sich das Modul „Metalle“ besonders gut an, weil hierbei der phänomenologische Aspekt im Mittelpunkt steht, da viele der hochkomplexen physikalischen Vorgänge nur eingeschränkt auf kindgerechte Art und Weise zu erklären sind.

Auswahl der Experimente

Tab. 16: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Metalle" in der GS Theesen.

Einstieg:	„Sortieren der Gegenstände nach selbstgewählten Kriterien“ und „Biegsamkeit von Metallen“
Experiment 1	„Elektrische Leitfähigkeit“
Experiment 2	„Magnetismus“
Experiment 3	„Wärmeleitfähigkeit“ („Demonstrationsexperiment“)
Experiment 4	„Metallstromkreis“

Nachfolgend werden erneut einige Auszüge aus den Erlebnisprotokollen vorgestellt:

Ich beginne die Stunde mit der Frage, ob die Schüler in den Winterferien auch einmal ein Experiment gemacht haben. Die Antworten verblüffen mich:

- „Ich habe einen Tintentropfen in einen Wasserstrudel gemacht und dann beobachtet!“
- „Ich habe mit einer Batterie, Kabel, einer Filmdose und Wasser und Salz eine Lampe zum Brennen gebracht. Je mehr Salz ich dazu gegeben habe, desto heller brannte die Birne!“
- „Ich habe ein Experimentierbuch zu Weihnachten bekommen und schon vieles ausprobiert!“
- „Ich habe einen Experimentierkasten geschenkt bekommen!“

Ich erkläre den Schülern, dass wir heute Experimente zum Thema „Metalle“ machen und frage sie, ob sie das Wort schon einmal gehört haben und vielleicht einige Metalle kennen. Es kommen zahlreiche Antworten, wie „Eisen ist ein Metall!“, „Eine Schere ist aus Metall!“ oder „Autos sind aus Metall!“.

[...] Ich lege auf den zentralen Experimentiertisch folgende Gegenstände: Luftballon, Löffel, Nagel, Kupferblech, Büroklammer, Pipette, Glassstab und Holzstab. Die Kinder beginnen sofort zu rufen: „Das ist aus Holz!“ oder „Der Nagel ist aus Eisen!“. So ordnen sie unaufgefordert die Gegenstände in zwei Gruppen ein: Metalle und Nichtmetalle. Ich bin begeistert.

[...] Ich stelle den Stromkreis vor, muss aber erstaunt feststellen, dass ganz viele Kinder darüber bereits extrem viel wissen (selbst die ansonsten eher zurückhaltende Lehrerin ist perplex und murmelt immer nur: „Das lernen die doch erst in der vierten Klasse!“). Batterien und Glühbirnen – überhaupt alle Dinge, die mit Strom zusammenhängt – scheinen bei Kindern eine große Begeisterung hervorzurufen. Schnell bauen die jeweiligen Gruppen einen offenen Stromkreis auf und nun gilt es, die acht Gegenstände auf deren elektrische Leitfähigkeit zu überprüfen und auf dem ausgeteilten Arbeitsblatt die Ergebnisse zu notieren.

[...] Zu zweit bekommen sie einen Magneten und nun gilt es, die ausgeteilten Materialien auf deren magnetische Eigenschaften zu überprüfen. Zusätzlich werden auch Gegenstände aus den

Federmappen etc. getestet. So untersuchen viele Schüler ihren Anspitzer oder die Schere mit dem Magneten.

[...] Gemeinsam diskutieren wir die Ergebnisse und gehen noch einmal die gesamte Tabelle auf dem Arbeitsblatt durch. Beim Kupferblech kommen dann die ersten Fragen: Es leitet den Strom, ist aber nicht magnetisch. Ist es nun ein Metall? Ich erkläre den Schülern, dass alle Metalle den Strom leiten, aber nur einige Metalle magnetisch sind. Wenn also ein Gegenstand magnetisch ist, dann ist er auf jeden Fall ein Metall. Wenn er nicht magnetisch ist, dann kann er aber trotzdem ein Metall sein. Das kann man dann letztendlich mit dem Stromkreis überprüfen.

[...] Ich erkläre ihnen, dass wir nun mit einem Experiment herausbekommen wollen, welches Material am besten die Wärme weitergibt, also leitet. Ich befestige mit Hilfe von Butter die Gummibärchen von außen an die Becher und bereite heißes Wasser mit einem Wasserkocher vor. Das heiße Wasser fülle ich dann in fünf gleich große Behälter und lasse es von fünf Schülern gleichzeitig in die „Versuchsbecher“ gießen. Es ist sehr beeindruckend zu sehen, wie konzentriert, fasziniert und mit einer vorher nie wahrgenommenen Ruhe die Kinder die Becher beobachten. Schnell „rutscht“ das Gummibärchen am Aluminiumbecher hinunter und nach einiger Zeit folgen in unregelmäßigem Abstand – abhängig von der Wärmeleitfähigkeit der jeweiligen Becher-Materialien – die anderen Gummibären. Ein richtig tolles Experiment!

[...] Zum letzten Experiment bitte ich die Schüler, alle Metalle, die sie gefunden haben, auf den zentralen Experimentiertisch zu legen und so miteinander zu verbinden, dass wir einen möglichst „großen“ und geschlossenen Stromkreis bekommen. Die Schüler arbeiten richtig gut zusammen und selbst das Läuten der Pause bringt sie nicht – wie sonst immer üblich – aus dem Konzept. Ein wirklich schönes Experiment zum Abschluss!

Trotz aller Skepsis im Vorhinein, bzgl. der Durchführung eines Moduls zum Thema „Metalle“ im Anfangsunterricht, sind wir nach der Durchführung dieser Unterrichtseinheit positiv überrascht. Die Schüler haben bereits genug Erfahrungen zu diesen Phänomenen im Alltag gesammelt, so dass nichts gegen eine frühe Einführung des doch recht schwierigen Themas spricht. Die abschließenden Interviews werden zeigen, inwieweit die durchgeführten Experimente einen bleibenden Eindruck bei den Schülern hinterlassen haben.

3.3.2 Fazit zu den Experimentierstunden an der Grundschule Theesen

Nach der Durchführung der Experimentiereinheiten in der Grundschule Theesen decken sich unsere Eindrücke und Beobachtungen mit denen, die wir bereits nach dem ersten Teil der Untersuchung in der Grundschule Wellensiek formuliert haben: Die Schüler entwickelten beim Experimentieren eine große Euphorie, ihre motorischen Fähigkeiten waren gegenüber Kindergartenkindern deutlich verbessert und sie konnten auch über einen längeren Zeitraum konzentriert mitarbeiten.

Besonders fasziniert hat uns die Bestätigung der neu aufgestellten Hypothese (4): dem „Tun“ im Vergleich zur „Wissbegier“ (vgl. *Kap. 3.2.2*). Denn auch die Theesener Kinder waren besonders interessiert am eigenen „Tun“ und äußerten häufig den Wunsch etwas herzustellen, um das Produkt dann auch mit nach Hause nehmen zu dürfen. Dabei traten die Fragen nach der Deutung der Phänomene in den Hintergrund. Wenn wir anfangen die Phänomene zu erklären, dann sah man es den Schülern richtiggehend an, dass sie viel lieber weiter experimentieren wollten.

Bisher basiert die neu aufgestellte Hypothese (4) nur auf den eigenen Beobachtungen und den angefertigten Erlebnisprotokollen. Diese sind allenfalls als Indiz zu bewerten. Die Überprüfung der Hypothese (4) muss nun parallel zur Evaluierung der ersten drei Hypothesen (vgl. 3.1.2) erfolgen. Dazu müssen geeignete Methoden eingesetzt werden.

3.4 Methoden der Datenerhebung

In den Sozialwissenschaften gibt es eine Vielzahl an verschiedenartigen methodischen Ansätzen. Im Rahmen von empirischen Untersuchungen wäre das Festlegen auf einen bestimmten methodischen Zugriff unangemessen, da Methoden niemals isoliert existieren, sondern immer mit anderen Faktoren – wie beispielsweise mit bestimmten Fragestellungen, Blickrichtungen und theoretischen Ansätzen – interagieren. Erst der Einsatz vielfältiger methodischer Zugriffe und der damit verbundene Blick aus verschiedenen Perspektiven ergeben ein vollständiges Bild der Untersuchung. „Dieses Plädoyer für eine Methodenvielfalt und Mehrperspektivität in der erziehungswissenschaftlichen Forschung meint aber keine Beliebigkeit der methodischen Zugriffe. An alle Methoden bzw. methodischen Zugriffe müssen gemeinsame Grundanforderungen gestellt werden, wenn Erkenntnisse auf für andere nachvollziehbaren und nachprüfaren Wegen gewonnen werden sollen“ (ROBBACH 2002, S. 41).

In den letzten Jahren wurden Kinder immer häufiger zu Adressaten sozialwissenschaftlicher Befragungen (vgl. LIPSKI 2000, S. 77). Die Möglichkeiten und Grenzen des methodischen Vorgehens innerhalb der Forschung zur Kindheit sind seit Ende der achtziger Jahre des 20. Jahrhunderts immer mehr in den Blickpunkt geraten, wie sich an zahlreichen methodisch und methodologisch ausgerichteten Veröffentlichungen und Publikationen zeigt (vgl. MEY 2003, S. 4).

Im Rahmen der „neuen Kindheitsforschung“ werden Kinder „als Subjekte und Akteure in ihrer Lebensumwelt“ (HEINZEL 2000, S. 21) betrachtet. Während es in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts noch üblich war, Eltern zu befragen, wenn man etwas über Kinder wissen wollte (vgl. LIPSKI 2000, S. 77), so wird heute gefordert, „Kinder soziologisch nicht länger als unfertige Erwachsene zu sehen, sondern als diesen ebenbürtige Personen und gleichwertige Gesellschaftsmitglieder zu betrachten“ (HÜLST 2000, S. 37). Daher hat es sich mittlerweile in der sozialwissenschaftlichen Kindheitsforschung etabliert, explizit *nach der Perspektive* der Kinder zu fragen und nicht nur *über* Kinder zu forschen. So werden Kinder als aktiv Handelnde und (Mit-) Gestaltende betrachtet (vgl. MEY 2003, S. 4).

Ein methodologisches Zentralproblem der Kindheitsforschung besteht in den Fragen nach der Verlässlichkeit der Angaben von Kindern bei standardisierten Befragungen und darin, ob ein wissenschaftlich kontrolliertes Verstehen von Kindern überhaupt

möglich ist (vgl. HÜLST 2000, S. 37ff.; LIPSKI 2000, S. 77ff.). Um möglichst alle Perspektiven der Kinder zu erfassen, „bedient sich die Kindheitsforschung meist klassischer Methoden der Sozialforschung, die aber manchmal modifiziert werden, um Kindern in Forschungssituationen besser zu entsprechen“ (HEINZEL 2000, S. 21).

Wie bereits beschrieben, entschieden wir uns, nach dem ersten Teil der empirischen Untersuchung mehrere Untersuchungsinstrumente einzusetzen, um die eingangs formulierten Hypothesen – kurz zusammengefasst nach (1) dem Interesse, (2) der Einsetzbarkeit im Unterricht, (3) dem (nachhaltigen) Eindruck und (4) dem „Tun“ im Vergleich zur „Wissbegier“ – zu überprüfen.

Dazu wurden nachfolgende Methoden ausgewählt, die im Anschluss an die Aufzählung jeweils kurz charakterisiert werden:

Beobachten

- Teilnehmende Beobachtung

Befragen

- Interviews
 - Leitfaden-Interview, teilstrukturiert, problemzentriert, tlw. mit anschließendem Experimentierangebot
 - Gruppeninterview, mit anschließendem Experimentierangebot

Testen

- Items mit Antwortvorgaben (Mehrfach-Wahl-Aufgaben)

3.4.1 Modell der Triangulation

Im Rahmen unserer Untersuchung nutzten wir verschiedene empirische Forschungsmethoden, um die aufgestellten Hypothesen von mehreren Seiten aus zu überprüfen. In der Sozialforschung bezeichnet man dieses Vorgehen mit dem Begriff „Triangulation“.

Das Modell der Triangulation wird mittlerweile weniger als Möglichkeit zur Validierung der Ergebnisse, sondern mehr als Strategie, „Erkenntnisse durch die Gewinnung weiterer Erkenntnisse zu begründen und abzusichern, gesehen“ (FLICK 2000, S. 311). Durch die Erweiterung der Perspektive, wird ein vollständigeres Bild vom Untersuchungsgegenstand gewonnen, dass letztendlich zu einem breiterem und umfassenderem Verständnis bei der Überprüfung der Hypothesen beiträgt (vgl. FLICK 2004, S. 66ff.).

Die Hypothese (4), „Tun“ im Vergleich zur „Wissbegier“, entwickelte sich erst durch die Methode der teilnehmenden Beobachtung und sollte daher besonders durch den Einsatz weiterer Methoden abgesichert werden. FLICK beschreibt, dass gerade in der ethnographischen Forschungspraxis die Triangulation von Datensorten und Methoden sowie von theoretischen Perspektiven zu erweiterten Erkenntnismöglichkeiten führt, „die sich aus Konvergenzen aber mehr noch aus den Divergenzen, die sie hervorbringen bzw. produzieren, speisen“ (FLICK 2004, S. 66).

Zur Datenerhebung wurden in der vorliegenden Arbeit neben qualitativen (vgl. „Beobachten“, „Befragen“) auch quantitative Methoden (vgl. „Testen“) angewendet. Mittlerweile wird das Modell der Triangulation auch in der Verbindung von qualitativer und quantitativer Forschung verwendet. So bezeichnet MAYRING das Triangulationsmodell als „die komplexeste Verschränkung qualitativer und quantitativer Analyse-schritte in einem Analyseprozess“ (MAYRING 2001, S. 8).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass es bei der Darstellung der Ergebnisse nicht darum geht, festzustellen, welche Methode das „richtigere“ Ergebnis liefert; die Resultate sollen sich vielmehr durch gegenseitiges Vergleichen unterstützen und schrittweise neue Erkenntnisse liefern bzw. bestätigen. Der Schnittpunkt aller Einzelergebnisse stellt letztendlich das Untersuchungsergebnis dar (vgl. ebd., S. 8).

3.4.2 Forschungsmethode „Beobachten“

„Keine Datenerhebungsmethode kann auf Beobachtung verzichten, da empirische Methoden definitionsgemäß auf Sinneserfahrungen (Wahrnehmungen, Beobachtungen) beruhen“ (BORTZ & DÖRING 1995, S. 240).

Die wissenschaftliche Beobachtung unterscheidet sich von den Wahrnehmungen, die im Alltag erfolgen – und häufig unreflektiert als „Alltagsbeobachtungen“ charakterisiert werden – durch eine Reihe von Merkmalen. GRAUMANN unterscheidet Beobachtung von Wahrnehmung wie folgt:

„Die absichtliche aufmerksam-selektive Art des Wahrnehmens, die ganz bestimmte Aspekte auf Kosten der Bestimmtheit von anderen beachtet, nennen wir Beobachtung. Gegenüber dem üblichen Wahrnehmen ist das beobachtende Verhalten planvoller, selektiver, von einer Suchhaltung bestimmt und von vornherein auf die Möglichkeit der Auswertung des Beobachteten im Sinne der übergreifenden Absicht gerichtet“ (GRAUMANN 1966, S. 86).

Neben quantifizierenden Beobachtungsmethoden werden im Rahmen von empirischen Untersuchungen auch qualitative Beobachtungen eingesetzt, „bei denen ein interpretativer Zugang zum beobachteten Geschehen im Mittelpunkt steht“ (BORTZ & DÖRING 1995, S. 240).

Qualitative Beobachtungen zeichnen sich durch folgende Merkmale bzw. Zielsetzungen aus (vgl. ADLER & ADLER 1994, S. 378):

- Beobachtung im natürlichen Lebensumfeld
- Aktive Teilnahme des Beobachters am Geschehen
- Konzentration auf größere Einheiten, Systeme, Verhaltensmuster
- Offenheit für neue Einsichten und Beobachtungen

Die Vorteile dieser Forschungsmethode ergeben sich aus den spezifischen Anwendungsbedingungen: Es lassen sich Informationen über tatsächliches Verhalten unter alltäglichen Bedingungen über einen längeren Zeitraum hinweg gewinnen. Daraus resultieren umfassende, anschauliche und breit gefächerte Informationen. Den Vorteilen stehen auch gewisse Nachteile gegenüber: Aufzeichnungen sind nur als Gedächtnis- bzw. Erlebnisprotokolle möglich. Dabei können Informationen verloren gehen oder die Subjektivität des Beobachters prägt sehr stark die Aufzeichnung. Dadurch kann es zu Anfechtungen in Bezug auf die Einhaltung der klassischen Gütekriterien – wie Zuver-

lässigkeit und Gültigkeit – kommen. Insgesamt stellt das Aufschreiben und die Darstellung des Beobachteten, Gehörten und Erlebten ein konstitutives Moment von und zeitgleich eine Herausforderung für Ethnographien dar (vgl. LÜDERS 2000, S. 396).

Die teilnehmende Beobachtung (auch Feldbeobachtung oder „Ethnographie“ genannt) – als eine Variante der qualitativen Beobachtung – stellt eine Forschungsmethode dar, bei der entweder das Verhalten (direkte Beobachtung) oder die Auswirkungen des Verhaltens (indirekte Beobachtung) eines Untersuchungsobjektes untersucht werden. Bei der teilnehmenden Beobachtung wird der Beobachter selbst zum Interaktionspartner der beobachteten Personen (vgl. SCHNELL et al. 2005, S. 390f.).

In der deutschsprachigen Sozialforschung führte die teilnehmende Beobachtung lange Zeit ein Schattendasein. Ihr wurde allenfalls eine ergänzende, unter Umständen auch eine explorative Rolle in der Forschung zugesprochen. Erst in jüngster Zeit begann man die Vorteile der teilnehmenden Beobachtung zu akzeptieren und für Forschungszwecke einzusetzen (vgl. BOHNSACK 1999, S. 146; LÜDERS 2000, S. 388).

3.4.2.1 Einordnung der Methode in die vorliegende empirische Untersuchung

Im Rahmen unseres Forschungsprojektes benutzen wir die Methode der teilnehmenden Beobachtung unter folgenden Leitkriterien:

- Aktiv teilnehmend
- Mit einem thematischen Fokus
- Explorativ: Mit dem Ziel der Theoriebildung
- Abfassung von Erlebnisberichten auf der Basis von Gedächtnisprotokollen (ohne technische Hilfsmittel, außer Photographien)

Die Forschungsmethode „Beobachten“ stellte sich als ein effektives Untersuchungsverfahren heraus, um die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen und zusätzliche Erkenntnisse im Sinne einer Theoriebildung zu gewinnen.

3.4.2.2 Stichprobe und Untersuchungsablauf

Die Methode der teilnehmenden Beobachtung wurde in beiden Grundschulen während der Durchführung der Experimentiereinheiten eingesetzt. Daher umfasst die Stichprobenanzahl alle am Unterricht teilnehmenden Schüler.

3.4.3 Forschungsmethode „Befragen“

In der empirischen Forschung bilden qualitative Formen der Befragung eine zentrale Datenbasis (vgl. HOPF 1995, S. 177). Eine Besonderheit der qualitativen Befragungstechniken liegt in der Verwendung offener Fragestellungen. Diese lassen dem Befragten eine große Entfaltungsmöglichkeit beim Antworten und beziehen die Interaktion zwischen Interviewtem und Interviewer, sowie die Eindrücke und Deutungen des Interviewers als Informationsquellen mit ein. Insgesamt wird der Gesprächsverlauf weniger vom Interviewer und dafür stärker vom Befragten gesteuert und gestaltet. Quantitative Befragungen sind im Unterschied dazu standardisiert und fordern von dem Befragten inhaltlich eng gefasste Antworten und vom Interviewer ein schematisches und konstantes Verhalten (vgl. BORTZ & DÖRING 1995, S. 283).

Der Vorteil qualitativer Befragungen besteht darin, dass – aufgrund des großen Spielraums in den Antwortmöglichkeiten der Befragten – auch komplexe Zusammenhänge einbezogen werden und diese, bei gleichzeitiger tiefgehender Exploration, zu relevanten Aussagen führen. Darüber hinaus liefern qualitative Interviews auch bei kleinen Fallzahlen fundierte Ergebnisse, wenn auch dann nur eine eingeschränkte Repräsentativität beansprucht werden kann. Qualitative Interviews werden zumeist anhand von Transkripten ausgewertet, die eine zuverlässige Basis für die weitere Auswertung darstellen (vgl. LAMNEK 1995b, S. 35).

Der Gesamtprozess einer qualitativen Befragung erfolgt in einheitlichen Arbeitsschritten, die nachfolgend in Stichworten aufgelistet werden (vgl. BORTZ & DÖRING 1995, S. 284f.): (1) Inhaltliche Vorbereitung, (2) Organisatorische Vorbereitung, (3) Gesprächsbeginn, (4) Durchführung und Aufzeichnung des Interviews, (5) Gesprächsende, (6) Verabschiedung, (7) Gesprächsnotizen.

3.4.3.1 Qualitative Interviews mit Kindern

Ein Kind kann früher aussprechen, was es sieht, hört und in der Außenwelt wahrnimmt, als es seine innere Welt reflektieren und verbalisieren kann (vgl. BERNA 1994). Diese entwicklungspsychologische Feststellung ist einer der häufigsten Einwände gegen die Methode des qualitativen Interviews bei Kindern (vgl. HEINZEL 1997, S. 401). Besonders die sprachliche Kommunikation stellt bei der Befragung von Kindern – aufgrund der meist noch eingeschränkten Sprachfähigkeit – häufig ein Problem dar. Auch der Zweifel am Wahrheitsgehalt von kindlichen Aussagen innerhalb eines Interviews ist ein weiterer Kritikpunkt an dieser Methode. Dabei entsteht zwangsläufig die Frage, ob es überhaupt möglich ist, die subjektive Welt der Kinder so zu übersetzen, dass deren Aussagen bei der Interpretation nicht wieder durch eine Erwachsenensicht verändert werden (FUHS 2000, S. 90ff.). Denn wenn Erwachsene Kinder befragen, geschieht dies immer im Rahmen eines Generationsverhältnisses, das bei der Interpretation der Daten einen zentralen theoretischen Hintergrund bilden muss (vgl. ZEIHNER 1996, S. 38).

Untersuchungen zeigen aber, dass bereits Kindergartenkinder in der Lage sind, sich an „wichtige persönliche Erfahrungen auch über einen längeren Zeitraum hinweg ziemlich genau zu erinnern“ (SCHNEIDER & BÜTTNER 1995, S. 667). In einer von LANG durchgeführten Untersuchung (1976) wurde erstmals empirisch bestätigt, dass es möglich ist, Kinder im Grundschulalter ohne gravierende Validitätsprobleme zu befragen (vgl. LANG 1985, S. 26).

Trotz der genannten Einwände hat sich das qualitative Interview mittlerweile in der Kindheitsforschung als eine wichtige Methode etabliert (FUHS 2000, S. 87). Zur Differenzierung zwischen den unterschiedlichen Interviewmethoden werden diese nach dem Grad ihrer Standardisierung unterteilt (vgl. LAMNEK 1995b, S. 35ff.). So finden sich in der Forschungspraxis sowohl teilstandardisierte⁷⁶ als auch narrative Interviews⁷⁷ mit Kindern (vgl. HEINZEL 1997, S. 402f.).

⁷⁶ Teilstandardisierte Interviews werden auch als Leitfaden-Interviews oder semistrukturierte Interviews bezeichnet. Varianten dieser Interviewart sind beispielsweise: Struktur- oder Dilemma-Interviews, fokussierte Interviews, problemzentrierte Interviews und ethnographische Interviews (vgl. HEINZEL S. 402).

⁷⁷ Das narrative Interview ist eine weniger standardisierte Variante qualitativer Befragungen. Diese Interview-Art wurde von dem Bielefelder Soziologen SCHÜTZE eingeführt und hängt eng mit der Biografieforschung zusammen. Das narrative Interview zeichnet sich vor allem dadurch aus, dass der Verlauf des Interviews völlig offen ist und dem Interviewten genügend Zeit gegeben wird, über besonders

Einordnung der Methode in die vorliegende empirische Untersuchung

Im Rahmen unseres Forschungsprojekts wurden folgende qualitative Interviewmethoden eingesetzt:

- Leitfaden-Interview, teilstrukturiert, *problemzentriert*, tlw. mit anschließendem Experimentierangebot
- *Gruppeninterview*, mit anschließendem Experimentierangebot

Wir haben uns für diese zwei Interviewformen entschieden, um mit möglichst unterschiedlichen Herangehensweisen die aufgestellten Hypothesen zu überprüfen. Besonders von dem optionalen Experimentierangebot im Rahmen einer Interviewsituation erhofften wir uns, eine weitere Bestätigung bzgl. der vierten Hypothese („Tun“ im Vergleich zur „Wissbegier“) zu erlangen.

Nachfolgend werden die eingesetzten Interviewmethoden und das optionale Experimentierangebot vorgestellt, auch im direkten Bezug zum späteren Einsatz im Rahmen der vorliegenden Untersuchung.

3.4.3.2 Problemzentriertes Interview

Das problemzentrierte Interview ist eine Methode der qualitativen Sozialforschung und wurde von WITZEL (1982) eingeführt. Im problemzentrierten Interview werden keine festen Dimensionen und Kategorien abgefragt, sondern Leitfragen formuliert, die es ermöglichen, den Befragten weitgehend frei zu Wort kommen zu lassen. Trotz aller Offenheit steht im Zentrum des Interviews eine vorherrschende Problemstellung, auf die es immer wieder – zum Beispiel durch Nachfragen seitens des Interviewers – zurückzukommen gilt. Hierin unterscheidet sich das problemzentrierte auch vom narrativen Interview, in dem Erzähl- und Nachfragephase strikt getrennt sind (vgl. MAYRING 2002a, S. 67ff.; WITZEL 1982, S. 230).

entscheidende Punkte seines Lebens zu erzählen. Man spricht deshalb auch oft von einem erzählenden Interview (vgl. MAYRING 2002a, S. 72ff.).

Wir haben uns für diese eher offene Interviewform entschieden, da der Vorteil dieser Methode in der Möglichkeit liegt, dass die Schüler ihre subjektiven Eindrücke zu den Experimentiereinheiten – sowohl aus affektiv-emotionaler wie auch aus kognitiver Sicht – frei äußern können, ohne von uns zu sehr geführt zu werden. Gleichzeitig ermöglicht uns diese Interviewmethode, immer wieder, die Aufmerksamkeit auf den eigentlichen Schwerpunkt der Untersuchung – die durchgeführten Module zur unbelebten Natur – zu lenken. Nach MAYRING führt diese „Offenheit“ zwischen Interviewer und Befragtem zu einer stärkeren *Vertrauensbeziehung*, welche zu ehrlicheren, reflektierteren und genaueren Ergebnissen führt als beispielsweise eine geschlossene Umfragetechnik (MAYRING 2002a, S. 69).

Der Ablauf eines problemzentrierten Interviews ist klar strukturiert: Zu Beginn führen Sondierungsfragen in das Thema ein und schaffen eine Vertrauensbasis zwischen Interviewer und Befragten. Anschließend werden die zentralen Leitfadenfragen zum Forschungsgegenstand gestellt, wobei auch „Ad-hoc-Fragen“ eingesetzt werden können, wenn sie für die Themenstellung oder zum Erhalt des Gesprächsfadens von Bedeutung sind (vgl. ebd., S. 69ff.).

Interviewleitfaden zur eigenen empirischen Untersuchung

- Vor einiger Zeit habe ich einige Experimente mit euch gemacht. Welches Experiment hast du am liebsten gemacht? ... und warum?
- Was konntest du dabei sehen?
- Warum ist das so passiert?
- An welches Experiment kannst du dich noch erinnern?
- Machst du zu Hause auch Experimente?
- Was willst du einmal werden?

3.4.3.3 Gruppeninterview

Die Gruppendiskussion ist eine Methode, bei der im Gegensatz zu Erhebungen mit einzelnen Individuen die thematischen Aussagen einer Gruppe bzw. die Kommunikation in einer Gruppe erfasst werden soll. In einem Gruppeninterview können psychische Sperren aufgebrochen werden. Daher bietet sich dieses Verfahren besonders gut zur Ermittlung kollektiver Einstellungen, Ideologien und Vorurteile an. Ein Vorteil dieser Technik besteht außerdem in der Möglichkeit, eine größere

Stichprobe zu erheben (vgl. MAYRING 2002a, S.76f.). In der Marktforschung haben Gruppendiskussionen eine lange Tradition und werden häufig zur Evaluation neuer Produkte verwendet (vgl. BOHNSACK 1997, S.492). Mit einer Gruppenbefragung werden unter anderem folgende Ziele verfolgt (vgl. LAMNEK 1995b, S. 131):

- Erfassung von Meinungen und Einstellungen einzelner Teilnehmer (eine Gruppenbefragung ist ökonomischer als mehrere Einzelbefragungen),
- Erfassung von Meinungen und Einstellungen einer ganzen Gruppe (relevant zum Beispiel bei der Untersuchung natürlicher Gruppen wie Schulklassen),
- Erfassung öffentlicher Meinungen und Einstellungen (Gruppen werden als Stellvertreter für breite Bevölkerungsteile aufgefasst),
- Untersuchung meinungsbildender Prozesse in Gruppen (Gruppendynamik).

Zu Beginn einer Gruppenbefragung werden zunächst die individuellen Standpunkte der Teilnehmer erfragt. Anschließend wird die Interviewform offener gestaltet, so dass sich verfolgen lässt, wie die einzelnen Gruppenmitglieder sich während der Diskussion gegenseitig beeinflussen und verändern. Auf diese Weise wirkt die Gruppendiskussion zweifach sinnvoll und gewinnbringend: „[...] einmal als *Informationsquelle für den Forscher*, zum anderen als *Lernprozess für die an der Forschung beteiligten*“ (DREHER & DREHER 1995, S. 188). Eine Übersicht einiger Varianten qualitativer Gruppenbefragungen findet man bei BORTZ & DÖRING (vgl. BORTZ & DÖRING 1995, S. 295).

Im Rahmen der Kindheitsforschung werden Gruppendiskussionen – sowohl in der Praxis als auch in einschlägigen Veröffentlichungen – nur ganz selten durchgeführt bzw. thematisiert (vgl. HEINZEL 2000b, S. 117). Dabei ermöglichen Gruppendiskussionen mit Kindern „die Untersuchung gruppenspezifischer Prozesse unter Gleichaltrigen, [...] lassen darüber hinaus Einsichten in die Struktur und Prozesse individueller und kollektiver Stellungnahmen zu und eröffnen einen Zugang zu latenten und unbewussten Sinnstrukturen“ (ebd., S. 120). Als Schwierigkeiten werden dagegen „die fehlende Diskussionskultur von Kindern, ihre eingeschränkten Verbalisierungsfähigkeiten, Hemmung durch die Gruppensituation und deren öffentliche Atmosphäre, sowie Schwierigkeiten bei Interaktionen zwischen Mädchen und Jungen formuliert“ (ebd., S. 121). Insgesamt lassen Gruppengespräche nur wenige Aussagen über einzelne Kinder zu. Denn wenn Kinder, die miteinander vertraut sind, zu Gruppendiskussionen zu-

sammenkommen, dann haben sich oft bereits Meinungsführer herausgebildet. Gleichzeitig gibt es Kinder in der Gruppe, die fast nie das Wort ergreifen. Diese typischen Anpassungsmechanismen in Gruppen beschränken die Möglichkeit, die individuellen Meinungen der Kinder herauszufinden. Betrachtet man die Vor- und Nachteile von Gruppendiskussionen mit Kindern, so lässt sich zusammenfassend sagen, dass die Vorteile im Verhältnis zu den Schwierigkeiten überwiegen. Dennoch wird das Forschungspotential dieser Interviewmethode bisher im Rahmen der Kindheitsforschung kaum genutzt (vgl. ebd., S. 121ff.).

3.4.3.4 Experimentierangebot

Speziell zur Überprüfung der entwicklungspsychologischen Hypothese (4) haben wir ein Experimentierangebot entwickelt. Dieses beinhaltet zwei zur freien Wahl stehende Experimente, die nach dem jeweiligen Interview von den Schülern einzeln bzw. nach einem Gruppeninterview in der Gruppe, freiwillig durchgeführt werden konnten. Zur Wahl standen in beiden Schulen für die Schüler bis dahin völlig unbekannte Experimente, die bewusst eindrucksvolle Phänomene beinhalten sollten, um sie quasi zum Hinterfragen zu provozieren:

- Experiment „*Superabsorber*“ (GS Wellensiek/ GS Theesen)
Dieser Versuch behandelt das Thema „Saugfähigkeit“. Den Schülern wurden vier Materialien zur Verfügung gestellt (Stein, Styropor, Schwamm und Superabsorber, welcher u.a. in Babywindeln verwendet wird), die dann auf ihre Saugfähigkeit bzgl. Wasser überprüft werden sollten (vgl. LÜCK 2003, S. 140ff.).
- Experiment „*Oberflächenspannung*“ (GS Wellensiek)
Den Schülern wurde die Aufgabe gestellt, eine Büroklammer auf die Wasseroberfläche eines mit Wasser gefüllten Bechers zu legen. Anschließend wurde mit einem Tropfen Spülmittel die Büroklammer „versenkt“ (vgl. ebd., S. 132ff.).
- Experiment „*Feuerlöscher*“ (GS Theesen)
Die Schüler stellten in einem Becher, durch die Reaktion zwischen Backpulver und Essig, Kohlenstoffdioxid her. Mit Hilfe dieses Gases wurde anschließend eine

Kerzenflamme gelöscht (vgl. Modul „Luft und Gase“: Experiment 5; ebd., S. 122f.).

Die Schüler der Grundschule Wellensiek konnten im Anschluss an die Interviews die Experimente „Superabsorber“ und „Oberflächenspannung“ durchführen. In der Grundschule Theesen standen den Schülern die Experimente „Superabsorber“ und – aufgrund der Nichtbehandlung dieses Experiments im Unterricht – „Feuerlöscher“ zur Auswahl.

Nach den Interviews wurden die Schüler gefragt, ob sie noch „Lust“ hätten, ein Experiment durchzuführen. Bei entsprechendem Wunsch stellten wir das Experiment kurz vor und ließen die Schüler es dann anschließend weitgehend selbständig durchführen. Entgegen unseres normalen Ablaufs bei der Behandlung eines unbekanntes Experiments (Durchführung, Beobachtung und Deutung) verzichteten wir bewusst darauf, eine naturwissenschaftliche Deutung zu geben, mit der Absicht, die Hypothese (4) – dem „Tun“ im Vergleich zur „Wissbegier“ – zu überprüfen. Daher lässt sich das Experimentierangebot in gewisser Weise auch der Methode der „teilnehmenden Beobachtung“ zuordnen, da nur bei Nachfragen seitens der Schüler bzw. beim Erklären des Versuchsaufbaus eine Kommunikation zwischen den Schülern und uns entstand.

3.4.3.5 Stichprobe und Untersuchungsablauf

Die Interviews (Einzel- und Gruppeninterviews) fanden in beiden Grundschulen etwa vier Monate nach der ersten Experimentierstunde in einem separaten Raum der jeweiligen Schule statt. Die Auswahl der Interviewpartner erfolgte immer durch die jeweiligen Klassenlehrer. Als Bedingungen wurden dabei von uns nur vorgegeben: Gleiche Anzahl an Mädchen und Jungen, die leistungsmäßig in etwa den Klassendurchschnitt repräsentieren. Außerdem sollten die Interviews auf freiwilliger Basis erfolgen. In der Grundschule Wellensiek nahmen acht Schüler an Einzel- und weitere acht Schüler aufgeteilt auf zwei Gruppeninterviews teil. In der Grundschule Theesen führten wir zwölf Einzelinterviews durch. Die zeitliche Dauer der Interviews (plus Experimentierangebot) lag bei ungefähr 25 Minuten pro Schüler bzw. Gruppe.

3.4.4 Forschungsmethode „Testen“

Der Begriff „Test“ hat sowohl im alltäglichen, als auch im wissenschaftlichen Sprachgebrauch mehrere Bedeutungen (vgl. BORTZ & DÖRING 1995, S. 175). LIENERT schlägt zur Vereinheitlichung folgende Definition des Wortes „Test“ vor:

„Ein Test ist ein wissenschaftliches Routineverfahren zur Untersuchung eines oder mehrerer empirisch abgrenzbarer Persönlichkeitsmerkmale mit dem Ziel einer möglichst quantitativen Aussage über den relativen Grad der individuellen Merkmalsausprägung“ (LIENERT 1969, S. 7).

Tests werden zumeist den beiden großen Gruppen „Leistungstests“ und „Persönlichkeitstests“ zugeteilt. Leistungstests liegen immer dann vor, wenn die Aufgaben objektiv als „richtig“ oder „falsch“ zu beantworten sind, d.h. wenn ein Beurteilungsmaßstab vorliegt (vgl. BORTZ & DÖRING 1995, S. 175). Die Entwicklung und Durchführung von Tests blickt auf eine lange Tradition zurück. In zahlreichen Studien lassen sich Hinweise zu Testverfahren, Testentwicklung, Testanalyse etc. nachlesen (Überblick hierzu bieten z.B. BORTZ & DÖRING 1995, S. 177). In der Testpraxis wird bei der Formulierung von Testitems zwischen Itemvarianten mit offener Beantwortung, mit halboffener Beantwortung und mit Antwortvorgaben unterschieden (vgl. ebd., S. 194).

3.4.4.1 Einordnung der Methode in die vorliegende empirische Untersuchung

Im Rahmen unseres Forschungsprojekts wurde – insbesondere zur Überprüfung der dritten Hypothese („dem nachhaltigen Eindruck“) – ein Klassentest mit Mehrfach-Wahl-Aufgaben (MW-Aufgaben) – auch unter der Bezeichnung multiple choice-Aufgaben bekannt – konzipiert⁷⁸. Wir haben uns für diese Methode entschieden, um eine möglichst große Stichprobenanzahl, d.h. alle Schüler die an dem Projekt teilgenommen haben, zu erfassen.

Die MW-Aufgabe ist der am meisten verbreitete Aufgabentyp und in der modernen Testkonstruktion vorherrschend. Die Aufgaben enthalten nur eine richtige Antwort, die in Leistungstests als „Bestantwort“ bezeichnet wird. Diese Bestantwort wird in zufälliger Reihenfolge in die Antwortmöglichkeiten integriert. Die Bestantworten werden zumeist als „Attraktoren“, die übrigen Antworten als „Distraktoren“ bezeichnet.

⁷⁸ Eine komplette Darstellung der Klassentests befindet sich im Anhang dieser Arbeit.

Die Vorteile dieses Aufgabentyps liegen in der ökonomischen und objektiven Durchführung und Auswertung. Schwierigkeiten entstehen zumeist im Auffinden geeigneter Distraktoren. Ein Nachteil von MW-Aufgaben besteht darin, dass die „Denkkraft“ nicht hinreichend gefordert wird, sprich das Formulieren der Lösung nicht selbsttätig erfolgt (vgl. LIENERT & RAATZ, 1994, S. 19ff.). Der Einsatz dieser Testmethode zur Erhebung von Daten wird von vielen Kritikern, zumindest in der qualitativen Forschung, abgelehnt. ROST kennzeichnet diese Art der Fragebogenmethode als eine Reduktion des menschlichen Verhaltens „auf die Platzierung eines Kreuzes in das richtige Kästchen“ bei gleichzeitigem Verzicht auf sehr viel weitere Informationen zur Datenerhebung, wie „verbaler, mimischer und gestischer Ausdrucksformen“ (ROST 2002, S. 77).

Im Rahmen unseres Projektes erscheint uns die Verwendung von MW-Aufgaben aus zwei Gründen als geeignet: Zum einen, um Rückschlüsse auf die kognitive Verarbeitung der Experimente durch die Schüler zu ziehen und zum anderen, um die Ergebnisse der weiteren Datenerhebungen abzusichern. Auch im Bereich der Kindheitsforschung wird das Testen mit MW-Aufgaben immer häufiger eingesetzt, so zum Beispiel zur Ermittlung von Schülervorstellungen im Chemieunterricht (vgl. MAROHN & SCHMIDT 2003; SCHMIDT 1990).

3.4.4.2 Stichprobe und Untersuchungsablauf

Die Durchführung des Klassentests erfolgte in beiden Schulen etwa vier Monate nach der ersten Experimentierstunde. Alle anwesenden Schüler nahmen am Test teil. Bei der Konzeption der Items orientierten wir uns an den durchgeführten Experimenten. Die MW-Aufgaben wurden in Form einer Bildergeschichte mit nur kurzen schriftlichen Erklärungen entwickelt und bestanden zumeist aus einem Attraktor und zwei Distraktoren. Insgesamt beinhaltet der Test sechs (GS Wellensiek) bzw. sieben (GS Theesen) Aufgaben, wobei die erste Aufgabe mit den Schülern gemeinsam bearbeitet wurde, um die Technik des Ausfüllens des Fragebogens gemeinsam zu erlernen (der komplette MW-Aufgabentest befindet sich im Anhang dieser Arbeit). Jeder Schüler erhielt eine eigene Version des Tests. Es variierten sowohl die Reihenfolge der Aufgaben als auch die Reihenfolge der jeweiligen Antwortmöglichkeiten. Dies sollte ein gemeinsames Erarbeiten der Antworten untereinander verhindern.

3.5 Methoden der Datenaufbereitung

Innerhalb der empirischen Forschung stellt die Aufbereitung des Datenmaterials einen wichtigen Zwischenschritt zwischen der Datenerhebung und der Datenauswertung dar. MAYRING schreibt dazu: „Die Deskription, die exakte und angemessene Beschreibung des Gegenstandes, ist ein besonderes Anliegen qualitativ orientierter Forschung“ (MAYRING 2002, S. 85).

Um zu einer möglichst genauen Interpretation und Auswertung der erhobenen Daten zu gelangen, muss vorher das Datenmaterial festgehalten, aufgezeichnet, aufbereitet und geordnet werden. Dazu stehen verschiedene Darstellungsmittel zur Auswahl.

3.5.1 Wahl der Darstellungsmittel

Die Darstellungsmittel sollten gegenstandsangemessen sein und möglichst vielfältig. Eine Kombination verschiedener Darstellungsmethoden erleichtert das Verständnis und ermöglicht dadurch bessere Auswertungsmöglichkeiten. Grundsätzlich unterscheidet man innerhalb der Darstellungsmittel zwischen dem schriftlichen Text, grafischer Darstellungen und audiovisueller Medien (ebd., S. 86f.). Nachfolgend werden die Methoden der Darstellung vorgestellt, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit eingesetzt wurden.

Erlebnisprotokolle

Die während der durchgeführten Unterrichtsstunden gemachten Beobachtungen („teilnehmende Beobachtung“) wurden mittels Erlebnisprotokolle festgehalten.

Photomaterial

Während der Experimentiereinheiten wurden Photoaufnahmen von den Schülern gemacht, die besonders zur Interpretation der affektiv-emotionalen Einstellung (z.B. anhand der Gestik bzw. Mimik der Schüler) herangezogen werden konnten.

Tonbandaufzeichnung

Die Interviews wurden mit Hilfe eines Transkriptionsgerätes aufgezeichnet und anschließend transkribiert. Dazu stehen dem Forscher bei der Transkriptionstechnik unterschiedliche Vorgehensweisen zur Verfügung, durch die bereits – zum Beispiel

durch Berücksichtigung von nichtverbalen Äußerungen – erste interpretative Schritte vollzogen werden (vgl. KOWAL & O'CONNELL 2000, S. 440).

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurde auf eine exakte Transkriptionstechnik, wie dem Internationalen Phonetischen Alphabet (IPA) (vgl. MAYRING 2002, S. 89ff.), verzichtet, da in erster Linie der Inhalt der Äußerungen zur weiteren Auswertung berücksichtigt werden sollte. Folgende Transkriptionsregeln wurden daher angewendet (vgl. BORTZ & DÖRING 1995, S. 287):

- ca. 50 Zeichen pro Zeile (erlaubt Randbemerkungen)
- Text einzeilig
- einfügen einer Leerzeile bei jedem Sprecherwechsel
- Sprecher durch Großbuchstaben und Doppelpunkt kennzeichnen
- den gesamten Text zeilenweise und seitenweise durchnummerieren
- Kennzeichnung der Länge der Pausen durch eine unterschiedliche Anzahl von Auslassungspunkten

Videoaufzeichnung

Das optionale Experimentierangebot wurde mit einer Videokamera aufgenommen, so dass neben einer Transkription des Gesprochenen auch eine Auswertung der Mimik und Gestik der Schüler möglich war.

Fragebogen

Der Klassentest wurde mittels eines Fragebogens mit Mehrfachwahl-Aufgaben durchgeführt.

3.6 Methoden der Datenauswertung

3.6.1 Auswertung der Interviews

In den letzten Jahren wurden im Bereich der qualitativen Forschung verschiedene Methoden entwickelt, um die erhobenen Daten auszuwerten. Dabei zeichnen sich die unterschiedlichen Verfahren durch differenzierte Vorgehensweisen aus und decken dadurch eine große Bandbreite an Auswertungsmöglichkeiten ab (Überblick hierzu bieten z.B. LAMNEK 1995b, S. 107ff.; MAYRING 2002, S. 103ff.).

SCHMIDT schlägt zur Analyse von Leitfadeninterviews fünf allgemeine Schritte vor, die dazu anregen sollen, einen eigenen forschungspraktischen Ablauf zu entwickeln (vgl. SCHMIDT 2000, S. 448ff.):

1. Materialorientierte Bildung von Auswertungskategorien
2. Zusammenstellung der Auswertungskategorien zu einem Codierleitfaden
3. Codierung des Materials
4. Quantifizierende Materialübersichten
5. Vertiefende Fallinterpretation

Eines der Verfahren zur Auswertung qualitativen Materials stellt die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse dar. Hierbei handelt es sich um ein Standardverfahren der qualitativen Sozialforschung, das – aus den USA stammend – zur Analyse von Massenmedien (Zeitungen, Radio) entwickelt wurde. Daher wird es primär als eine kommunikationswissenschaftliche Technik angesehen (vgl. MAYRING 2002, S. 114). Das inhaltsanalytisch auszuwertende Material kann sowohl aus gesprochenen Worten, aus schriftlichen Texten, Filmsequenzen oder bildlichen Darstellungen bestehen. Im Rahmen der qualitativen Inhaltsanalyse werden aber vor allem die aus Interviews oder Gruppendiskussionen entstandenen schriftlichen Protokolle sprachlicher Kommunikation ausgewertet (vgl. LAMNEK 1995b, S. 183f.).

Ziel der qualitativen Inhaltsanalyse ist es, basierend auf größeren Textcorpora, eine methodisch kontrollierte und intersubjektiv überprüfbare Textanalysemethode zu entwickeln, ohne dabei in vorschnelle Quantifizierungen zu verfallen. Die qualitative Inhaltsanalyse steht in einer Reihe weiterer sozialwissenschaftlicher Textanalysemethoden, wie der objektiven Hermeneutik und der Grounded Theory. Im Gegensatz zur quantitativen Inhaltsanalyse, bei der die Häufigkeit bestimmter Motive im Material oder anderer Textelemente im Vordergrund steht, befasst sich die qualitative Inhaltsanalyse

stärker mit anderen Aspekten des Textes, die sich auch „unter“ der Oberflächenstruktur der Texte befinden. Die Vorteile dieses Ansatzes bestehen darin, die Grundgedanken der quantitativen Inhaltsanalyse zu bewahren, auf qualitativ-interpretative Auswertungsschritte zu übertragen und weiter zu entwickeln (vgl. MAYRING 2000, S. 1).

LAMNEK charakterisiert anschaulich zwei Typen qualitativer Inhaltsanalyse:

1. „Die eine Form qualitativer Inhaltsanalyse unterscheidet sich von der quantitativen nur dadurch, dass sie nicht oder in Teilbereichen nicht quantifiziert. Ansonsten ist sie wie die quantitative Datenerhebung: zuvor theoretisch entwickelte Analyseeinheiten, -dimensionen und -kategorien werden auf akzidentale und ausgewählte Dokumente angewandt.
2. Im strengeren Sinne qualitativer Sozialforschung ist qualitative Inhaltsanalyse jedoch eine Auswertungsstrategie von zum Zwecke der Analyse erstellter oder akzidentaler Dokumente ohne a priori formulierte theoretische Analyse Kriterien“ (LAMNEK 1995b, S. 197).

Besonders im Hinblick auf die Quantifizierung gibt es demnach ein unterschiedliches Verständnis von qualitativer Inhaltsanalyse.

3.6.2 Wahl der Auswertungstechnik für die vorliegende empirische Untersuchung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit erfolgte die Auswertung der Interviews nach der Methode der qualitativen Inhaltsanalyse nach MAYRING. Diese Auswertungstechnik ist eher dem Typ 1 (siehe oben) zuzuordnen. Allerdings sind für MAYRING alle inhaltsanalytischen Vorgehensweisen qualitativ, die nicht durch eine Form quantifizierenden Auszählens gekennzeichnet sind (vgl. MAYRING 2002, S. 198).

MAYRING unterscheidet drei Grundformen qualitativer Inhaltsanalysen (vgl. ebd., S. 115): Die *zusammenfassende*, *explizierende* und *strukturierende* qualitative Inhaltsanalyse. Zur Auswertung unserer Daten wurde vorrangig die strukturierende qualitative Inhaltsanalyse eingesetzt. Bei diesem Verfahren wird eine bestimmte Struktur aus dem Material herausgefiltert, aus der dann ein Kategoriensystem entwickelt wird, durch welches anschließend eine eindeutige Zuordnung des Textmaterials erfolgen kann. Dazu hat sich in zahlreichen Untersuchungen ein dreistufiges Verfahren bewährt, das auch zur Auswertung unserer Interviews angewendet wurde (vgl. MAYRING 2002, S. 118):

1. Definition der Kategorien

Die Bildung von Kategorien stellt den ersten Schritt der qualitativen Inhaltsanalyse nach MAYRING dar. Dazu stehen zwei zentrale Vorgehensweisen zur Auswahl: deduktive Kategorienanwendung und induktive Kategorienentwicklung. Zu Beginn der Datenauswertung wurden vorher festgelegte – sich in ähnlichen Untersuchungen bereits bewährte (vgl. LÜCK 2000, FÖRSTER 2005) – Kategorien eingesetzt. Der qualitative Analyseschritt bestand darin, diese deduktiv gewonnenen Kategorien den jeweiligen Textstellen methodisch abgesichert zuzuordnen. Im Anschluss erfolgte bei der Überarbeitung der bestehenden Kategorien – also bei der Revision bestehender Kategoriensysteme und -definitionen mittels einer Rückkopplungsschleife – eine induktive Kategorienentwicklung. Denn wenn eine Textstelle unter eine bestimmte Kategorie nicht subsumiert werden konnte, wurde eine neue Kategorie herausgearbeitet. Darüber hinaus zeigte sich während der Überarbeitungsphase, dass einige der vorher deduktiv definierten Kategorien zu Überkategorien zusammengefasst werden konnten (vgl. MAYRING 2000, S. 3ff.).

2. Ankerbeispiele

Zur Auswertung der Interviewtranskripte hat sich das Arbeiten mit Ankerbeispielen bewährt. Hierzu wurden für die jeweilige Kategorie typische Textstellen exemplarisch aufgeführt. Diese dienten im weiteren Verlauf der Datenauswertung als vergleichende Belege, so dass andere Textstellen leichter analysiert und zugeordnet werden konnten (vgl. MAYRING 2002, S. 118).

3. Kodierregeln

Zur Kategorisierung uneindeutiger Textstellen wurden Kodierregeln formuliert, die eine eindeutige Zuordnung ermöglichten (vgl. ebd., S. 119).

Die Kategorien wurden in einem Kodierleitfaden gesammelt. Mit Hilfe dieses Kodierleitfadens wurden alle Interviews analysiert und kodiert. Die im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Kategorien und Ankerbeispiele sind im Anhang dargestellt. Kategorien, die im Vorfeld der Interviews deduktiv definiert wurden, sich aber anschließend nicht in den Aussagen der Grundschüler widerspiegeln, sind nicht aufgeführt.

Zur Auswertung wurden die Interviews nach relevanten Textstellen durchgesehen, welche in einem zweiten Schritt den entwickelten Kategorien zugeordnet wurden. Jede relevante Textstelle wird im Folgenden als „Schüleraussage“ bezeichnet und entspricht bei der Darstellung der Ergebnisse einem Item (vgl. *Kap. 4.1*). Die nachfolgende Tabelle zeigt die Anzahl der „Schüleraussagen“ zu den verschiedenen Experimenten, unterteilt nach den Kategorien Durchführung, Beobachtung und Deutung.

Tab. 17: Übersicht über die Anzahl der „Schüleraussagen“ zu den jeweiligen Experimenten, unterteilt nach den Kategorien Durchführung, Beobachtung und Deutung.

Experimente	Durchführung	Beobachtung	Deutung	Gesamt
Chromatographie	19	20	17	56
Gummibärchen tauchen	18	18	16	52
Rotkohlsaft	12	15	13	40
Stromkreis (Metalle)	8	12	9	29
Aktivkohle	7	5	4	16
Löslichkeit (Feststoff + Wasser)	4	5	4	13
Mischbarkeit (Wasser + Öl)	2	8	3	13
Gas umfüllen	3	3	2	8
Brausetabletten-Rakete	3	3	2	8
Tintentropfen	1	6	1	8
Trennen (Feststoffe + Flüssigkeiten)	3	3	1	7
Kerze löschen	1	1	2	4
Magnetismus (Metalle)	1	1	1	3
Wärmeleitfähigkeit (Metalle)	0	1	1	2
Gesamt	N = 82	N = 101	N = 76	N = 259

So konnten zum Beispiel für das Experiment „Chromatographie“ 56 „Schüleraussagen“ in die Auswertung mit einbezogen werden.

Im Ergebnisteil erfolgt die graphische Darstellung zur Erinnerungsfähigkeit der Schüler an die Experimente mittels Balkendiagrammen (vgl. *Kap. 4.1*). Da es zeitlich nicht möglich war, im Rahmen eines Interviews alle durchgeführten Experimente anzusprechen, wurde den Schülern weitestgehend freigestellt, welche Experimente sie beschreiben wollten. Daher ist bei der Interpretation der Balkendiagramme zu berücksichtigen, dass einige Experimente nur von wenigen Schülern angesprochen wurden, während andere Experimente häufiger genannt wurden.

Darüber hinaus wird im Ergebnisteil die durchschnittliche Erinnerungsfähigkeit der Schüler an die Experimente in einem Tortendiagramm dargestellt (vgl. *Kap. 4.1*).

Hierbei wurde die *Anzahl* der Schüleraussagen zu den Experimenten mit einberechnet. Das heißt, es erfolgte eine „Wichtung“, um einen Gesamtmittelwert zu erhalten. „Der Gesamtmittelwert verschiedener Einzelmittelwerte wird als das gewichtete arithmetische Mittel (GAM) bezeichnet“ (BORTZ 1999, S. 40).

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde zur Berechnung der durchschnittlichen Erinnerungsfähigkeit folgende Formel verwendet (vgl. ebd. S. 41):

$$GAM = \frac{\sum_{j=1}^k n_j \cdot \bar{x}_j}{\sum_{j=1}^k n_j}$$

wobei

k = Anzahl der Kollektive (*Anzahl der Experimente*),

n_j = Größe des Kollektivs j (*Anzahl der Schüleraussagen zu dem entsprechenden Experiment*),

\bar{x} = Arithmetisches Mittel des Kollektivs j (*Erinnerungsfähigkeit an das entsprechende Experiment in Prozent*).

Mit Hilfe dieser Berechnungsvorschrift ließ sich die durchschnittliche Erinnerungsfähigkeit der Schüler an die Experimente ermitteln. Die Ergebnisse werden im vierten Kapitel dieser Arbeit dargestellt.

3.6.3 Auswertung des Klassentests

Zu Beginn einer Test-Auswertung werden die Fragebögen bzgl. ihrer ordnungsgemäßen Durchführung durchgesehen, um zu entscheiden, ob die jeweiligen Tests überhaupt auswertbar sind. Im nächsten Schritt werden die positiven (*richtigen*) und negativen (*falschen*) Aufgabenbeantwortungen, sowie die nicht bearbeiteten Aufgaben (*unbearbeiteten*) ermittelt (vgl. LINERT & RAATZ 1994, S. 66f).

Die Auswertung der zwei Klassentests (MW-Aufgaben) erfolgte durch eine einfache Auszählung der – von den Grundschulern – zu bearbeitenden Aufgaben. Dazu wurde jede einzelne Aufgabe unter eine der folgenden drei Kategorien subsumiert (vgl. ebd. S. 66):

- Richtig beantwortete Aufgabe (R-Antwort)
- Falsch beantwortete Aufgabe (F-Antwort)
- Unbearbeitete Aufgabe (U-Antwort)

Jeder Schüler erhielt also drei verschiedene Punktwerte, indem die Anzahl seiner R-Antworten, die seiner F-Antworten und die seiner U-Antworten bestimmt wurde. Die dadurch gewonnenen Daten wurden anschließend statistisch ausgewertet. Auf eine vorherige Itemanalyse – bestehend aus einer Analyse der Rohwertverteilung, Berechnung von Itemschwierigkeit, Trennschärfe und Homogenität sowie der Dimensionalitätsüberprüfung (vgl. BORTZ & DÖRING 1995, S. 198) – konnte im Rahmen dieser Arbeit verzichtet werden.

4 Darstellung der Ergebnisse und Überprüfung der Hypothesen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Untersuchung dargestellt, angereichert mit Zitaten aus den Interviews. Im Anschluss erfolgt eine Überprüfung der aufgestellten vier Hypothesen.

4.1 Darstellung der Ergebnisse

4.1.1 Ergebnisse der Interviews

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden insgesamt 28 Schüler interviewt (20 Einzelinterviews und zwei Gruppeninterviews mit jeweils vier Schülern). Bei den 28 Schülern handelt es sich um 14 Mädchen und 14 Jungen. Die Interviews erfolgten durchschnittlich etwa vier Monate nach dem Beginn der Experimentiereinheiten. Zum Zeitpunkt der Interviews waren die Kinder durchschnittlich sieben Jahre und drei Monate alt.

Zur Auswertung der Interviews wurden folgende Oberkategorien gebildet (vgl. *Kap. 3.6.2*)⁷⁹:

Tab. 18: Oberkategorien zur Auswertung der Interviews.

Kategorie A:	Lieblingsexperiment
Kategorie B:	Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente
Kategorie C:	Erinnerungsfähigkeit an die Beobachtung der Experimente
Kategorie D:	Erinnerungsfähigkeit an die Deutung der Experimente
Kategorie E:	„Tun“ versus „Wissbegier“
Kategorie F:	Außerschulische Durchführung von Experimenten

Kategorie A ermittelt das Lieblingsexperiment der Schüler. Die Kategorien B bis D beziehen sich konkret auf die Evaluation der eingesetzten Experimente. Dazu wurden die Aussagen der Kinder – entsprechend dem chronologischen Ablauf bei der Behandlung eines Experiments – den Oberkategorien Durchführung (B), Beobachtung (C) und Deutung (D) zugeordnet. Die Interviewdaten wurden nach dem Grad der Erinnerungs-

⁷⁹ Die im Rahmen dieser Arbeit ermittelten Unterkategorien sind im Anhang aufgeführt.

fähigkeit, jeweils in die drei Unterkategorien „viel“, „mittel“ und „wenig“ einsortiert. Kategorie E erfasst die Antworten der Kinder, bzgl. ihrer Präferenz lieber Experimente durchzuführen oder Experimente erklärt zu bekommen. Kategorie F bezieht sich auf die Frage, ob die Schüler auch außerschulisch experimentieren bzw. unsere Experimente zu Hause wiederholt haben.

4.1.1.1 Kategorie A: Lieblingsexperiment

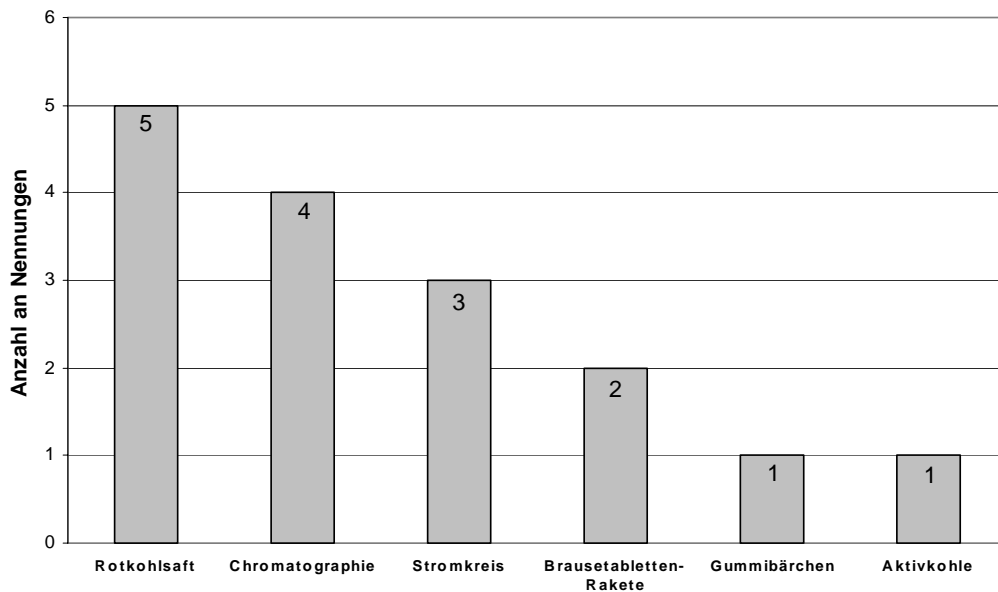


Abb. 14: Übersicht über die Lieblingsexperimente der Grundschüler, ausgewertet nach der Anzahl der Nennungen (N = 16).

Die Auswertung der Kategorie A bezieht sich auf die Frage nach dem Lieblingsexperiment der Kinder. Dabei fällt auf, dass die beiden am häufigsten genannten Experimente aus dem Modul „einfache Nachweis- und Analyseverfahren“ stammen. Welche Gründe könnte dies haben?

Die Experimente mit Rotkohlsaft sind ästhetisch ansprechend⁸⁰ und die zahlreichen Experimentierschritte (Nachweise) förderten die Aktivität der Schüler. Sicherlich war auch der Einsatz der Pipette positiv prägend:

⁸⁰ Auf die Möglichkeiten des ästhetischen Lernens im Sachunterricht geht FREEß anschaulich ein: „Im Rahmen des Konzeptes des ästhetischen Lernens wird die Absicht verfolgt, beim Schüler neben fachspezifischer, sozialer und kommunikativer Kompetenz auch ästhetische Kompetenz zu entwickeln. Sie eröffnet die Möglichkeit, sehend die Welt in ihrem symbolischen Verweisungszusammenhang zu deuten und in die Ordnung der Erscheinungen einzudringen“ (FREEß 2002, S. V).

Michael: *Da haben sich auch so lustige Farben ergeben. Mit der Pipette in das eine oder andere reingefiltert. Das sah auch lustig aus.*

Interessanterweise wird sich bei der nachfolgenden Analyse der Erinnerungsfähigkeit zeigen, dass diese Experimentiereinheit eher zu denen gehört, an die sich die Schüler weniger detailreich erinnern können.

Die Experimente zur Chromatographie beinhalten alles, was Kinderherzen höher schlagen lässt: Experimentieren, eine Detektivgeschichte, basteln, malen, ästhetische Kunstwerke.

4.1.1.2 Kategorie B: Erinnerungsfähigkeit an die *Durchführung* der Experimente

Die Kategorie B bezieht sich auf die Erinnerungsfähigkeit der Schüler an die *Durchführung* eines Experiments („Wie hast du das Experiment durchgeführt? Welche Materialien hast du dafür benötigt?“). Generell hat sich in dieser Kategorie eine hohe Erinnerungsrate herausgestellt (69%). Erfreulich auch, dass mit nur 4% der Wert für eine geringe Erinnerung an die Durchführung der Experimente sehr niedrig ausgefallen ist (vgl. Abb. 15).

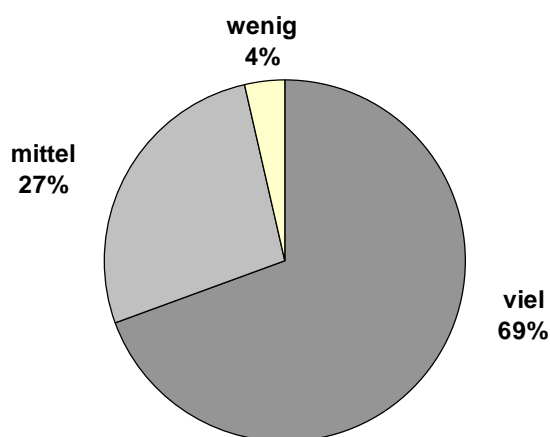


Abb. 15: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die *Durchführung* der Experimente (N = 82).

Analysiert man die Auswertungsergebnisse zur Erinnerung an die *Durchführung* aufgliedert nach den einzelnen Experimenten, so verdeutlichen diese, dass sich die Schüler besonders gut an die Durchführung der Experimente erinnern können, die nicht so viele Arbeitsschritte beinhalten (z.B. „Tintentropfen“; „Kerze löschen“, „Magnetis-

mus“). Auch die von ihnen favorisierten Experimente (vgl. Kategorie A) können die Schüler detailliert beschreiben („Brausetabletten-Rakete“, „Chromatographie“). An die Durchführung der Experimente „Rotkohlsaft“ und „Aktivkohle“ erinnern sie sich dagegen weniger gut. Dies könnte zum einen daran liegen, dass sehr viele Arbeitsschritte vorlagen („Rotkohlsaft“) bzw. sich die Durchführung im Unterricht als organisatorisch schwierig erwies und daher die zeitlichen Möglichkeiten der Durchführung zu eng bemessen waren („Aktivkohle“). Die nachfolgende Abbildung 16 stellt die Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der einzelnen Experimente dar:

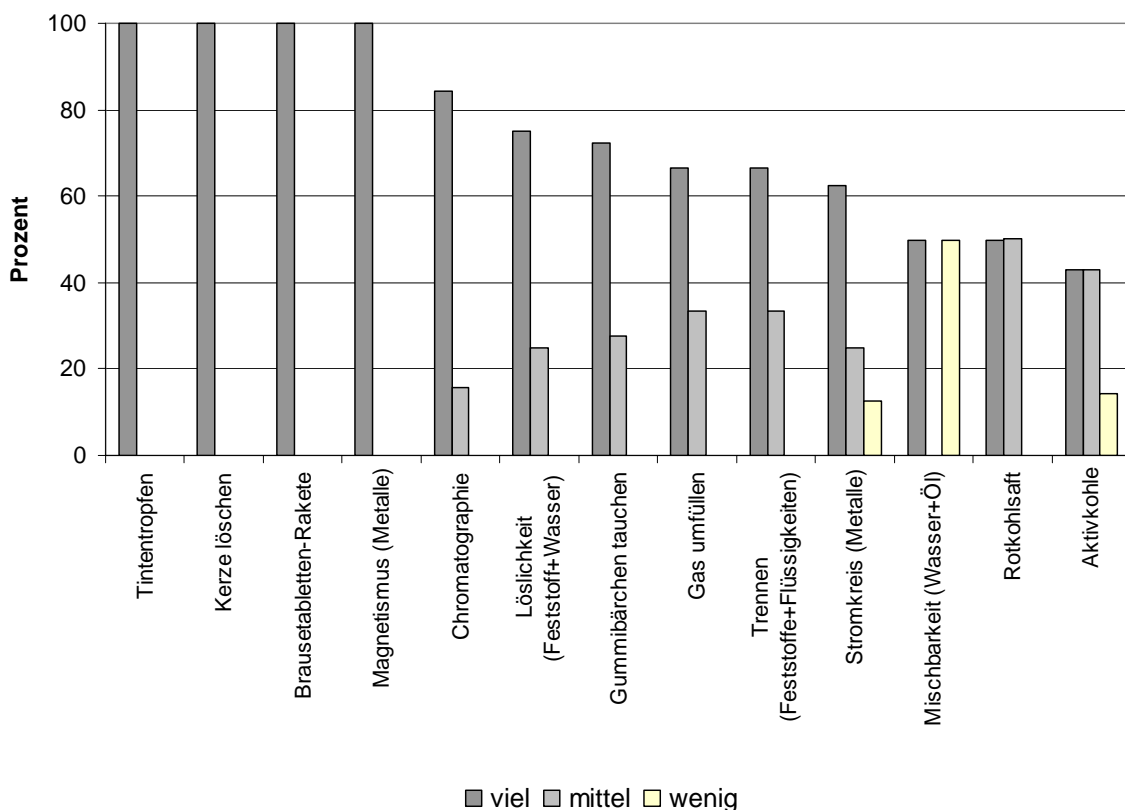


Abb. 16: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die *Durchführung* der Experimente (aufgeschlüsselt nach den einzelnen Experimenten; N = 82).

Nachfolgend sollen einige Interviewausschnitte die Erinnerungsfähigkeit der Schüler an die Durchführung der Experimente verdeutlichen.

Fabian (2a) kann sich noch detailliert die einzelnen Arbeitsschritte zur Durchführung des Experiments „Chromatographie“ ins Gedächtnis rufen:

Fabian (2a): *[...] Da haben wir auf so ein Filterpapier einen kleinen Kreis gemacht und dann ein Stück abgeschnitten, ein Loch rein und dann ins Wasser getan und dann mussten wir gucken aus welchen Farben sich das zusammengesetzt hat. Und dann hattest du noch so etwas mit einer Tresornummer vorbereitet und dann mussten wir gucken wer es war.*

Risch: Ich kann mich auch noch erinnern. Aber da hatten wir doch zwei schwarze Stifte.

Fabian (2a): *Aber die waren verschieden gemischt.*

Risch: Ehrlich. Das kann man ja normalerweise gar nicht erkennen. Und wie haben wir das herausgefunden, dass die verschieden gemischt waren?

Fabian (2a): *Da haben wir auch so einen Kreis gemacht und die Tresornummer genommen und man hatte drei Wasserbehälter, drei Filterpapiere. Auf einem stand die Tresornummer, auf einem von einem Stift der Kreis und auf dem anderen vom anderen Stift ein Kreis. Und dann mussten wir gucken, welche Farbe die Tresornummer bekam und welche Farbe die Stifte und die Farben die gleich waren und da wusste man, da war so ein Zettel dran, wie der Verdächtige hieß. Ich weiß jetzt nicht mehr genau wie der Täter hieß, aber einer war es dann auf jeden Fall.*

Julius beschreibt das Experiment „Gummibärchen tauchen“ auf kindgerechte Art und Weise:

Julius: *Wir haben eine Kerze genommen und das was brennt weggenommen und Watte reingetan und haben die drauf gelegt. Und dann haben wir ein Glas genommen und die runtergedöpft, ohne dass sie nass geworden sind.*

An die Durchführung des Experiments „Aktivkohle“ konnten sich nur wenige Kinder gut erinnern. Fabian (2b) gelingt dies in Ansätzen:

Risch: Und einmal da fällt mir ein, da haben wir so versucht mit einem schwarzen Pulver Tintenwasser wieder zu reinigen.

Fabian (2b): *Ja, mit so einem Filter. Das hat gut funktioniert. Das war doch was mit so einem Filter? Mit so einem Kaffeefilter. Wenn das funktionierte, dann hat sich das Pulver festgesetzt und das Wasser kam dann ganz normal unten raus.*

Fabians Aussage: „Wenn das funktionierte ...“, verdeutlicht aber auch, dass dieses Experiment nicht von allen Schülern exakt genug durchgeführt wurde und deshalb nicht bei allen gelang. Gründe dafür waren zum Beispiel der häufige Versuch, den Filtervorgang durch „Nachdrücken“ mit dem Löffel zu beschleunigen. Dies hatte in einigen Fällen zur Folge, dass das Filterpapier riss und dadurch das gesamte Aktivkohle-Tinte-Wasser-Gemisch ungefiltert in den Auffangbecher gelang.

4.1.1.3 Kategorie C: Erinnerungsfähigkeit an die *Beobachtung* eines Experimentes

Die Kategorie C ermittelt die Erinnerungsfähigkeit der Schüler an die *Beobachtung* eines Experiments („Was ist bei den Experimenten passiert; was konntest du beobachten?“). Die Auswertung hat ergeben, dass sich die Schüler – im Vergleich zur Durchführung und Deutung – an die Beobachtung der Experimente am besten erinnern können. So beträgt die durchschnittliche Erinnerungsrate an die altersgerechte naturwissenschaftlich richtige Beobachtung 77% (vgl. Abb. 17).

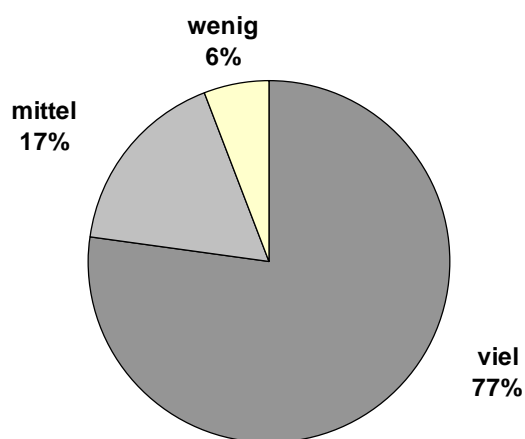


Abb. 17: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die *Beobachtung* der Experimente (N = 101).

Wertet man die Ergebnisse zur Erinnerung an die *Beobachtung* nach den einzelnen Experimenten aus, so lässt sich feststellen, dass sich die Schüler auch vier Monate nach der Durchführung der Experimente im Unterricht an die meisten Versuche sehr gut erinnern können (vgl. Abb. 18). Es fällt ihnen jedoch etwas schwerer, eine genaue Beschreibung der Beobachtung zu den Experimenten „Aktivkohle“ und „Tintentropfen“ zu geben. Die Gründe dafür liegen wahrscheinlich – wie bereits beschrieben – in der uneinheitlichen Durchführung beim Reinigen des Tintenwassers mittels „Aktivkohle“ bzw. in dem mehrstufigen – und daher für die Schüler auch komplexen – Verlauf der Tinte durch das Wasser-Öl-Gemisch („Tintentropfen“). Insgesamt sind aber auch bei diesen Versuchen die entsprechenden Prozentwerte immer noch als positiv zu bewerten.

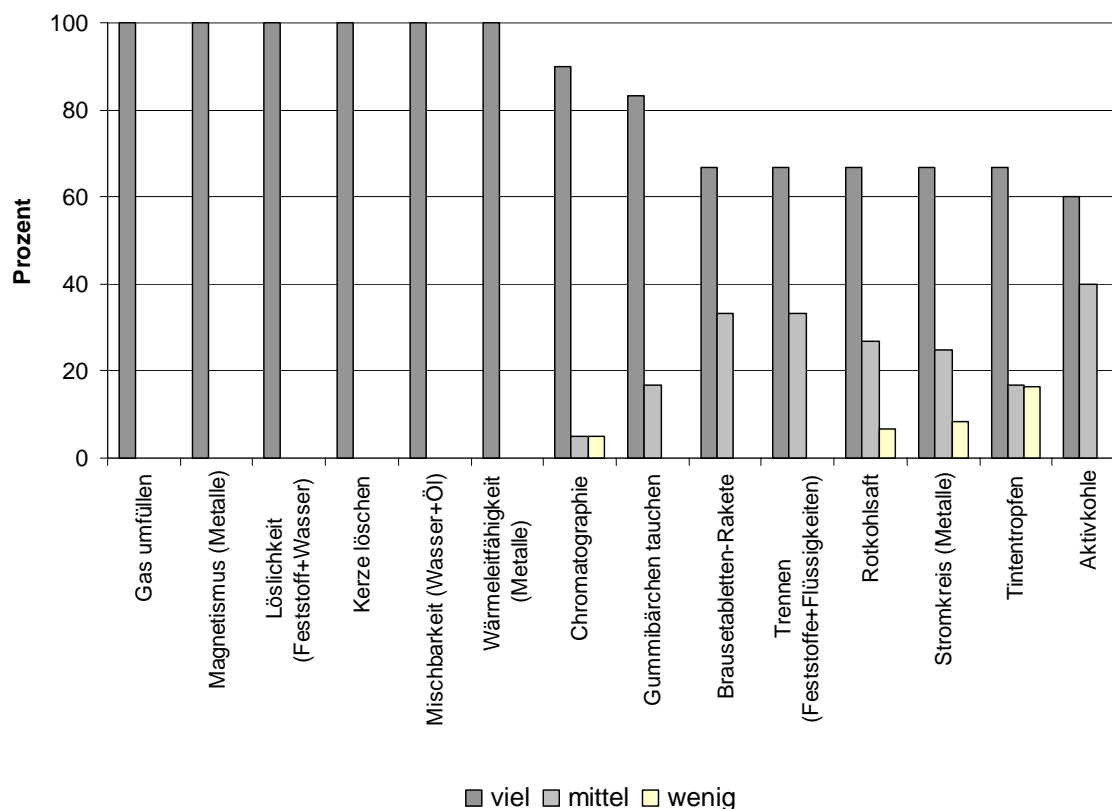


Abb. 18: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die *Beobachtung* der Experimente (aufgeschlüsselt nach den einzelnen Experimenten; N = 101).

Nachfolgend stellen einige Interviewausschnitte exemplarisch die Erinnerungsfähigkeit der Schüler an die Beobachtung der Experimente dar.

Katharina ist eine der wenigen Schüler, die ansatzweise sehr gut beschreibt, was bei dem Experiment „Tintentropfen“ zu beobachten war:

Risch: [...] Da haben wir Wasser und Öl in einen Becher getan und Öl dazu. Kannst du dich noch daran erinnern? Hat sich das vermischt?

Katharina: *Nee.*

Risch: Sondern? Was ist passiert?

Katharina: *Das Öl ist entweder unten oder oben geblieben. Das weiß ich jetzt nicht mehr so genau.*

Risch: Genau. Das Wasser war unten und das Öl war oben. Und dann haben wir Tinte darauf getan.

Katharina: *Und die Tinte ist erst oben geblieben und hinterher wurde sie schwerer und ist dann runtergegangen und hat sich dann unten im Wasser vermischt.*

Risch: Genau. Und im Öl?

Katharina: *Im Öl blieben es Tropfen.*

Der nachfolgende Interviewausschnitt bestätigt erneut unsere Vermutung, dass die Schüler in Bezug auf die Leitfähigkeit eines Stoffes durch Kategorisierung (Metalle, Holz, Gummi, etc.) eine dem Alter angemessene Ordnung hergestellt haben.

- Risch: Und durch welche Gegenstände ist Strom geflossen und durch welche nicht?
- Hendrik:** *Durch den Löffel, durchs Kupfer glaube ich auch. War da noch eine Büroklammer dabei?*
- Risch: Ja.
- Hendrik:** *Da durch auch.*
- Risch: Und da hatten wir auch noch einen Luftballon.
- Hendrik:** *Dadurch nicht.*
- Risch: Und durch Holz?
- Hendrik:** *Nein. Auch nicht!*

Zur Ermittlung der kognitiven Leistung der Schüler in Bezug auf die Deutung der Experimente stellt die Erinnerungsfähigkeit an die Beobachtung der Versuche den wichtigsten Faktor dar. Die Erklärung und das Verständnis für ein Phänomen sind erst auf der Grundlage einer detaillierten Beobachtung möglich. Die Erinnerung an die Deutung der Experimente wird nun in der folgenden Kategorie ermittelt.

4.1.1.4 Kategorie D: Erinnerungsfähigkeit an die *Deutung* eines Experimentes

Die Kategorie D befasst sich mit der Auswertung zur Erinnerungsfähigkeit der Schüler an die Deutung eines Experiments („*Warum ist das passiert?*“). Bei der Mehrzahl der durchgeführten Experimente wurden Phänomene vermittelt, die nicht über die reine Anschauung zu deuten sind. Erst wenn es gelingt, Phänomene durch kausal-logische Beziehungen zu deuten, bildet sich ein Verständnis für den naturwissenschaftlichen Hintergrund vieler Experimente heraus. Daher stellt die naturwissenschaftliche Deutung den höchsten kognitiven Anspruch dar. Dennoch zeigen die Schüler im Durchschnitt eine Erinnerungsrate an die richtige Deutung von 64% (vgl. *Abb. 19*). Auch in Anbetracht der vielen – und daher mitunter zeitlich nur kurz behandelten – Experimente, die wir während der Unterrichtseinheiten durchgeführt haben, ist dieser Wert als positiv zu bewerten. Damit wird ein wichtiges Kriterium zur Legitimation von Experimenten der unbelebten Natur für diese Altersgruppe erfüllt: Die Schüler

verstehen die Zusammenhänge und können die meisten Phänomene auf kindgerechte Art und Weise erklären!

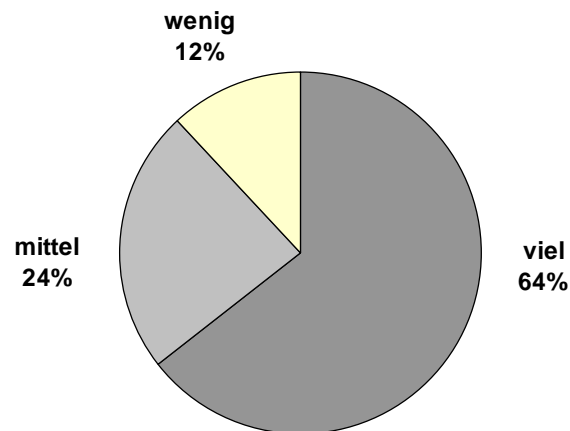


Abb. 19: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die *Deutung* der Experimente (N = 76).

Gliedert man die Ergebnisse – zur Erinnerungsfähigkeit an die *Deutung* – nach den einzelnen Experimenten auf, so stellt sich heraus, dass die Schüler besonders gut die Experimente des Moduls „Gase“ erklären können („Gas umfüllen“, „Gummibärchen tauchen“, etc.). Dies verwundert uns nicht, da viele der Versuche sich bereits im Elementarbereich als altersgemäß erwiesen haben (vgl. LÜCK 2000). Darüber hinaus zeigen die Schüler bei der Deutung der Experimente, die sich mit der Thematik „Mischen, Trennen, Löslichkeit“ auseinandersetzen (einschließlich dem Chromatographie-Verfahren), eine hohe Erinnerungsrate an die Deutung. Dagegen scheinen die Phänomene des Moduls „Metalle“ für die Kinder nur schwer erklärbar zu sein. Ein wichtiger Grund hierfür liegt aber auch in der didaktischen Durchführung des Moduls: Zur Überprüfung der Hypothese (4) konzipierten wir für dieses Modul Experimente, bei denen das „Tun“ oberste Priorität hatte und weniger der detaillierte theoretische Hintergrund vermittelt wurde. Hierbei stand demnach der phänomenologische Aspekt im Mittelpunkt, was sich in den relativ schlechten Ergebnissen zu Deutung der Experimente widerspiegelt. Die genaue Aufschlüsselung der Erinnerungsfähigkeit an die Deutung der einzelnen Experimente gibt Abbildung 20 wieder.

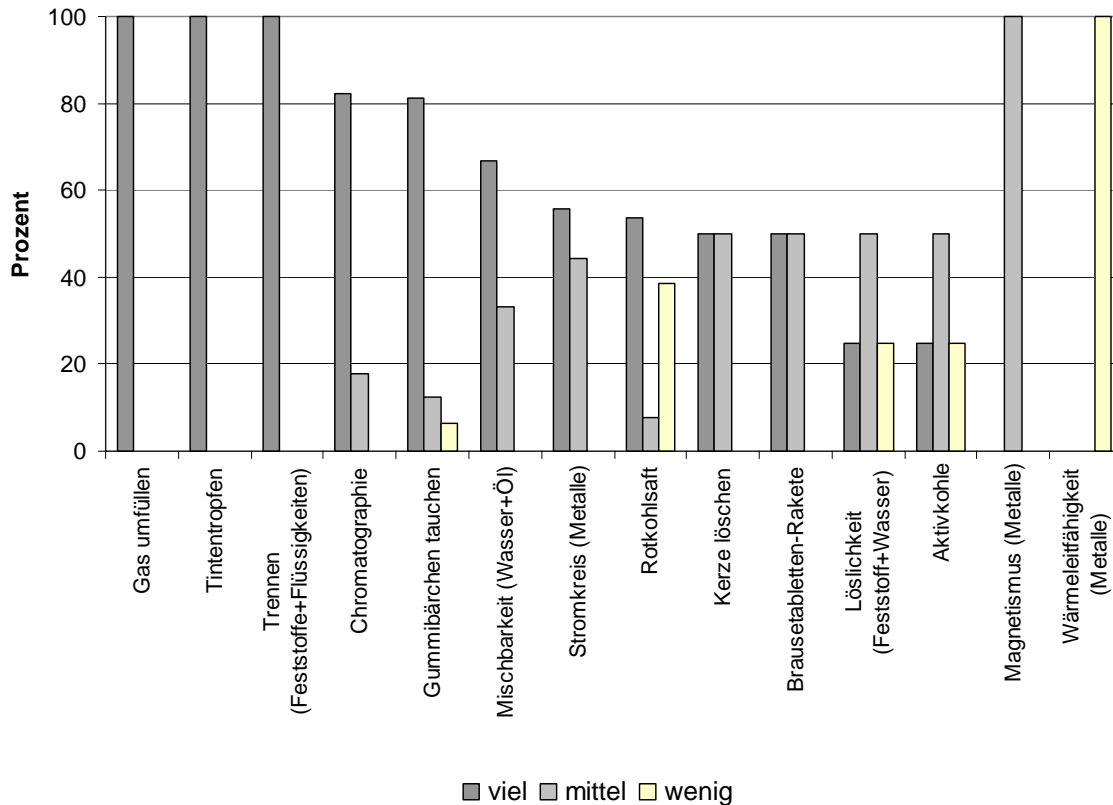


Abb. 20: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die *Deutung* der Experimente (aufgeschlüsselt nach den einzelnen Experimenten; N = 76).

Zur Veranschaulichung von kindlichen Erklärungsweisen werden nachfolgend einige Interviewausschnitte zu Deutungen ausgewählter Phänomene vorgestellt.

Janes Erklärungsweisen zum Versuch „Gummibärchen tauchen“ weisen eindeutig darauf hin, dass sie die Eigenschaften und besonders die Bedeutung der Luft für dieses Experiment verstanden hat:

Risch: Sind die denn nicht nass geworden?

Jane: *Nee.*

Risch: Warum denn nicht?

Jane: *Wir haben die in so ein Teelicht gestellt und dann ins Wasser und dann ein Glas drüber und untergetaucht. Und weil da ja Luft war, konnte da auch nichts rein.*

Risch: Wo war Luft?

Jane: *In dem Glas.*

Risch: Wenn ich das Glas dann zum Beispiel ein bisschen schräg halte?

Jane: *Dann kommt Wasser rein.*

- Risch: Warum kommt denn da Wasser rein?
- Jane:** *Weil dann da eine Lücke ist und da kann dann das Wasser da reinschießen.*
- Risch: Und warum ist da eine Lücke? Die Luft geht also irgendwie raus, oder?
- Jane:** *Ja.*
- Risch: Geht die nach unten oder nach oben?
- Jane:** *Nach oben!*
- Risch: Warum geht die nach oben?
- Jane:** *Weil, ... Luft leichter ist als Wasser!*

Das Experiment zum Nachweis von Säuren („Rotkohlsaft“) ist in Bezug auf die Deutung des Phänomens für viele Kinder im Anfangsunterricht zu komplex (vgl. *Abb. 20*). Joschka dagegen hat nicht nur die Funktion des Indikators „Rotkohlsaft“ verstanden, er kann sich sogar an die farblichen Erscheinungsbilder der Alltagsstoffe nach der Zugabe des Indikators erinnern:

- Risch: [...] Dann haben wir einmal noch etwas gemacht mit Rotkohlsaft.
- Joschka:** *Ah ja, genau! Da haben wir z.B. Waschpulver genommen, oder, ähm, Backpulver. Daran kann ich mich noch gut erinnern. Da haben wir Backpulver und Rotkohlsaft zusammengemischt, dann wurde das lila und dann hat das geschäumt. Dss hatte dann nicht so eine dolle Säure. Aber mit Zitronensaft, wenn das rot wird, dann hat das eine besondere Säure. Dann haben wir z.B. in den Zitronensaft Rotkohl reingetan und dann wurde das rot und dann ist dann halt eine ganz dolle Säure drin.*

Johannes vernetzt in seiner Erklärung zum Versuch „Kerze löschen“ anschaulich die Bedeutung der Luft für die Kerze mit seiner Alltagsvorstellung zum menschlichen Atmen:

- Johannes:** *Die kriegt dann ja keine Luft mehr von dem Glas. Die saugt die Luft ja praktisch auf.*
- Risch: Wenn man was macht?
- Johannes:** *Wenn man die Kerze anzündet, ... und wenn hier jetzt zum Beispiel eine Kerze brennt und hier keine Luft mehr wäre, dann würde die ausgehen, weil das ist so ähnlich wie wir atmen. Sie atmet auch, nur sie atmet ganz anders.*

Hendrik deutet das Experiment „Tintentropfen“ mit Hilfe einer animistischen Erklärungsweise:

Risch: [...] Und dann fällt mir noch als letztes ein, wir haben versucht Wasser und Öl zu mischen.

Hendrik: *Aha ja, genau. Das hat aber nicht gut geklappt. Die haben sich dann getrennt, dann war das Wasser unten und das Öl oben. Dann haben wir dann Tinte reingemacht und die Tinte hat sich in dem Öl ganz klein gemacht und unten in dem Wasser dann ist es so aufgegangen. Also das Wasser und das Öl verstehen sich nicht gut, aber die Tinte mit dem Öl versteht sich auch nicht gut, aber die Tinte mit dem Wasser versteht sich ganz gut.*

Hendriks Erklärungen zum „Tintentropfen“ verdeutlichen die Notwendigkeit einer animistisch ausgerichteten Vermittlung bei der Deutung der Experimente. Dies ist in vielen Fällen die einzige altersgerechte Möglichkeit, Kindern die zumeist komplexen naturwissenschaftlichen Phänomene näher zu bringen.

4.1.1.5 Zusammenfassung der Kategorien B-D: Erinnerung an die Experimente

Nach der ausführlichen Analyse der Erinnerungsfähigkeit der interviewten Schüler an die Experimente, aufgeschlüsselt nach den Bereichen Durchführung, Beobachtung und Deutung eines Experiments, erfolgt nun eine abschließende Zusammenfassung. Dazu wurden zur Auswertung diese drei Kategorien als gleichwertig angesehen und in einer Gesamtkategorie dargestellt. Abbildung 21 zeigt, dass die Ergebnisse insgesamt als überdurchschnittlich gut zu bewerten sind. So konnten sich die Schüler in Bezug auf die Experimente im Durchschnitt zu 71% an „viel“, zu 22% immer noch an einige Details („mittel“) und nur zu 7% an „wenig“ erinnern. Diese Ergebnisse bestätigen die Aussagen vergleichbarer Untersuchungen, dass bereits Schüler im Anfangsunterricht über die kognitiven Fähigkeiten verfügen, sich mit Phänomenen aus dem Bereich der unbelebten Natur auseinandersetzen zu können (vgl. LÜCK 2000; FÖRSTER 2005).

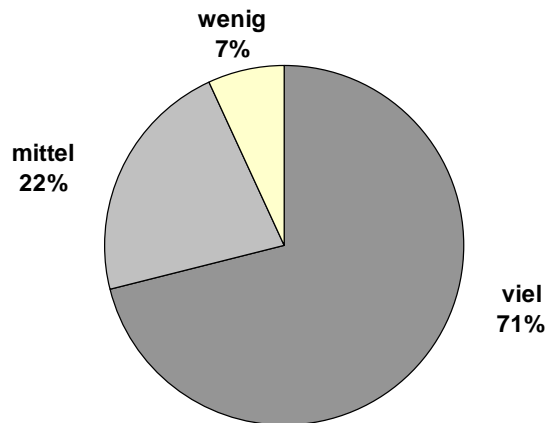


Abb. 21: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die Experimente (N = 259).

Betrachtet man die Ergebnisse zur Auswertung der Erinnerungsfähigkeit aufgedgliedert nach den einzelnen Experimenten, so kann man feststellen, dass sich die Schüler besonders gut an das Modul „Gase“ erinnern können (vgl. Abb. 22). Die möglichen Gründe dafür wurden bereits mehrfach genannt und beziehen sich in erster Linie auf die bereits durch andere Untersuchungen bestätigte Tauglichkeit dieser Experimente im Kindesalter (vgl. LÜCK 2000). Eine Erweiterung dieser bereits für den Elementarbereich bestehenden Experimentierreihe fand u.a. durch einen Versuch zur Visualisierung von CO_2 statt. Dazu wurde im Unterricht eine Bromthymolblau-Lösung als Indikator für das CO_2 -Gas verwendet. Dieses Experiment wurde aber von keinem der Schüler im Interview erwähnt. In der Grundschule Theesen wurde es dann auch nicht mehr durchgeführt, da es aus den bereits genannten Gründen – die Lösung ist für die Lehrkräfte nur schwer beziehbar – nicht die Rahmenbedingungen für Experimente in der Grundschule erfüllt. Darüber hinaus scheinen sich die Experimente zur „Chromatographie“ für den Anfangsunterricht gut zu eignen, nicht nur in Anbetracht der hohen Erinnerungsrate, sondern auch weil es eines der Lieblingsexperimente der Kinder darstellt. Die Experimente zum Modul „Metalle“ haben in der Auswertung dagegen eher unterdurchschnittlich abgeschnitten. Besonders in der Kategorie „Deutung“ mangelte es bei den Schülern an Erklärungsweisen für die entsprechenden Phänomene. Die Gründe dafür wurden bereits genannt (Evaluierung der Hypothese (4) stand im Vordergrund). Das Experiment zum Reinigen des Tintenwassers mit „Aktivkohle“ hat – auch ein wenig zu unserer Überraschung – am schlechtesten abgeschnitten. Auch hierfür wurden bereits Vermutungen geäußert: Die Zeit zur Durchführung des Experi-

ments war im Unterricht zu kurz bzw. bei einigen Schülern riss das Filterpapier ein, was dazu führte, dass das Gemisch aus Wasser, Tinte und Aktivkohle ungefiltert in den Auffangbecher gelang. Das Ergebnis zur Erinnerungsfähigkeit an dieses Experiment verdeutlicht, wie wichtig es ist, dass alle Experimente immer einwandfrei gelingen (vgl. Rahmenbedingungen in Kap 2.1). Das Experiment „Rotkohlsaft“ ist zwar das Lieblingsexperiment der Schüler, erreicht aber in der Auswertung der Interviews eher ein mäßiges Ergebnis. Ein Grund dafür könnte auch in der „Reizüberflutung“ liegen. Bei der Durchführung der Experimente wurden viele Alltagsstoffe mit Rotkohlsaft auf deren Säuregehalt überprüft. So blieb kaum Zeit, über das eigentliche Phänomen nachzudenken. Darüber hinaus waren die Schüler so fasziniert von den vielen Farben, dass alles andere in den Hintergrund trat!

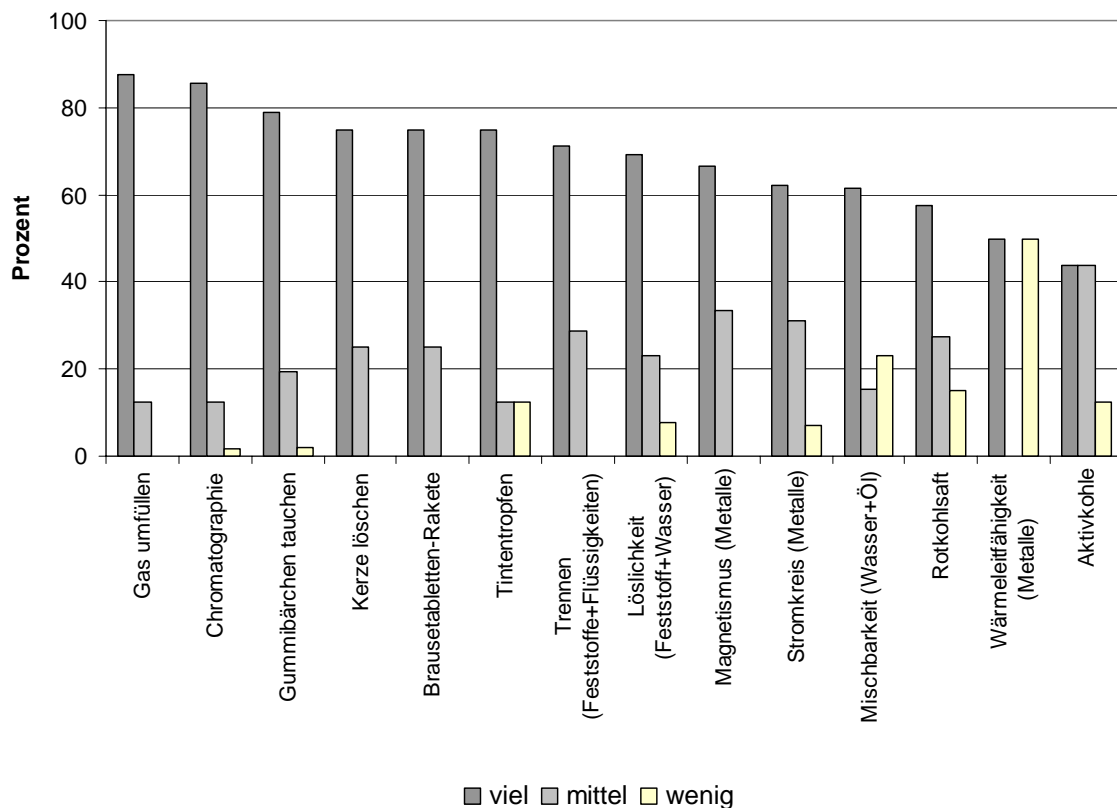


Abb. 22: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die Experimente (aufgeschlüsselt nach den einzelnen Experimenten; N = 259).

Betrachtet man die Auswertung der Interviews einmal aufgeschlüsselt nach ihrer Leistungsverteilung, so erhält man ein beeindruckendes Ergebnis: Fast alle Schüler erreichen einen Wert, der relativ nah am Gesamtdurchschnittswert von 71% liegt. (vgl.

Abb. 23). Kein Schüler befindet sich leistungsmäßig in der untersten Kategorie (richtige Antworten in Bezug auf die durchgeführten Experimente: 0-20%) und nur das Interview eines Schülers fällt in die zweite Kategorie (20-40%). Da die Auswahl der Schüler durch die Klassenlehrer erfolgte – allerdings mit der Vorgabe, dass sie leistungsmäßig den Klassendurchschnitt repräsentieren sollen – liegt die Vermutung nah, dass wir eher die etwas leistungsstärkeren Schüler interviewten. Nichts desto trotz haben auch unsere Beobachtungen während der Experimentiereinheiten gezeigt, dass sich *alle* Schüler bei den Versuchen beteiligten, eine große Motivation entwickelten etwas zu machen und auch bereits sind, etwas lernen zu wollen⁸¹. Dieses aktive Verhalten der Schüler – gepaart mit einer hohen intrinsischen Motivation – stellt eine wichtige Grundlage für eine hohe Erinnerungsfähigkeit an die Experimente dar. Dies ist sicherlich ein Indiz für die relativ geringen Unterschiede in den Leistungsfähigkeiten der Schüler. Die Auswertung der Klassentests wird besonders diesen Aspekt noch weiter beleuchten.

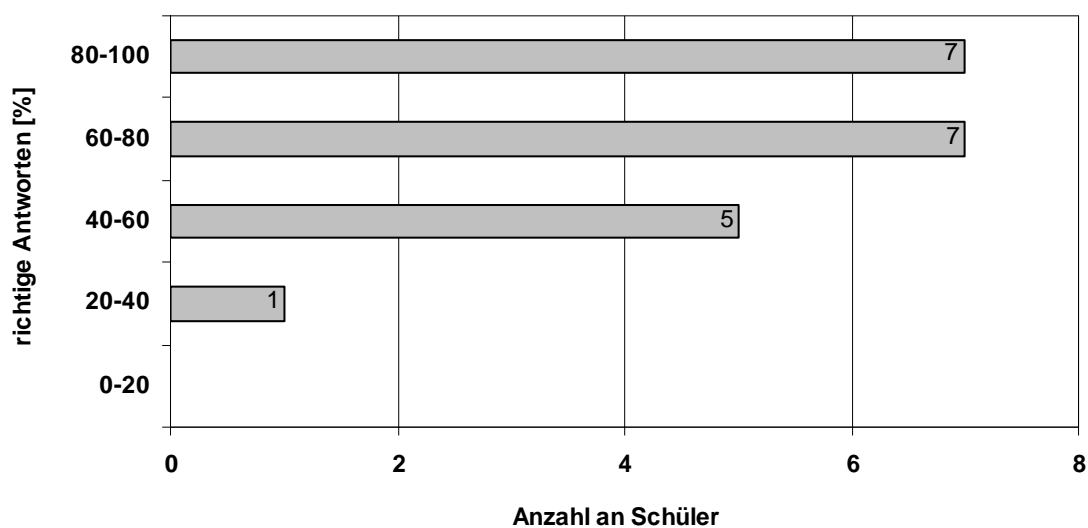


Abb. 23: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit der Schüler, dargestellt nach verschiedenen Leistungsgruppen (N = 20).

⁸¹ Ein großer Vorteil beim Experimentieren liegt unter anderem darin, dass sich alle Schüler aktiv beteiligen können. Dadurch erhalten sie gleichermaßen die Möglichkeit, Fähigkeiten und Fertigkeiten im Bereich der unbelebten Natur zu entwickeln. Dieser Aspekt der „Chancengleichheit“ wird auch durch LÜCK bestätigt. Sie gelang im Rahmen ihrer Untersuchungen im Elementarbereich zu dem Ergebnis, dass Kinder aus sozial schwächeren Familien ein nahezu identisches Erinnerungsvermögen an die Experimente zeigen, wie Kinder aus privilegierten sozialen Schichten (vgl. LÜCK 2003, S. 69).

4.1.1.6 Kategorie E: „Tun“ versus „Wissbegier“

Im Rahmen der Einzelinterviews wurde allen Schülern folgende Frage gestellt: „Sag einmal, wenn wir so experimentiert haben, hat dir das dann mehr Spaß gemacht, wenn du selber experimentieren konntest oder wenn wir drüber gesprochen haben, was da so passiert?“ Durch die Aussagen der Schüler haben wir erwartet, Hinweise zu der Hypothese (4), dem „Tun“ im Vergleich zur „Wissbegier“ zu erhalten.

Die Auswertung der Antworten verdeutlicht, dass die Schüler lieber eigenständig experimentieren wollen als nur an die Erklärungen zu einem Experiment herangeführt zu werden. Es zeigt sich aber auch, dass die Schüler eine Kombination favorisieren: Selbständiges Experimentieren bei gleichzeitiger Vermittlung des theoretischen Hintergrunds durch die Lehrkraft (vgl. Abb. 24).

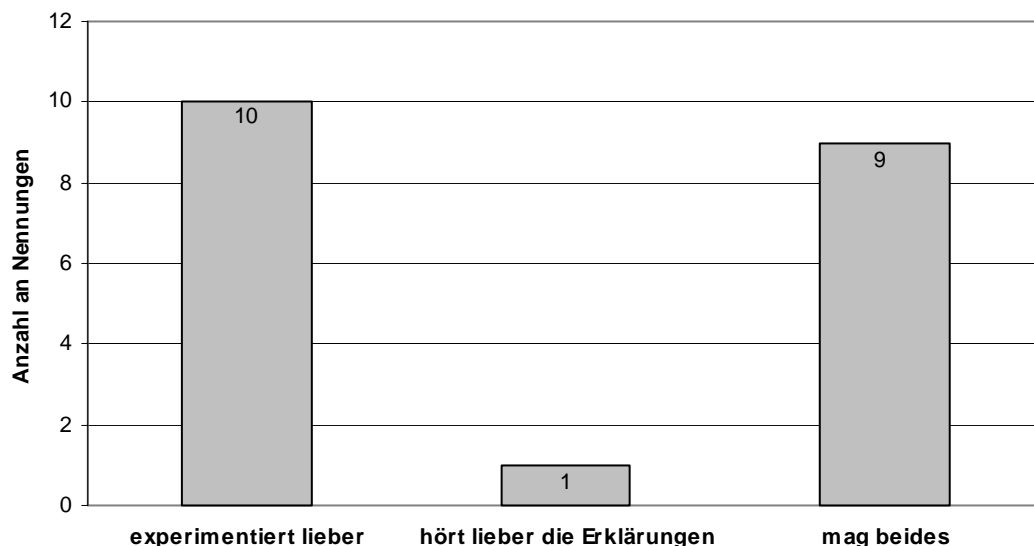


Abb. 24: Übersicht über die Präferenzen der Schüler bei der Behandlung eines Experiments: „Tun versus Wissbegier“; ausgewertet nach der Anzahl der Nennungen (N = 20).

Abschließend lässt sich schlussfolgern, dass die Auswertung der Kategorie E zwar Hinweise zur Bestätigung der Hypothese (4) liefert, dass es den Schülern aber fast genauso wichtig ist, den theoretischen Hintergrund zu dem Experiment zu erfahren. Am meisten missfällt es ihnen, wenn sie ein Experiment nur erklärt bekommen, ohne selber aktiv zu sein (z.B. in Form eines Demonstrationsexperiments).

4.1.1.7 Kategorie F: Außerschulische Durchführung von Experimenten

Ein wichtiges Kriterium bei der Auswahl der Experimente bestand in der Rahmenbedingung, dass die Experimente eine außerschulische Wiederholbarkeit gewährleisten (vgl. Kapitel 2.1). Deshalb haben wir im Rahmen der Interviews evaluiert, ob die Schüler überhaupt außerschulisch experimentieren und wenn ja, ob sie Experimente aus unseren Unterrichtseinheiten noch einmal durchgeführt haben. Abbildung 25 zeigt, dass 16 der 19 befragten Schüler auch außerschulisch experimentiert haben. Darüber hinaus haben fast 50% der Schüler Experimente aus unseren Experimentiereinheiten wiederholt.

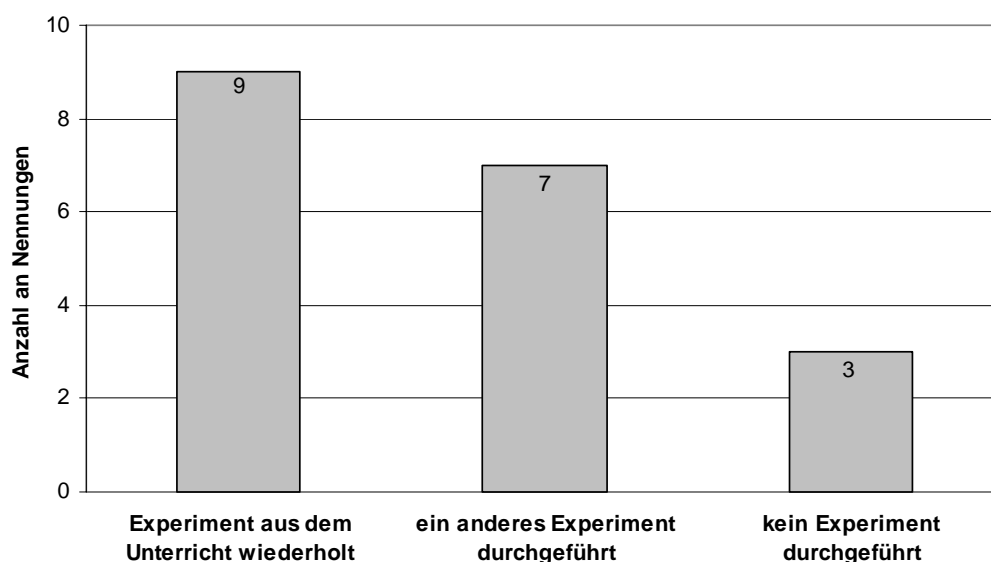


Abb. 25: Übersicht über die außerschulische Durchführung von Experimenten (N = 19).

Am häufigsten wurde von den Schülern das Experiment zur „Chromatographie“ außerschulisch wiederholt (42%). Ein Grund dafür liegt sicherlich auch darin, dass wir am Ende der entsprechenden Unterrichtsstunde noch unbenutztes Filterpapier ausgeteilt haben. Dies ist sicherlich auch ein Motiv dafür, dass bei allen Auswertungen (Lieblingsexperiment, Erinnerungsfähigkeit, etc.) dieses Experiment überdurchschnittlich gut abgeschnitten hat.

4.1.2 Auswertung der Gruppeninterviews

Die Auswertung der Gruppeninterviews sollte in erste Linie Rückschlüsse auf die Hypothesen (1), das Interesse und (3) den (nachhaltigen) Eindruck liefern. Darüber hinaus erhofften wir, durch die Diskussionen in der Gruppe eine Bestätigung der Hypothese (4) – dem „Tun“ im Vergleich zur „Wissbegier“ – zu erhalten.

Das Gruppeninterview wurde nur in der Grundschule Wellensiek durchgeführt. In der Grundschule Theesen verzichteten wir auf diese Methode zugunsten von Einzelinterviews mit anschließendem Experimentierangebot. Die Begründung für den Verzicht im weiteren Verlauf der Untersuchung lag darin, dass die Ergebnisse dieser Methode in Bezug auf unsere Hypothesen keine zusätzlichen und aussagekräftigen Hinweise lieferten.

Einige auffallende Ergebnisse haben sich allerdings bei der Auswertung herausgestellt. Die Erinnerungsfähigkeit an die Experimente (Durchführung, Beobachtung und Deutung) war bei den Schülern im Gruppeninterview durchschnittlich besser (77%) als bei den einzeln interviewten Schülern (71%). Diese Werte sind zwar statistisch kaum relevant, dennoch könnten zwei Gründe für dieses Ergebnis sprechen: Zum einen liegen die Leistungen der Schüler, die am Gruppeninterview teilnahmen, auch bei der Auswertung der Klassentests über dem Durchschnitt (64% zu 55%). Zum anderen sind sicherlich auch gruppendynamische Prozesse für die höhere Erinnerungsfähigkeit an die Experimente mitverantwortlich. Nachfolgend soll ein Ausschnitt aus einem Gruppeninterview verdeutlichen, wie gut die Schüler aufeinander eingegangen sind und sich ergänzt haben:

Denise: *Ich weiß noch was! Wie sich das Zuckerstück in dem Wasser aufgelöst hat. Erst war warmes Wasser und dann war kaltes und im warmen Wasser hat sich das schneller aufgelöst!*

Risch: Ehrlich? Wieso löst sich das denn im warmen Wasser schneller auf als im kalten?

Tolga: *Weil das warme Wasser viel wärmer ist als das kalte!*

Risch: Stimmt!

Denise: *Und das kalte löst den Zucker nicht so schnell auf!*

Malte: *Weil das warme Wasser mehr Kraft hat als das kühle.*

Risch: Und was ist, wenn man den Zuckerwürfel in Öl tut?

Malte: *Zuckerwürfel in Öl?*

- Risch: Wisst ihr das noch?
Elina: *Ich glaube, ich weiß es noch. Da löst er sich gar nicht auf!*
Denise: *Zucker und Öl mögen sich nicht!*
Risch: Genau, spitze!

Insgesamt lassen die Gruppeninterviews aber nur vorsichtige Aussagen über die Leistungsfähigkeit der einzelnen Teilnehmer zu. Denn auch in unseren Gruppendiskussionen kam es zu den klassischen Rollenverteilungen und der Bildung einer Rangordnung: Vom Meinungsführer bis hin zu dem Schüler, der nur selten das Wort ergriffen hat. Dies lässt sich zum Beispiel über die Anzahl der Antworten belegen. In Gruppe A lag die Verteilung der Aussagen der vier Schüler bei 41% : 30% : 21% : 9%; in der Gruppe B fast analog bei 36% : 29% : 25% : 10%!

Insgesamt erscheint uns der Einsatz von Gruppeninterviews im Rahmen der Evaluierung der Erinnerungsfähigkeit von Erst- und Zweitklässlern prinzipiell als geeignet, allerdings konnten wir für unsere Untersuchung kaum zusätzliche Erkenntnisse mit Hilfe dieser Methode gewinnen.

4.1.3 Auswertung des Experimentierangebots

Die Auswertung des Experimentierangebots sollte zur Prüfung der Hypothese (1), dem Interesse, und insbesondere zu der Hypothese (4), dem „Tun“ im Vergleich zur „Wissbegier“, dienen.

Insgesamt nahmen 24 Schüler (16 Schüler in Einzelsituationen; 8 Schüler aufgeteilt in zwei Gruppen) freiwillig an dem Experimentierangebot teil. Alle Schüler kannten uns aus den Unterrichtsstunden und entwickelten daher keine Fremdheitsgefühle bei den Interviews. Sie erhielten die Möglichkeit, bis zu zwei zur freien Wahl stehende Experimente durchzuführen. Die zeitliche Dauer pro Experiment lag bei fünf bis sieben Minuten. Bei den Versuchen handelte es sich um für die Schüler bis dahin völlig unbekannte Experimente, die bewusst eindrucksvolle Phänomene beinhalten sollten. Die Schüler erhielten eine kurze Einführung und experimentierten anschließend weitgehend selbständig. Wir verzichteten bewusst darauf, eine naturwissenschaftliche Deutung zu geben, um die Kinder gewissermaßen zum Hinterfragen der Phänomene zu provozieren. Wenn die Schüler während des Experimentierens Fragen stellten, dann

erarbeiteten wir mit ihnen gemeinsam die entsprechenden Erklärungen. Hatten die Schüler keine Fragen, dann beendeten wir jedes Experiment mit der Frage: „*Hast du noch eine Frage zum Experiment?*“.

Das Interesse an den Experimenten war sehr groß. Alle Schüler wollten beide Versuche durchführen. Besonders beeindruckt hat uns bei der Auswertung der Videoaufzeichnungen, wie erfreut die Schüler waren, als sie nach dem ersten Experiment noch die Möglichkeit erhielten, einen weiteren Versuch durchzuführen. Diese Freude äußerte sich nicht nur verbal, sondern zeigte sich auch in Mimik, Gestik und Körperhaltung.

Die meisten Schüler gaben sich nicht damit zufrieden, jedes Experiment nur einmal durchzuführen. Daher wurden häufig die Versuche so oft wiederholt, wie es der zeitliche Rahmen ermöglichte. Die Kinder zeigten sich sehr eloquent bei den Beschreibungen ihrer Beobachtungen. Viele von ihnen waren außerdem daran interessiert, etwas mit nach Hause nehmen zu dürfen. Das zeigte sich besonders beim Experiment „Superabsorber“:

Elina: *Kann ich das mitnehmen? Bitte!*

Tolga: *Können wir das mit nach Hause nehmen?*

Denise: *Wir dürfen keinem verraten, dass wir das gekriegt haben, oder?*

Darüber hinaus bestätigten die Ergebnisse dieser Methode unsere Hypothese (4). So wurden bei den 48 durchgeführten Experimenten insgesamt nur acht Fragen von den Schülern gestellt.

Zwei Fragen wurden *während* der Durchführung eines Experiments geäußert. Beide Fragen entwickelten sich aus der großen Verwunderung der Kinder über das Erlöschen der Kerze beim Experiment „Feuerlöscher“. Die Intention ihrer Fragen drückte eher ein Erstaunen aus und zielte weniger auf konkretes Hinterfragen der naturwissenschaftlichen Deutung ab:

Hendrik: *Was ist das denn?*

Pia: *Wie geht das?*

Die restlichen sechs Fragen wurden – nach teilweise langem Zögern – von den Schülern erst *nach* dem konkreten und hartnäckigen Nachfragen unsererseits gestellt. Zwei Fragen bezogen sich auf das Experiment „Superabsorber“:

Jana: *Warum wird das immer weniger Wasser?*

Marina: *Was ist das für ein Pulver?*

Vier weitere Fragen bezogen sich auf das Experiment „Feuerlöscher“:

Joschka: *Wieso geht das sofort aus?*

Fabian: *Warum kriegst das die Kerze aus?*

Michael: *Wie passiert das, dass die Kerze ausgeht?*

Jane: *Wieso geht das aus?*

Häufig führte unser Nachfragen am Ende dazu, dass sich die Schüler in ihrer Aktivität gestört fühlten oder lieber noch weiter experimentieren wollten:

Risch: *Hast du noch eine Frage zum Experiment?*

Marnie: *Nee! Das hast du mich doch eben schon mal gefragt?*

Risch: *Hast du noch eine Frage zum Experiment?*

Nadim: *Nö, ich will lieber noch ein Experiment machen!*

Insgesamt fühlen wir uns in unseren Hypothesen (1) und (4) bestätigt: Die Schüler experimentierten mit einer großen Freude und waren viel mehr interessiert am Tun und Produzieren von Dingen, als am Hinterfragen der naturwissenschaftlichen Deutung!

4.1.4 Ergebnisse der Klassentests

Am Klassentest nahmen insgesamt 84 Schüler teil (41 Mädchen; 43 Jungen). Zum Zeitpunkt des Tests waren die Kinder durchschnittlich sieben Jahre und sechs Monate alt. Da sich die Klassentests in den beiden Grundschulen in Bezug auf die Auswahl der Aufgaben voneinander unterschieden (drei Aufgaben waren identisch: „Chromatographie“, „Rotkohlsaft“ und „Kerze löschen“), werden die Ergebnisse im Folgenden – nach den Schulen – getrennt betrachtet.

Insgesamt zeigt die Auswertung der Tests, dass durchschnittlich 55% (GS Wellensiek) bzw. 68% (GS Theesen) der Fragen richtig beantwortet wurden (vgl. *Abb. 26, 27*). Das Ergebnis ist – besonders in Anbetracht dessen, dass die Schüler erstmalig einen solchen schriftlichen Test durchführten – als positiv zu bewerten. Die Fragen des Klassentests bezogen sich zumeist auf die Deutung der Experimente. Vergleicht man daher die obigen Werte mit den Interviewergebnissen in Bezug auf die Deutung eines Experiments (64%), so zeigt sich ein fast übereinstimmendes Resultat. Besonders gut lösten die Schüler die Aufgaben zur Löslichkeit eines Zuckerwürfels in warmem und kaltem Wasser (GS Wellensiek) bzw. die Frage nach der elektrischen Leitfähigkeit verschiedener Materialien (GS Theesen). Bei der Aufgabe zur Leitfähigkeit stand weniger die Deutung des Phänomens, als vielmehr eine Kategorisierung der Materialien („*leitet*“ bzw. „*leitet nicht*“) im Vordergrund. Probleme bereiteten die Fragen zum „Rotkohlsaft“ bzw. zum „Kerze löschen“. Diese beiden Experimente lagen allerdings auch bei der Auswertung der Interviews unterhalb des Durchschnitts und bestätigen daher die Tendenz, dass sie wohl relativ schwer verständlich für die Schüler sind.

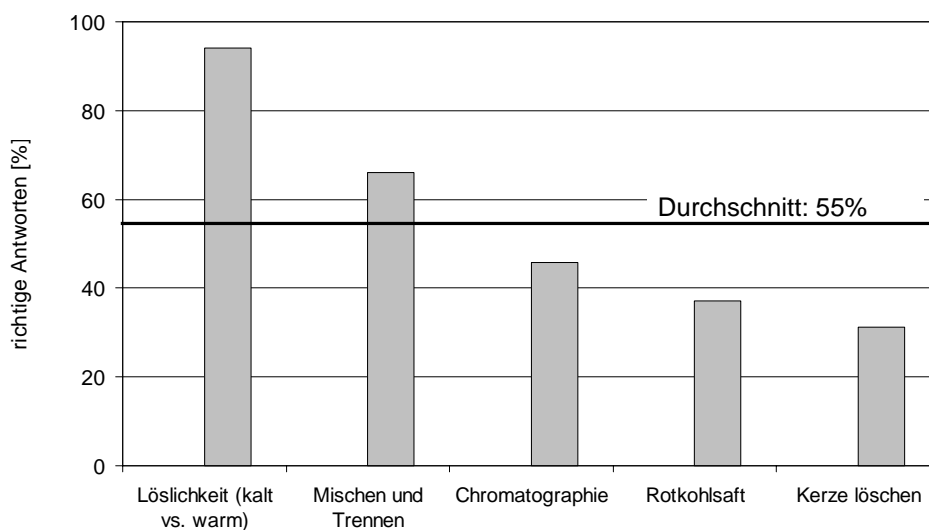


Abb. 26: Auswertung des Klassentests nach Experimenten: GS Wellensiek (N = 35).

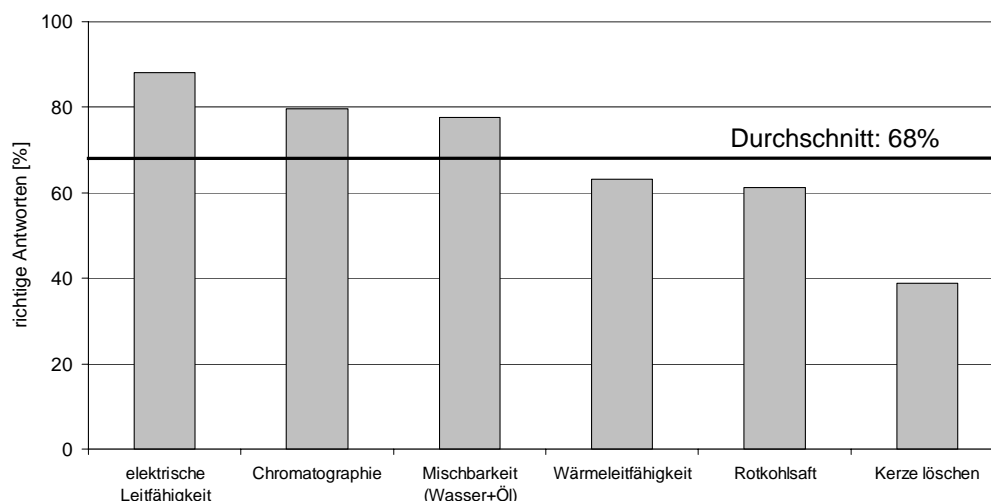


Abb. 27: Auswertung des Klassentests nach Experimenten: *GS Theesen* (N = 49).

Eine weitere Auswertung der Klassentest zeigt ein interessantes Ergebnis: Betrachtet man die Leistungsverteilung der Schüler, so zeigt sich, dass sehr viele Tests im Bereich des Klassendurchschnitts liegen und sehr wenige Ergebnisse im unteren Drittel der Leistungsskala vorzufinden sind (vgl. *Abb. 28, 29*). Dies widerspricht den Ergebnissen vieler Schulvergleichsstudien. Dort lautet häufig das Fazit, dass die Leistungsheterogenität – gerade in den naturwissenschaftlichen Fächern – in Deutschland im internationalen Vergleich ungewöhnlich groß ist. So ist selbst innerhalb der Schulformen die Leistungsstreuung in den naturwissenschaftlichen Fächern weitaus größer als zum Beispiel in Mathematik (vgl. Kap 1.3). Diese Aussage können wir weder durch die Interviews noch durch die Klassentests bestätigen.

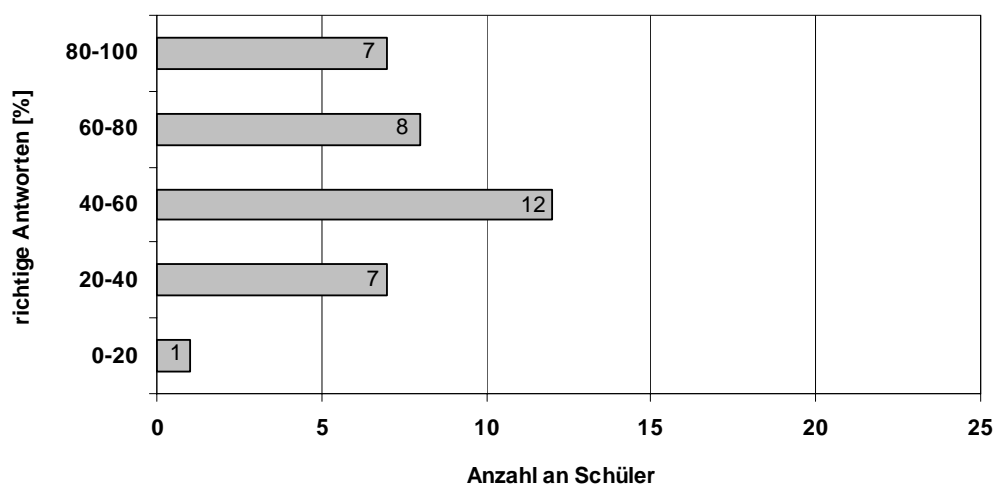


Abb. 28: Auswertung des Klassentests: Ergebnisse der Schüler, dargestellt nach verschiedenen Leistungsgruppen (*GS Wellensiek*; N = 35).

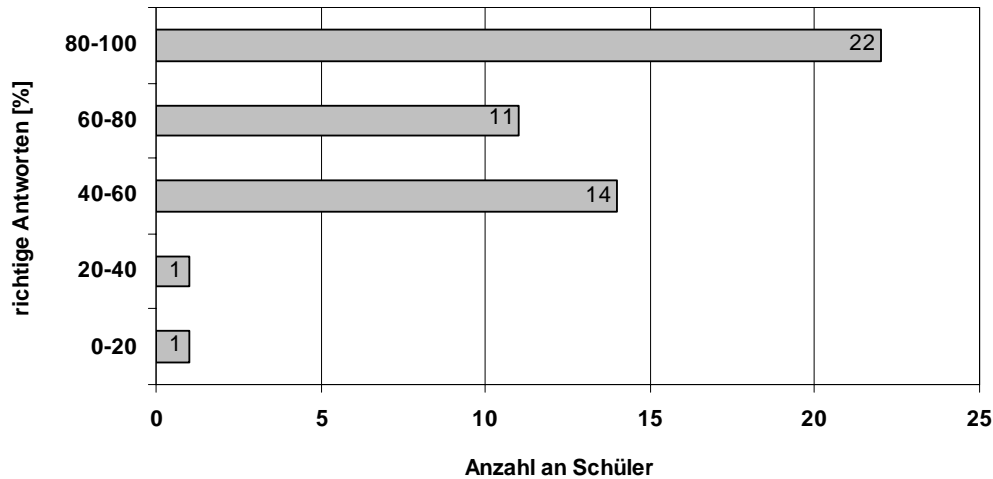


Abb. 29: Auswertung des Klassentests: Ergebnisse der Schüler, dargestellt nach verschiedenen Leistungsgruppen (GS Theesen; N = 49).

Die Auswertung der Klassentests hat die Ergebnisse der Interviews, in Bezug auf die Deutung der Experimente, bestätigt. Darüber hinaus lassen sich nun fundiertere Aussagen zu einzelnen Experimenten machen. So ist die Versuchsreihe zum Nachweis von Säuren („Rotkohlsaft“) zwar das Lieblingsexperiment der Kinder, die Funktion des Rotkohlsafts als Indikator wird aber nur von wenigen Schülern verstanden. Viele Schüler können nach der Durchführung des Moduls „Metalle“ nun auch vorhersagen, welche Materialien den Strom leiten. Allerdings wurde nicht nach einer Begründung gefragt. Bei den Fragen standen – wie auch in den Unterrichtsstunden – die phänomenologischen Aspekte im Vordergrund. Die Experimente zur Chromatographie kristallisieren sich dagegen immer mehr als gut geeignet für den Anfangsunterricht heraus.

Die Ergebnisse zur Leistungsverteilung der Tests erfreuen uns und bestätigen auch unsere Beobachtungen: Alle Kinder können sich an den Experimenten beteiligen und etwas zum Gelingen beitragen. Dadurch, dass die Experimente bei jedem Schüler gelingen („Die Konstanz der Naturgesetze“), erfahren sie alle bei der Durchführung dieselben Erfolgserlebnisse. Das fördert ihre eigenen Kompetenzen und damit auch ihr Selbstvertrauen.

4.2 Überprüfung der Hypothesen

Die empirischen Studien fanden insgesamt in vier Schulklassen zweier Grundschulen statt. Wie bereits beschrieben, entschieden wir uns, nach dem ersten Teil der Untersuchung, mehrere Untersuchungsinstrumente einzusetzen, um die Eingangsformulierten Hypothesen – kurz zusammengefasst nach (1) dem Interesse, (2) der Einsetzbarkeit im Unterricht, (3) dem (nachhaltigen) Eindruck und (4) dem „Tun“ im Vergleich zur „Wissbegier“ – zu überprüfen.

Zu Hypothese (1): *Die chemischen und physikalischen Experimente werden von den Schülern positiv-affektiv aufgenommen und mit großem Interesse durchgeführt.*

Die Eindrücke die wir aufgrund der teilnehmenden Beobachtung und der Interviews gewannen, vermittelten uns ein großes Interesse seitens der Schüler an den Experimenten. Bisweilen neigen wir sogar dazu, von einer regelrechten Euphorie zu sprechen. Dies lässt sich auch an zahlreichen weiteren Indizien ausmachen: Alle Schüler beteiligten sich aktiv beim Experimentieren; wir wurden jedes Mal herzlich begrüßt; unsere Materialienkiste wurde schon vor Beginn der jeweiligen Experimentiereinheiten ausgiebig von allen Schülern inspiziert und in den Klassentagebüchern⁸² wurde fast nur noch von unseren Experimenten berichtet. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse zum optionalen Experimentierangebot, dass alle Schüler freiwillig und mit großer Begeisterung beide Experimente durchführen wollten.

Zu Hypothese (2): *Es lassen sich Schulexperimente zur unbelebten Natur so optimieren, dass sie für den Anfangsunterricht der Primarstufe geeignet und selbst in einem Klassenverband von bis zu 30 Schülern durchführbar sind.*

Um die Einsetzbarkeit der ausgewählten Experimente im schulischen Unterricht zu gewährleisten, hatten wir vorab einige wichtige Rahmenbedingungen bei der Auswahl der Versuche formuliert. Noch einmal kurz zusammengefasst, beinhalteten die Kriterien

⁸² Ein ausgewählter Schüler der Klasse hat immer die Aufgabe, im Klassentagebuch sein schönstes (schulisches) Wochenerlebnis zu beschreiben oder zu malen.

die folgenden Aspekte: Die Sicherstellung einer völlig ungefährlichen Versuchsdurchführung auch bei größeren Gruppen; einfache Beschaffungsmöglichkeiten der Materialien auch für den Lehrer; Förderung des selbständigen Arbeitens durch die Experimente; einfache Vermittelbarkeit einer altersgerechten naturwissenschaftlichen Deutung; Verknüpfung der dargestellten Phänomene mit dem Alltag; Gewährleistung einer außerschulischen Wiederholbarkeit der Experimente und Integrierbarkeit der Experimente auch in übergeordnete Themen des Sachunterrichts.

In der Unterrichtspraxis hat sich gezeigt, dass sich fast alle der eingesetzten Experimente für den Einsatz im Sachunterricht eignen. Einzige Ausnahme stellt das Experiment „Atemluft“ dar. Hierbei wird mit Hilfe des Farbindikators Bromthymolblau (BTB) eine visuelle Unterscheidung zwischen Atemluft und Zimmerluft veranschaulicht. Das Experiment an sich erfüllt alle Kriterien und eignet sich sehr gut für den Anfangsunterricht. Allerdings ist das Herstellen der BTB-Lösung nur mit chemischen Kenntnissen und materiellem Aufwand verbunden, der vielleicht nicht von allen Lehrern geleistet werden kann. Ähnliches gilt für das Experiment „Aktivkohle“. Allerdings muss hierbei keine Lösung angesetzt werden – dementsprechend sind keine chemischen Kenntnisse notwendig – und Aktivkohle-Tabletten sind in der Apotheke zu beziehen.

Zu Hypothese (3): *Die Schüler können sich selbst nach einem längeren Zeitraum, sowohl aus affektiv-emotionaler wie auch aus kognitiver Sicht, an die durchgeführten Experimente und deren naturwissenschaftliche Deutung erinnern.*

Die Auswertungen der Interviews und der Klassentests haben gezeigt, dass sich die Schüler auch fast vier Monate nach Beginn der Experimentiereinheiten noch detailliert an die Versuche erinnern können. Fasst man die Ergebnisse der Kategorien Durchführung, Beobachtung und Deutung in einer Gesamtkategorie zusammen, so erhalten wir das Resultat, dass sich die Schüler in Bezug auf die Experimente im Durchschnitt zu 71% an „viel“, erinnern können. Die Auswertung der Klassentests bestätigt diesen positiven Wert. So wurden die Aufgaben im Durchschnitt von 55% (GS Wellensiek) bzw. 68% (GS Theesen) der Schüler richtig beantwortet.

Betrachtet man die Auswertungsergebnisse aufgegliedert nach den verschiedenen Modulen, so lässt sich feststellen, dass sich die Schüler besonders gut an das Modul

„Gase“ erinnern können. Dies verwundert uns nicht, da sich viele der Versuche bereits im Elementarbereich als altersgemäß erwiesen haben (vgl. LÜCK 2000). Auch auf die Gefahr hin, dass es zu einigen Wiederholungen aus dem Elementarbereich kommt, eignet sich dieses Modul zum Einstieg in die Thematik „unbelebte Natur“.

Auch an das Modul „Mischen, Trennen, Löslichkeit“, zeigen die Schüler eine hohe Erinnerungsrate. Dieses Modul bietet zahlreiche weiterführende Experimente an, um auf die Alltagserfahrungen aus dem Elementarbereich aufzubauen (z.B. das „Matschen“ mit Wasser und Sand oder das Trennen eines Sand-/ Kiesgemisches durch ein Sieb). Allerdings müssen die Experimente eindeutig in ihrer Durchführung sein, ansonsten kann es – wie bei dem Experiment „Aktivkohle“ geschehen – zu mangelnder kognitiver Verarbeitung und Reflektionsfähigkeit führen. Fachdidaktiker halten Kenntnisse zum Mischen, Trennen und Löslichkeit für ein grundlegendes Wissen und Können, das Kinder im Sachunterricht erwerben sollten.

Das Modul „einfache Nachweis- und Analyseverfahren“ beinhaltet die beiden Lieblingsexperimente der Schüler: Den Nachweis von Säuren („Rotkohlsaft“) und das Chromatographie-Verfahren. Kinder sind fasziniert von der ästhetischen Schönheit dieser Nachweisreaktionen. Die Erinnerungsrate an das Experiment „Chromatographie“ ist insgesamt überdurchschnittlich hoch, während das Experiment „Rotkohlsaft“ besonders in der Kategorie „Deutung“ den Schülern erhebliche Probleme bereitet und daher nur eingeschränkt für den Anfangsunterricht zu empfehlen ist.

Bei der Durchführung des Moduls „Metalle“ berücksichtigten wir bereits unsere Beobachtungen bzgl. des „Werksinns“ der Schüler und konzipierten Experimente, bei denen das „Tun“ oberste Priorität hatte und weniger der detaillierte theoretische Hintergrund vermittelt wurde. Das ist sicherlich der Hauptgrund dafür, dass die Experimente in Bezug auf ihre Erinnerungsfähigkeit bei der Auswertung eher unterdurchschnittlich abgeschnitten haben. Besonders in der Kategorie „Deutung“ mangelte es daher bei den Schülern an Erklärungsweisen für die entsprechenden Phänomene.

Besonders hervorzuheben sind die Ergebnisse zur Leistungsverteilung der Schüler. Sowohl die Interviews bzw. die Klassentests als auch unsere Beobachtungen haben gezeigt, dass die Leistungen der Schüler zumeist dicht am Klassendurchschnitt liegen und nur sehr wenige Ergebnisse im unteren Drittel der Leistungsskala vorzufinden sind.

Dies widerspricht den Ergebnissen vieler Schulvergleichsstudien, die gerade für die naturwissenschaftlichen Fächer eine große Leistungsheterogenität innerhalb der Klassen postulieren.

Zu Hypothese (4): *Während Kindergartenkinder beim Experimentieren wissbegierig sind und durch „Warum-Fragen“ Erklärungen einfordern, steht bei Grundschulkindern die eigene Aktivität, also das „Tun“ und hier speziell das Herstellen von Dingen im Vordergrund. Fragen nach dem „Warum“ bleiben zumeist aus.*

Diese Hypothese kristallisierte sich nach der Durchführung des ersten Teils der empirischen Untersuchung heraus und basierte auf der Methode der teilnehmenden Beobachtung und der anschließenden Analyse unserer Erlebnisprotokolle. Da auch die Beobachtungen während des zweiten Teils der Untersuchung unsere neue Hypothese bestätigten, entschieden wir uns, zur vertiefenden Überprüfung weitere Untersuchungsinstrumente einzusetzen. Dazu am besten geeignet erwies sich die Methode „Experimentierangebot“. So wurden bei den 48 durchgeführten Experimenten insgesamt nur acht Fragen von den Schülern gestellt. Darüber hinaus experimentierten die Schüler mit einer großen Freude und waren viel mehr interessiert am Tun und Produzieren von Dingen, als am Hinterfragen der naturwissenschaftlichen Deutung!

Bei der Überprüfung dieser Hypothese stützen wir uns zusätzlich zu unserer Methodik auf entwicklungs- und lernpsychologische Theorien. Dabei stellt sich die Frage, ob es in der Literatur Hinweise darauf gibt, dass sich die Herangehensweise von Kindern an unbekannte Sachverhalte im Alter von ca. sechs Jahren ändert.

Es ist allgemein bekannt, dass Vorschulkinder dazu neigen, ausdauernd nach Ursachen zu fragen („Warum ist der Himmel blau“, etc.). Sie verlangen auf jede Frage zumindest eine Reaktion der Erwachsenen, auch wenn die Antworten nicht immer richtig und zufrieden stellend sind. Häufig bereiten die Antworten der Erwachsenen dann bereits die nächsten Fragen der Kinder vor, entweder weil neue Fragen aufgeworfen werden oder weil die Antwort nicht ausreicht, um das Kind zu befriedigen. Die vielen Fragen nach Ursachen und Gründen erfüllen für die Kinder eine wichtige entwicklungspsychologische Funktion: „Die Antworten, die sie dabei erhalten, geben ihnen den "Stoff" für das Erarbeiten ihres inneren Bildes der Wirklichkeit“ (vgl. SCHNABEL &

BENSEL 2001, S.6). Dadurch werden sie in die Lage versetzt, „Ereignisse in ihrer Umwelt zu erklären, vorherzusagen und schließlich auch zu steuern“ (GOSWANI 2001, S. 18). Die Fragen helfen dem Kind, die physikalische Welt zu begreifen und dienen als Schrittmacher für das logische Denken. „Darüber hinaus zeigen die Warum-Fragen der Kinder, dass sie bereits früh über Fähigkeiten wie schlussfolgerndes Denken verfügen“ (ebd. S. 18).

Eine weitere wichtige Funktion der Fragen im Vorschulalter geht über das Begreifen der Dinge hinaus und besteht darin, eine Beziehung zur Umwelt aufzubauen. Die Aufmerksamkeit der Erwachsenen wird eingefordert, indem sie in ein Gespräch verwickelt werden. Eine Theorie besagt, dass das Vorschulkind sich durch seine „Warum-Fragen“ im Grunde weniger für die exakten Antworten interessiert, sondern dass es Aussagen erwartet, durch die es Vertrauen in seine Umwelt gewinnt. Kleine Kinder suchen die Bestätigung, dass sie in Sicherheit sind und bleiben werden. Die immer gleichen Fragen sind dafür der Beweis: Bekanntes vermittelt Geborgenheit in dieser aufregenden und stürmischen ersten Lebenszeit (vgl. LEGER 2004, S.1).

Aus welchem Grund die Fragen auch gestellt werden, dass im Vorschulalter gehäuft nach dem „Warum“ gefragt wird, bestätigen auch unsere empirischen Arbeiten im Elementarbereich: Kindergartenkinder sind auch beim Experimentieren sehr wissbegierig und wollen durch ständige „Warum-Fragen“ Erklärungen einfordern (vgl. LÜCK 2000).

Aber aus welchem Grund bleiben bei Grundschulern die Fragen nach dem „Warum“ zumeist aus? Bei Schülern im Anfangsunterricht steht vielmehr die eigene Aktivität, also das „Tun“ und hier speziell das Herstellen von Dingen im Vordergrund. Folgende – sich auch durchaus widersprechende – Argumente werden für das Ausbleiben der Fragen verantwortlich gemacht:

In der Entwicklungspsychologie wird eine an Stadien gebundene Entwicklung und Persönlichkeit postuliert. In jedem Stadium entstehen neue Bedürfnisse und Konflikte, die bewältigt werden müssen. Der Übergang von einer zur nächsten Phase ist biologisch (durch körperliche Reifung) determiniert. Ein Stadium muss jedoch noch nicht vollständig abgeschlossen sein, bevor das nächste beginnt. Nach FREUD wird keine Phase jemals vollständig aufgegeben.

FREUD postuliert, dass mit fünf Jahren die Persönlichkeit weitestgehend entwickelt ist. Das Kind hat bereits einige Konflikte bewältigt und gerät in die „Latenzphase“, die bis zur Pubertät anhält.

Grundschul Kinder haben die Phase der Suche nach Geborgenheit und Sicherheit durch Beantwortung ihrer Fragen durch die erwachsenen Bezugspersonen möglicherweise durchlebt. Sie haben sich weiter entwickelt und sind mit sich und ihrer Umwelt im Einklang. Die Fragen nach dem „Warum“ bleiben daher weitgehend aus!

Wird dieser Entwicklungsschritt weniger positiv begleitet, könnte ein anderer Grund darin liegen, dass die Fragen der Kinder im Vorschulalter ignoriert, sehr knapp oder mangels eigener Kenntnisse falsch beantwortet wurden. Dies hinterlässt nicht nur Enttäuschung bei den Kindern, sondern führt evtl. auch dazu, dass die Wissbegier mit Beginn der Schulzeit allmählich zurückgeht (vgl. SCHNABEL & BENSEL 1999, S. 22). Gerade FREUD hebt die Rolle der Emotionen als Triebkräfte der Entwicklung von Persönlichkeit und Kognition hervor. Entsteht Frustration, wenn Personen oder Vorgänge ein unmittelbares Umsetzen der Bedürfnisse verbieten (hier das Stillen der Wissbegier), muss das Kind diesen Konflikt lösen und sich weiter entwickeln.

Eine umfassende Bestätigung unserer Beobachtungen und vorzügliche Ansätze zur Interpretation selbiger haben wir letztlich beim Studieren der psychoanalytischen Theorien ERIKSONs gefunden. ERIKSON führte – als Ergänzung zur FREUDschen Theorie – acht psychosoziale Phasen ein, die den gesamten Lebenszyklus umfassen. Darüber hinaus untersuchte er – über FREUD hinausgehend – die Entwicklung der Identität und erarbeitete Methoden, die über die strukturierte psychoanalytische Situation mit Erwachsenen hinausreichen (vgl. MILLER 1993, S. 154). Auch ERIKSONs Theorie zufolge muss ein Individuum in jedem Stadium eine Krise bewältigen, aus der das Erreichen des nächsten Entwicklungsstadiums hervorgerufen und der Radius seiner Beziehungen immer weiter ausgedehnt wird (vgl. OERTER & DREHER 2002, S. 266).

Einige Gesetzmäßigkeiten bestimmen im Entwicklungsverlauf die Abfolge von Möglichkeiten der signifikanten Interaktion mit den für das Kind wichtigen Personen. Zunächst kann sich das Kind nur über Laute äußern. Später beginnt das Kind zu sprechen und verspürt die Lust an der sprachlichen Kommunikation beim Herausbilden der Beziehungen zu den Eltern und anderen wichtigen Bezugspersonen (ERIKSON). Die

Gesellschaft unterstützt das Kind in seinem Entwicklungsprozess, indem sie fordert, dass das Kind sich dem „Reifeprozess“ angemessen verhält und nun fragt, statt zu weinen, wenn es etwas will (vgl. MILLER 1993, S. 153ff.). Ein natürlicher weiterer Schritt wäre die Verselbständigung der Kinder, sobald die motorischen Fähigkeiten entsprechend ausgebildet sind. Es braucht dann nicht mehr alles zu erfragen, sondern kann sich die Antworten selbständig erarbeiten, durch Ausprobieren, etc. Die Interaktionsmöglichkeiten verändern sich und die Gesellschaft müsste wiederum darauf reagieren, indem sie das eigene „Tun“ des Kindes unterstützt.

Körperliche Reifung und die Anforderungen der Gesellschaft erzeugen nach ERIKSON Krisen oder Kernprobleme, die das Kind bewältigen muss. Das Ziel ist dabei immer, ein günstiges Verhältnis von zwei Polen zu erreichen. „Wenn alles gut geht, wird das Gefühl des Kindes für seine Identität am Ende einer jeden Phase auf einer neuen Ebene bestätigt“ (MILLER 1993, S. 158). Krise bedeutet also nach ERIKSON, dass sich das Individuum zwischen zwei Extremen (im Sinne von Wendepunkten) zurechtfinden muss, um einen positiven Entwicklungsimpuls zu erlangen.

Kinder im Alter von vier bis fünf Jahren (Phase 3: „Initiative vs. Schuldgefühl“) wollen sich nach ERIKSON einen „Weg bahnen“ und „mit anderen konkurrieren“, sie wollen durch physischen Angriff in die Welt eindringen. Das zeigt sich in folgenden Verhaltensweisen: Eindringen in die Ohren und das Bewusstsein anderer durch aggressives Reden, das Eindringen in den Raum durch kraftvolles Umherlaufen und das Eindringen in das Unbekannte durch eine unersättliche Wissbegier. Unterstützt werden diese Verhaltensweisen durch eine zunehmende Mobilität, körperliche Geschicklichkeit, Sprachvermögen, kognitive Fertigkeiten und kreative Phantasie (vgl. ebd., S. 161).

Für Kinder im Alter von sechs Jahren bis zur Pubertät (Phase 4: „Werksinn vs. Minderwertigkeitsgefühl“) beginnt das Lebensalter des Unternehmmergeistes. Es ist der Eintritt in die technologische Zivilisation. Der Schuleintritt konfrontiert sie mit einer neuen Umgebung und neuen, interessanten Dingen, wie Lehrbüchern, Landkarten, Mikroskopen, etc. Die Kinder wollen nun in die größere Welt des Wissens und der Arbeit eintreten (vgl. ebd., S. 162). „*Ich bin, was ich lerne*“! Mit dieser Aussage charakterisiert ERIKSON die Persönlichkeit des Kindes in dieser Lebensphase. Das Kind fordert nun, dass ihm gezeigt wird, „*wie es sich mit etwas beschäftigen und wie es*

mit anderen zusammen tätig sein kann“ (vgl. ERIKSON 1997, S.98). Das Kind strebt danach, etwas zu beherrschen.

ERIKSON beschreibt in seinem Essay „Wachstum und Krisen der gesunden Persönlichkeit“, wie nun im Grundschulalter der Wissensdrang der Vorschulzeit (die Zeit der „Initiative“) vom „Werksinn“ abgelöst wird. In diesem Lebensabschnitt haben die Kinder den Wunsch und auch den Anspruch, *„etwas machen zu können und es sogar gut und vollkommen zu machen“* (ebd., S. 102). Doch wo ist die Wissbegier der früheren Jahre geblieben, die dem Kind einen Zugang zum Erwachsenenleben eröffnen sollte (vgl. LÜCK 2005, S. 24)? Nach ERIKSON *„sublimiert“* das Kind den Wunsch, alsbald erwachsen werden zu wollen und fragt daher nicht mehr *„[...] (d.h. es wendet seine Energie auf nützlichere Beschäftigungen und anerkannte Ziele); es lernt sich Anerkennung zu verschaffen, indem es Dinge produziert. Es entwickelt Fleiß, d.h. es passt sich den anorganischen Gesetzen der Werkzeugwelt an. Es kann völlig in einer Werk-Situation aufgehen. [...] Es entwickelt eine Lust an der Vollendung eines Werks durch Stetigkeit und ausdauernden Fleiß. Die Gefahr dieses Stadiums ist die Entwicklung eines Gefühls von Unzulänglichkeit und Minderwertigkeit“* (ERIKSON 1997, S. 103). Dieser Konflikt, einerseits **Fleiß, Arbeitseifer** und **Leistung** und andererseits **Minderwertigkeitsgefühl** kann positiv aufgelöst werden, *„wenn die Erfahrungen des Kindes dazu führen, dass es, wenn es nützliche Fertigkeiten und Aufgaben in Angriff nimmt, ein Gefühl der Kompetenz entwickelt“* (BERK 2005, S. 430).

Die Beobachtungen unserer empirischen Untersuchungen kombiniert mit ERIKSONS Interpretationsansätzen könnten im Hinblick auf den Anfangsunterricht für positive Veränderungen sorgen. So würde eine verstärkte Implementierung naturwissenschaftlicher Experimente in der Schulpraxis dazu beitragen, den Schülern das Gefühl zu vermitteln, *„geschickt, kompetent und sachkundig zu sein“* (MILLER 1993, S. 162). Experimente fördern darüber hinaus die – für diesen Lebensabschnitt so wichtige – eigene Aktivität der Kinder und erfordern Fleiß und Ausdauer. *„Eine Gefahr in dieser Phase ist die, ein Minderwertigkeitsgefühl zu entwickeln, das sich in dem traurigen Pessimismus von Kindern ausdrückt, die nur wenig Zuversicht in ihre eigenen Fähigkeiten haben, Aufgaben gut zu bewältigen“* (BERK 2005, S. 431). Daher ist es von großer Bedeutung, dass alle Experimente immer erfolgreich durchführbar sind, damit es möglichst nicht zu Misserfolgen kommt. In Bezug auf die Wissbegier der Schüler im

Anfangsunterricht zeichnet sich eine Latenzphase ab. Diese zu akzeptieren und lernpsychologisch gekonnt umzusetzen, stellt eine Herausforderung für die pädagogischen Konzepte der Zukunft dar. Im Hinblick auf die Behandlung von Themen zur unbelebten Natur im Schulunterricht lässt sich daher schlussfolgern, dass die Deutungen der Phänomene in einem reduzierten Umfang thematisiert werden sollten und anstelle dessen viel mehr Wert auf die Durchführung eines Experiments gelegt werden muss!

5 Zusammenfassung und Ausblick

Das Ziel der vorliegenden empirischen Untersuchung bestand darin, einen an den Elementarbereich anschlussfähigen Sachunterricht mit Themen der unbelebten Natur zu entwickeln. Denn besonders der Übergang vom Elementarbereich in die Primarstufe stellt für Kinder einen völlig neuen Lebensabschnitt dar. Sie erreichen eine Entwicklungsphase, in der grundlegende Fähigkeiten und Fertigkeiten für den Umgang mit sich und der Umwelt erworben werden. Die verbale Kommunikation perfektioniert sich zusehends und es sind vor allem Naturphänomene, für die sie sich interessieren (vgl. SCHNABEL & BENSEL 1999, S. 22ff.).

Den Ausgangspunkt der Untersuchung bildete eine Analyse des derzeitigen Ist-Zustandes bzgl. Art und Umfang der Vermittlung chemischer und physikalischer Phänomene im Kindesalter. Lange Zeit hatte man ein unzureichendes Verständnis von der Bedeutung kindlichen Lernens, doch neue Erkenntnisse betonten immer wieder die immense Bedeutung der Bildungsprozesse in der frühen Kindheit für den gesamten weiteren Bildungsweg. Dies führte zur landesweiten Einführung von Bildungsplänen für den Kindergarten, wodurch eine ungeahnte Bildungsoffensive im frühpädagogischen Bereich entfacht wurde. Unsere Analyse der Bildungspläne zeigt, dass mittlerweile in ganz Deutschland Themen zur unbelebten Natur zum Bildungsinhalt in Kindergärten zählen. Diese Tatsache wäre vor zehn Jahren noch undenkbar gewesen. Doch wird die begonnene Heranführung an die unbelebte Natur im Anfangsunterricht der Primarstufe nahtlos fortgesetzt? Die Analysen der deutschen Sachunterrichts-Lehrpläne und die Auswertung der Klassenbücher haben gezeigt, dass chemische und physikalische Themen im Anfangsunterricht der Grundschule immer noch ein Schattendasein führen. Dabei wäre eine nahtlose Anknüpfung an die ersten experimentellen Erfahrungen aus dem Elementarbereich besonders wichtig, um ein anschlussfähiges Wissen aufzubauen und gleichzeitig einen kontinuierlichen Bildungsprozess zu sichern. Auch der Vergleich der entsprechenden Bildungsvorgaben für den Elementar- und Primarstufenbereich der einzelnen Bundesländer zeigt, dass relativ selten überzeugende Konzepte bzgl. eines kontinuierlichen Aufbaus chemischer und physikalischer Themen erkennbar sind. Manche Bundesländer sehen für den Anfangsunterricht überhaupt keine Inhalte zur unbelebten Natur vor, so dass das im Elementarbereich geweckte Interesse erst einmal

blockiert wird. Bisweilen kommt es auch zu unnötigen Wiederholungen einzelner Themen, so dass die Gefahr der Unterforderung besteht.

Damit schon in den ersten Grundschuljahren die Heranführung an naturwissenschaftliche Themen gewährleistet werden kann, wurden im Rahmen dieser Arbeit konkrete Vorschläge für die praktische Umsetzung von Experimentiereinheiten („Module“) im Unterrichtsalltag erarbeitet und anschließend in vier Grundschulklassen evaluiert.

Nach der Durchführung und Auswertung der Experimentierstunden in Bielefelder Grundschulen lässt sich zusammenfassend sagen: Grundschul Kinder im Alter von sechs bis acht Jahren zeigen eine hohe Erinnerungsleistung an chemische Experimente, gleichzeitig nimmt jedoch das Interesse an der naturwissenschaftlichen Deutung – im Vergleich zum Elementarbereich – deutlich ab!

Zu dieser Erkenntnis kamen wir nach der Überprüfung der Hypothesen nach (1) dem Interesse, (2) der Einsetzbarkeit im Unterricht und (3) dem (nachhaltigen) Eindruck. Diese drei Hypothesen wurden mit Hilfe verschiedener Methoden evaluiert. Dabei zeigte sich, dass die Schüler beim Experimentieren eine große Begeisterung entwickeln, dass sich unter Berücksichtigung eindeutig deklarerter Rahmenbedingungen praxistaugliche Experimente entwickeln lassen und dass sich die Schüler selbst vier Monate nach Beginn der Experimentiereinheiten noch detailliert an die meisten Versuche erinnern können.

Darüber hinaus hat sich im Rahmen unserer Untersuchungen ein bemerkenswerter entwicklungspsychologischer Aspekt herauskristallisiert, den wir in einer weiteren Hypothese (4) generierten: Beim Übergang vom Elementar- in den Primarstufenbereich kommt es beim Herangehen der Kinder an unbekannte Sachverhalte zu gravierenden Veränderungen. Während Kindergartenkinder wissbegierig sind und durch „Warum-Fragen“ Erklärungen zu den auftretenden Phänomenen einfordern, steht bei Grundschulkindern die eigene Aktivität im Vordergrund. Fragen nach dem „Warum“ bleiben – trotz spannender und eindrucksvoller Experimente – zumeist aus.

Der Psychoanalytiker ERIKSON liefert in seinen Theorien zur Entwicklung der Persönlichkeit einen plausiblen Erklärungsansatz für diese unterschiedlichen Herangehensweisen der Kinder im Vor- und Grundschulalter: In der Grundschule befinden sich die Kinder in der Phase des „Werksinns“. ERIKSONS detaillierte Beschreibungen zum

„Werksinn“ decken sich dabei mit unseren Beobachtungen: Die Kinder wollen nun nicht mehr – wie im Elementarbereich – groß und erwachsen werden, sondern sie wollen etwas *tun*. Sie wollen werkend an der Gesellschaft teilhaben, etwas machen, etwas produzieren und nach Hause tragen. Dabei treten die Fragen nach der Deutung der Phänomene in den Hintergrund.

Bei der bislang relativ geringen Stichprobenanzahl sind mit Sicherheit weitere vertiefende Untersuchungen zur Überprüfung der Hypothese (4) notwendig. Dennoch, im Rahmen unserer Unterrichtseinheiten haben wir die Schüler intensiv beobachtet: Bei der Durchführung der Experimente waren sie sehr konzentriert und entwickelten Ausdauer und Geduld. Wenn wir die Phänomene dann erklärt haben, stießen wir auf ablehnendes Interesse: Die Aufmerksamkeit der Schüler nahm erkennbar ab. Die Untersuchungsergebnisse weisen dennoch auf eine hohe Erinnerungsrate an die Deutung der Experimente hin. Entweder nehmen die Schüler trotz geringerer Aufmerksamkeit die Erklärungen auf oder sie erschließen sie sich auf ihre eigene Art und Weise, zum Beispiel im Tun – durch die eigenständige Auseinandersetzung mit dem Phänomen. Eine Hypothese, der in Folgeuntersuchungen nachgegangen werden muss.

Wenn sich unsere Hypothese bestätigt, dann müssen wir mehr auf die Bedürfnisse der Schüler eingehen, also deren Drang nach Aktivität fördern. Dazu eignen sich besonders gut Experimente zur unbelebten Natur. Sie erfüllen nahezu alle Bedürfnisse, die Kinder in dem Alter haben: So fördern Experimente die eigene Aktivität, das selbständige Handeln und die kognitive Auseinandersetzung mit Phänomenen der Umwelt. Dabei sollten im Anfangsunterricht aber nicht die theoretischen Erklärungen im Vordergrund stehen und zu viele konkrete Anleitungen gegeben werden. Es ist wichtig, sich bei Instruktionen auch zurück nehmen zu können, die Schüler eigenständig und explorativ experimentieren zu lassen, so dass sie für sich selbst Fragen stellen und darauf Antworten suchen können. Ganz im Sinne von SCHÄFER, der das entdeckende und forschende Lernen präferiert, bei dem sich das Kind selbst bildet, indem es sich eigenständig und ohne größere Vorgaben von außen mit Naturphänomenen auseinandersetzt (vgl. SCHÄFER 2003, S. 181ff.). Dennoch halten wir es für richtig, hin und wieder etwas vorzugeben, ein Experiment vorzustellen und Materialien bereit zu halten und damit dem Kind gewissermaßen die Möglichkeit zu geben, sich mit Phänomenen der unbelebten Natur auseinander setzen zu können. Hierbei handelt es sich in der Regel

um bereits erprobte Experimente, wodurch sichergestellt wird, dass es sich um ein qualitativ hochwertiges Bildungsangebot handelt. Eine geeignete Lösung stellt sicherlich ein Mittelweg zwischen der Angebotspädagogik (Instruktionen) und dem entdeckenden Lernen dar: Die Förderung des entdeckenden Lernens unterstützt durch gezielte Experimentierangebote. Wenn möglich, sollte dabei allen Fragen und Vorschlägen der Kinder, die sich beim Experimentieren entwickelt haben, nachgegangen werden. Zumeist entwickelt sich das Interesse der Kinder beim Experimentieren im naturwissenschaftlichen Sinne, aber manchmal eben auch nicht.

Die Beobachtungen und Ergebnisse unserer Untersuchungen haben uns veranlasst, Rahmenbedingungen für Experimente im Anfangsunterricht zu postulieren: Die Experimente müssen auch bei größeren Gruppen völlig ungefährlich und sicher sein. Die eingesetzten Materialien sollten aus dem Alltag stammen. Denn erst wenn sie für den Lehrer und auch für die Schüler einfach erhältlich sind, wird der Einsatz im Unterricht und die Möglichkeit der außerschulischen Wiederholbarkeit garantiert. Einmalige universitäre Aktionen sind vielleicht motivationsfördernd, sorgen aber nicht für die gewünschte und notwendige Kontinuität der Auseinandersetzung mit Phänomenen der unbelebten Natur im Schulunterricht. Alle Schüler müssen die Möglichkeit erhalten, sich beim Experimentieren aktiv zu beteiligen. Geeignet erscheint uns dafür das Experimentieren in Kleingruppen von bis zu vier Schülern. Neben selbständigem Experimentieren werden hierbei auch soziale Komponenten wie Teamfähigkeit und Kreativität gefördert. Die naturwissenschaftliche Deutung sollte immer begleitend erarbeitet werden, jedoch muss das Experiment an sich im Vordergrund stehen! Besonders geeignet erscheinen uns Experimente, die produktorientiert ausgelegt sind, bei denen also etwas hergestellt wird. Beispiele hierfür sind das Filzstift-Chromatogramm oder das selbst hergestellte Parfum. Experimentelle Problemstellungen, wie das Lösen einer Detektivgeschichte durch einfache Analysemethoden, machen den Schülern nicht nur Spaß, sondern fördern auch kausal logisches Denken. Die Experimente zur unbelebten Natur sollten gut in den Sachunterricht eingebaut werden können und thematisch mit anderen Bereichen interdisziplinär verknüpfbar sein.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass in Deutschland für den Bereich der unbelebten Natur insgesamt ein falsches Bildungskonzept Gültigkeit hat, das die lern- und entwicklungspsychologischen Voraussetzungen der Kinder nicht genügend berücksichtigt.

Im Kindergarten wird – wenn überhaupt – nur das Phänomen präsentiert und weitgehend auf die Erklärungen verzichtet, weil angenommen wird, dass die Kinder nicht logisch denken können. In der Grundschule, wenn für die Schüler das Herstellen und Produzieren im Vordergrund steht, wird ihnen ausführlich das „Warum“ erklärt. In der Adoleszenz stecken die Schüler zu Beginn des Chemieunterrichts mitten in der Pubertät. Bis zu diesem Zeitpunkt wurde das naturwissenschaftliche Interesse nur bedingt gefördert, ist aber dennoch vorhanden, wie Untersuchungen zeigen⁸³. Auf jeden Fall mangelt es an Grundlagenwissen. Beginnt der Chemieunterricht in der siebten Klasse dann sofort mit abstrakten Themen, wird das Interesse abrupt gestoppt. Unverständlichkeit und ein fehlender Bezug zur direkten Umwelt führen zu einer ablehnenden Haltung. Dies ist sicherlich auch der Hauptgrund dafür, dass Chemie und Physik auf der Beliebtheitsskala von Unterrichtsfächern seit Langem im hinteren Bereich rangieren.

Es wäre daher zu begrüßen, wenn es im deutschen Bildungssystem, besonders im Hinblick auf die Vermittlung von Naturwissenschaften, zu Veränderungen käme. Ein erster Schritt dazu ist vollbracht: Phänomene zur unbelebten Natur sind mittlerweile in allen deutschen Bildungsplänen für den Elementarbereich implementiert. Dies ist in der Tat der beste Zeitpunkt, um sich dem Thema anzunähern, denn genau in diesem Alter fordern die Kinder durch ihre „Warum-Fragen“ geradezu Erklärungen zu ihrer Umwelt ein. Natürlich darf es sich im Elementarbereich nicht um einen vorgezogenen Chemieunterricht handeln; im Vordergrund stehen kindgerechte Experimente, die einen Einstieg in die Welt der unbelebten Natur schaffen.

In der Grundschule mangelt es dagegen noch an Inhalten zur unbelebten Natur. Vielleicht können unsere entwickelten Module ein wenig dazu beitragen, die Lücke zwischen Elementarbereich und weiterführender Schule zu schließen, so dass in Zukunft ein kontinuierlicher Bildungsprozess gewährleistet werden kann. Beachtet werden müssen im Anfangsunterricht allerdings auch die lern- und entwicklungspsychologischen Voraussetzungen der Schüler: Sie wollen aktiv sein und eigenständig experimentieren. Umfangreiche Erklärungen der Lehrer wirken auf die Schüler eher

⁸³ Untersuchungen von HÖNER & GREIWE zeigen, dass sich die Schüler zu Beginn der siebten Klasse auf den Chemieunterricht freuen. Mit Dauer der Teilnahme wird die Einstellung zum Chemieunterricht jedoch merklich schlechter (vgl. HÖNER & GREIWE 2000, S. 25ff.).

„störend“, da sie vom Experiment ablenken. Daher erscheint uns ein experimentell ausgelegter Anfangsunterricht mit ein bisschen weniger Theorie am besten geeignet! Mit altersgerechten Inhalten und durchdachten didaktischen Konzepten lassen sich bereits in der Primarstufe wichtige Grundsteine zum Verständnis der unbelebten Natur legen, so dass zu Beginn des klassischen Chemieunterrichts auch schon komplexere Themen behandelt werden können, ohne dass das Interesse schlagartig nachlässt.

Nicht nur die Auswertungen der gewonnenen Daten, sondern auch der intensive Umgang mit den Schülern in den letzten zwei Jahren haben uns gezeigt, dass Kinder im Grundschulalter mit einer großen Euphorie experimentieren und insgesamt noch weitgehend unverfälscht, also ohne negative Vorprägungen bezüglich „Chemie“ sind. Dieses Potential der frühen Begeisterung für die Phänomene der unbelebten Natur darf nicht weiter vernachlässigt werden. Zum einen sind wir es den Kindern einfach schuldig, auf ihren Forscherdrang einzugehen und ihre Fragen zu beantworten. Zum anderen bietet sich dadurch eine wunderbare Chance zur Bildung eines naturwissenschaftlichen Fundaments, auf das im weiteren Lebensverlauf Schritt für Schritt aufgebaut werden kann. Deutschland, als eine exportorientierte Industrienation, kann es sich nicht leisten, auf bestmögliche naturwissenschaftliche Bildung zu verzichten.

Deutschland feiert 2005 das Einsteinjahr. Ein bekanntes Zitat EINSTEINs prägt dabei das Motto vieler Broschüren und Veranstaltungen: *„Wichtig ist, dass man nicht aufhört zu fragen“*. Natürlich fällt es uns schwer, Aussagen eines so genialen Physikers und Visionärs in Frage zu stellen, doch auf Schüler im Anfangsunterricht trifft dieser Satz nur bedingt zu. Dennoch entwickeln sie auch ohne das „Hinterfragen“ von Dingen Phantasie und Kreativität und sind begeistert an naturwissenschaftlichen Themen. Die Motivation dazu schöpfen sie aus ihrer Aktivität und genau in diesem Tun beantworten sie sich auch ihre eigenen Fragen. Und wenn wir die Schüler beim Experimentieren beobachten, dann stimmen unsere Eindrücke ganz mit einer weiteren Aussage EINSTEINs überein: *„Ein wirklicher Meister kann nur einer sein, der sich einer Sache mit ganzer Kraft und Seele hingibt“*.

Das Fragen hört letztendlich erst dann auf, wenn das Interesse vollständig verloren geht: Aus Frustration weil man keine Antworten bekommt (siehe Kindergarten), weil man nicht die Möglichkeit erhält, sich die Antworten selbst zu erarbeiten (siehe Anfangsunterricht) oder weil man es einfach nicht versteht (siehe Adoleszenz).

Wir sind davon überzeugt, dass es gelingt eine lang anhaltende positive Grundeinstellung zu chemischen und physikalischen Kontexten bei den Kindern hervorzurufen, wenn wir frühzeitig mit der Vermittlung von Themen zur unbelebten Natur beginnen, wenn wir kontinuierlich und behutsam darauf aufbauen und wenn wir gleichzeitig die Bedürfnisse und die entwicklungspsychologischen Voraussetzungen der Kinder in den jeweiligen Lebensabschnitten berücksichtigen.

6 Anhang

6.1 Kategorien der Interviewanalyse

Oberkategorie	Code	Unterkategorie
Lieblingsexperiment	A	Lieblingsexperiment der Experimentiereinheiten
Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente	B.1	„viel“: Detaillierte Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente.
	B.2	„mittel“: Eingeschränkte Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente
	B.3	„wenig“: Geringe bzw. keine Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente
Erinnerungsfähigkeit an die Beobachtung der Experimente	C.1	„viel“: Detaillierte Erinnerungsfähigkeit an die Beobachtung der Experimente
	C.2	„mittel“: Eingeschränkte Erinnerungsfähigkeit an die Beobachtung der Experimente
	C.3	„wenig“: Geringe bzw. keine Erinnerungsfähigkeit an die Beobachtung der Experimente
Erinnerungsfähigkeit an die Deutung der Experimente	D.1	„viel“: Detaillierte Erinnerungsfähigkeit an die Deutung der Experimente
	D.2	„mittel“: Eingeschränkte Erinnerungsfähigkeit an die Deutung der Experimente
	D.3	„wenig“: Geringe bzw. keine Erinnerungsfähigkeit an die Deutung der Experimente
„Tun“ versus „Wissbegier“	E.1	Schüler experimentiert lieber selbständig
	E.2	Schüler hört lieber die Erklärungen zu den Phänomenen, als dass er selbständig experimentiert
	E.3	Schüler mag beides: Selbständig experimentieren und hören der naturwissenschaftlichen Deutung
Außerschulische Durchführung von Experimenten	F.1	Ein Experiment aus den Experimentiereinheiten wurde zu Hause wiederholt
	F.2	Ein anderes Experiment wurde zu Hause durchgeführt
	F.3	Es wurde kein Experiment zu Hause durchgeführt

6.2 Auswertungskategorien der Interviews an Beispielen

Im Folgenden wird exemplarisch gezeigt, wie die Interviewdaten der Schüler den Kategorien B bis D zugeordnet wurden.

Kategorie B: Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente

Code	Unterkategorie
B.1	<p>„viel“: Detaillierte Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente</p> <p>Fabian (2a): <i>[...] Da haben wir auf so ein Filterpapier einen kleinen Kreis gemacht und dann ein Stück abgeschnitten, ein Loch rein und dann ins Wasser getan und dann mussten wir gucken aus welchen Farben sich das zusammengesetzt hat. Und dann hattest du noch so etwas mit einer Tresornummer vorbereitet und dann mussten wir gucken wer es war.</i></p> <p>Risch: Ich kann mich auch noch erinnern. Aber da hatten wir doch zwei schwarze Stifte.</p> <p>Fabian (2a): <i>Aber die waren verschieden gemischt.</i></p> <p>Risch: Ehrlich. Das kann man ja normalerweise gar nicht erkennen. Und wie haben wir das herausgefunden, dass die verschieden gemischt waren?</p> <p>Fabian (2a): <i>Da haben wir auch so einen Kreis gemacht und die Tresornummer genommen und man hatte drei Wasserbehälter, drei Filterpapiere auf einem stand die Tresornummer, auf einem von einem Stift der Kreis und auf dem anderen vom anderen Stift ein Kreis. Und dann mussten wir gucken, welche Farbe die Tresornummer bekam und welche Farbe die Stifte und die Farben die gleich waren und da wusste man, da war so ein Zettel dran, wie der Verdächtige hieß. Ich weiß jetzt nicht mehr genau wie der Täter hieß, aber einer war es dann auf jeden Fall.</i></p>
B.2	<p>„mittel“: Eingeschränkte Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente</p> <p>Michael: <i>Ach so, das hat auch Spaß gemacht. Da haben wir die Tinte in so einen Kaffeebehälter reingeschüttet und das mussten wir zwei Mal machen, weil das sonst nicht ganz sauber war. Beim ersten Mal war da noch ein bisschen was drin.</i></p>
B.3	<p>„wenig“: Geringe bzw. keine Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente</p> <p>Risch: [...] Jetzt fällt mir noch etwas ein, wir haben auch einmal Wasser und Öl zusammen gegeben.</p> <p>Hanne: <i>Das weiß ich eigentlich gar nicht mehr so richtig.</i></p>

Kategorie C: Erinnerungsfähigkeit an die Beobachtung der Experimente

Code	Unterkategorie
C.1	<p>„viel“: Detaillierte Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente</p> <p>Risch: [...] Da haben wir so Wasser und Öl in einen Becher getan und Öl dazu. Kannst du dich da noch daran erinnern? Hat sich das vermischt?</p> <p>Katharina: <i>Nee.</i></p> <p>Risch: Sondern? Was ist passiert?</p> <p>Katharina: <i>Das Öl ist entweder unten oder oben geblieben. Das weiß ich jetzt nicht mehr so genau.</i></p> <p>Risch: Genau. Das Wasser war unten und das Öl war oben. Und dann haben wir so Tinte darauf getan.</p> <p>Katharina: <i>Und die Tinte ist erst oben geblieben und hinterher wurde sie schwerer und ist dann runtergegangen und hat sich dann unten im Wasser vermischt.</i></p> <p>Risch: Genau. Und im Öl?</p> <p>Katharina: <i>Im Öl blieben es Tropfen.</i></p>
C.2	<p>„mittel“: Eingeschränkte Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente</p> <p>Sina: <i>Und dann einmal hat ein Kind an dem Bleistift ein Kabel gehalten und dann sieht man, dass da auch Licht, ähm Strom, drin war, weil dann auch so ein Licht aufgegangen ist.</i></p> <p>Risch: Okay. Und floss bei allen Gegenständen, die ich euch gegeben habe, der Strom? Oder gab's auch welche, wo nicht?</p> <p>Sina: <i>Nee.</i></p> <p>Risch: Kennst du noch eins, wo es nicht war?</p> <p>Sina: <i>Nee. Kenn ich nicht.</i></p> <p>Risch: Wie ist es zum Beispiel beim Luftballon?</p> <p>Sina: <i>Da war keins.</i></p> <p>Risch: Und bei Holz?</p> <p>Sina: <i>Ähm, das weiß ich nicht mehr.</i></p> <p>Risch: Und zum Beispiel beim Löffel?</p> <p>Sina: <i>Da war was, glaub ich.</i></p>

C.3	<p>„wenig“: Geringe bzw. keine Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente</p> <p>Risch: [...] Da haben wir dann so Tinte dazugegeben.</p> <p>Sina: <i>Mhm.</i></p> <p>Risch: Was ist denn mit der Tinte passiert?</p> <p>Sina: <i>Die ist lila geworden.</i></p> <p>Risch: Genau. In dem Öl auch schon? Oder erst in dem Wasser.</p> <p>Sina: <i>Ich glaube, in dem Öl auch schon.</i></p>
------------	--

Kategorie D: Erinnerungsfähigkeit an die Deutung der Experimente

Code	Unterkategorie
D.1	<p>„viel“: Detaillierte Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente</p> <p>Risch: Sind die denn nicht nass geworden?</p> <p>Jane: <i>Nee.</i></p> <p>Risch: Warum denn nicht?</p> <p>Jane: <i>Wir haben die in so ein Teelicht gestellt und dann ins Wasser und dann ein Glas drüber und untergetaucht. Und weil da ja Luft war, konnte da auch nichts rein.</i></p> <p>Risch: Wo war Luft?</p> <p>Jane: <i>In dem Glas.</i></p> <p>Risch: Wenn ich das Glas dann zum Beispiel ein bisschen schräg halte?</p> <p>Jane: <i>Dann kommt Wasser rein.</i></p> <p>Risch: Warum kommt denn da Wasser rein?</p> <p>Jane: <i>Weil dann da eine Lücke ist und da kann dann das Wasser da reinschießen.</i></p> <p>Risch: Und warum ist da eine Lücke? Die Luft geht also irgendwie raus, oder?</p> <p>Jane: <i>Ja.</i></p> <p>Risch: Geht die nach unten oder nach oben?</p> <p>Jane: <i>Nach oben!</i></p> <p>Risch: Warum geht die nach oben?</p> <p>Jane: <i>Weil, ... Luft leichter ist als Wasser!</i></p>

D.2	„mittel“: Eingeschränkte Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente Risch: Wenn man Wasser und Öl zusammen gibt ... Fabian: <i>Ja, wenn das Öl drin ist, dann gießt man das Wasser rein und dann glaube ich dass das Öl oben war und das Wasser unten ... oder umgekehrt ... und das hat sich nicht vermischt.</i> Risch: Das Wasser war unten und das Öl haben. Es hat sich nicht vermischt. Warum vermischt sich das nicht? Fabian: <i>Da müssen irgendwelche Stoffe drin gewesen sein in dem Öl.</i>
D.3	„wenig“: Geringe bzw. keine Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente Risch: [...] Dann haben wir auch mal was mit Rotkohlsaft gemacht. Benedikt: <i>Da haben wir Sachen gemischt und dann ist das zu einer bestimmten Farbe geworden.</i> Risch: Und was haben wir so gemischt? Benedikt: <i>Rotkohlsaft und Waschmittel und Seife und Cola.</i> Risch: Was haben wir denn überprüft, was in der Cola ist? Benedikt: <i>Hm, die ist so dunkelrot geworden die Cola, weil da Zucker drin ist.</i>

6.3 Interviewdaten: Hendrik, GS Theesen, 14.03.2005

Interviewdauer: 13 Minuten (8.40 Uhr bis 8.53 Uhr)

Experimente:

1. Rotkohlsaft
2. Elektrische Leitfähigkeit („Metalle“)
3. Chromatographie
4. Schwebender Tintentropfen
5. Gummibärchen tauchen
6. Unter Wasser Gas umfüllen

Alter zum Zeitpunkt
des Interviews: 8,01 Jahre

1 RISCH: Sag mal, wie heißt du denn?
2
3 HENDRIK: Hendrik
4
5 RISCH: Hendrik, wie alt bist du?
6
7 HENDRIK: Acht!
8
9 RISCH: Kannst du dich noch erinnern an die Zeit wo ich hier in die Schule gekommen bin und mit
10 euch Experimente gemacht habe?
11
12 HENDRIK: Ja.
13
14 RISCH: Was war denn dein Lieblingsexperiment?
15
16 HENDRIK: Das mit diesem, wie heißt es gleich, oh Mann, ich vergess den Namen immer.
17
18 RISCH: Überleg mal! Du kannst es mir auch beschreiben!
19
20 HENDRIK: Das mit diesem komischen blauen und lilanem Saft ... und Waschmittel und Zitronensaft
21 und Seife.
22
23 RISCH: Super, was für Saft haben wir denn genommen? Kannst du dich noch erinnern?
24
25 HENDRIK: Rotkohlsaft!
26
27 RISCH: Und mit diesem Rotkohlsaft, wie haben wir das dann gemacht. Kannst du dich noch
28 erinnern?
29
30 HENDRIK: Immer einen Tropfen oder zwei in einen Becher.
31
32 RISCH: Und was ist dann passiert?
33
34 HENDRIK: Dann hat es irgendeine komische Farbe ergeben. Bei dem Zitronensaft rot und bei dem
35 Waschmittel gelb und ähm bei der Seife war es lila, glaube ich!
36
37 RISCH: Spitze. Aber weißt du noch, wann rot angezeigt wurde, bei welchen Stoffen, was haben wir
38 damit nachgewiesen?

39
40 HENDRIK: Da wo Säure drin war.
41
42 RISCH: Da kannst du dich ja noch gut daran erinnern. Kannst du dich noch an ein anderes
43 Experiment erinnern was wir gemacht haben?
44
45 HENDRIK: Das mit der Lampe und dem Stromkreis.
46
47 RISCH: Genau. Was haben wir da noch einmal überprüft?
48
49 HENDRIK: Ob, so ein Löffel, durch den Strom fließt oder durch Kupfer und ähm was war das noch?
50
51 RISCH: Und durch welche Gegenstände ist Strom geflossen und durch welche nicht?
52
53 HENDRIK: Durch den Löffel, durchs Kupfer glaube ich auch. War da noch eine Büroklammer dabei?
54
55 RISCH: Ja.
56
57 HENDRIK: Da durch auch.
58
59 RISCH: Und da hatten wir auch noch einen Luftballon.
60
61 HENDRIK: Dadurch nicht.
62
63 RISCH: Und durch Holz?
64
65 HENDRIK: Nein. Auch nicht!
66
67 RISCH: Du weißt ja alles. Kannst du dich noch an ein Experiment erinnern, was wir noch gemacht
68 haben?
69
70 HENDRIK: Ähm.
71
72 RISCH: Mit so Filterpapier.
73
74 HENDRIK: Genau. Da habe ich mal Schwarz ausprobiert, da kommen nicht so viele Farben raus.
75
76 RISCH: Da haben wir so eine Detektivgeschichte gemacht.
77
78 HENDRIK: Genau. Mit der Tresornummer.
79
80 RISCH: Genau, was haben wir da noch einmal herausgefunden?
81
82 HENDRIK: Das ... oh wie heißen die?
83
84 RISCH: Wir hatten so zwei Verbrecher. Einer hieß Ede und einer hieß Klaus.
85
86 HENDRIK: Genau.
87
88 RISCH: Und die haben beide einen schwarzen Stift benutzt.
89
90 HENDRIK: Und der sah genau gleich aus.
91
92 RISCH: Und was war dann auf unserem Filterpapier?
93
94 HENDRIK: Dann wurden die so ganz komisch.
95
96 RISCH: Was wurden die?
97

98 HENDRIK: Wir hatten dann jeder so einen Stift und dann hatten wir damit einmal mit einem auf einen
99 Filter gemalt und dann gewartet und dann noch mit dem anderen und dann noch so eine
100 Tresornummer.
101
102 RISCH: Und was haben wir dann verglichen?
103
104 HENDRIK: Die Tresornummer mit den anderen.
105
106 RISCH: Wir hatten ja zwei schwarze Stifte und ist dann bei beiden dasselbe herausgekommen?
107
108 HENDRIK: Nein. Die waren ja alles beide andere Hersteller.
109
110 RISCH: Was hat der Hersteller denn gemacht, was man vorher gar nicht wusste?
111
112 HENDRIK: Die Farben gemischt. ... Ein Hersteller war nämlich dieser STABILO.
113
114 RISCH: Klasse. Und dann fällt mir noch als letztes ein, wir haben versucht Wasser und Öl zu
115 mischen.
116
117 HENDRIK: Aha ja, genau. Das hat aber nicht gut geklappt. Die haben sich dann getrennt, dann war das
118 Wasser unten und das Öl oben. Dann haben wir dann Tinte reingemacht und die Tinte hat
119 sich in dem Öl ganz klein gemacht und unten in dem Wasser dann ist es so aufgegangen.
120 Also das Wasser und das Öl verstehen sich nicht gut, aber die Tinte mit dem Öl versteht
121 sich auch nicht gut, aber die Tinte mit dem Wasser versteht sich ganz gut.
122
123 RISCH: Spitze! Ganz am Anfang da haben wir Gummibärchen tauchen lassen.
124
125 HENDRIK: Ach so ja. Da war das Holz auch sehr schnell. Weil das ja ganz voll war.
126
127 RISCH: Kannst du dich noch erinnern, warum diese Gummibärchen tauchen konnten? Das war ja so
128 eine Schale mit Wasser und da haben wir so ein Bötchen genommen und Gummibärchen
129 hineingesetzt. Und dann haben wir so einen Becher genommen.
130
131 HENDRIK: Weil das da drinnen Luft war.
132
133 RISCH: Und was hat die Luft bewirkt?
134
135 HENDRIK: Konnten sie nicht nass werden!
136
137 RISCH: Spitze.
138
139 HENDRIK: Und man kann Luft umfüllen.
140
141 RISCH: Wie haben wir das denn gemacht?
142
143 HENDRIK: Eine Schale und dann rein und den zweiten auch und einen dann schräg gemacht.
144
145 RISCH: Und warum ist die Luft dann rausgegangen?
146
147 HENDRIK: Weil dann Wasser reinkam!
148
149 RISCH: Und wenn man schräg hält dann geht die Luft raus!
150
151 HENDRIK: Genau.
152
153 RISCH: Und warum geht die Luft raus?
154
155 HENDRIK: Weil Wasser reinkommt!
156

157 RISCHE: Und geht die Luft nach unten oder nach oben!
158
159 HENDRIK: Nach oben!
160
161 RISCHE: Und warum?
162
163 HENDRIK: Weil es Luftblasen sind.
164
165 RISCHE: Sind die leichter oder schwerer als Wasser?
166
167 HENDRIK: Leichter! Sonst würde Wasser nicht so schwer sein!
168
169 RISCHE: Stimmt. Hast du auch einmal zu Hause ein Experiment gemacht?
170
171 HENDRIK: Ja, das mit dem Kaffeefilter. Das geht mit einem braunen auch!
172
173 RISCHE: Machst du manchmal Experimente zu Hause?
174
175 HENDRIK: Manchmal.
176
177 RISCHE: Was macht dir denn mehr Spaß? Wenn du selber experimentieren darfst oder wenn ich
178 euch erklärt habe warum das so ist?
179
180 HENDRIK: Wenn man das selber macht.
181
182 RISCHE: Weißt du schon was du später mal werden willst?
183
184 HENDRIK: Puh! Sitzverkäufer das was mein Vater ist.
185
186 RISCHE: Der verkauft Sitze?
187
188 HENDRIK: Und repariert sie auch!
189
190 RISCHE: Fällt dir noch irgendetwas ein zu unseren Experimentierstunden?
191
192 HENDRIK: Nein.
193
194 RISCHE: Vielen Dank! Das hast du toll gemacht.

6.4 Interviewdaten: Jane, GS Theesen, 14.03.2005

Interviewdauer: 14 Minuten (10.40 Uhr bis 10.54 Uhr)

Experimente:

1. Metallstromkreis
2. Gummibärchen tauchen
3. Chromatographie
4. Rotkohlsaft
5. Mischbarkeit (Wasser + Öl)
6. Schwebender Tintentropfen
7. Aktivkohle

Alter zum Zeitpunkt
des Interviews: 8,05 Jahre

1 RISCH: Jane, wie alt bist du denn?
2
3 JANE: Acht.
4
5 RISCH: Wirst du noch Neun in diesem Jahr?
6
7 JANE: Ja.
8
9 RISCH: Sag mal, kannst du dich noch an die Zeit erinnern wo ich immer zu euch gekommen bin
10 und Experimente gemacht habe?
11
12 JANE: Ja.
13
14 RISCH: Was war denn dein Lieblingsexperiment?
15
16 JANE: Wo wir das ganze verbunden haben. Diesen ... äh ... weiß gar nicht mehr wie das heißt.
17
18 RISCH: Genau da haben wir so mehrere Sachen zusammengelegt. Und was ist dann passiert?
19
20 JANE: Dann ist da irgendwie so Strom durch.
21
22 RISCH: Da haben wir so eine Batterie zusammengeschlossen und dann haben wir so mehrere
23 Sachen zusammengelegt und was ist dann passiert, wenn alles richtig zusammen lag?
24
25 JANE: Dann war da so ein Ventilator.
26
27 RISCH: Und der hat sich dann gedreht. Welche Sachen leiten denn den Strom?
28
29 JANE: Ähm, Metall!
30
31 RISCH: Kennst du ein Metall? Ist das hier ein Metall? (*Anm.: Interviewer zeigt auf den Holztisch*)
32
33 JANE: Nee.
34

- 35 RISCH: Und da der Ständer ist das ein Metall? (*Anm.: Interviewer zeigt auf einen verchromten*
36 *Kartenhalter*)
37
- 38 JANE: Ja.
39
- 40 RISCH: Und ein Luftballon?
41
- 42 JANE: Nein. Das ist Gummi.
43
- 44 RISCH: Metalle leiten den Strom?
45
- 46 JANE: Manche.
47
- 48 RISCH: Welche denn nicht?
49
- 50 JANE: Nägel leiten nicht ganz so gut.
51
- 52 RISCH: Kannst du dich noch an ein anderes Experiment erinnern?
53
- 54 JANE: Ja, wo die Gummibärchen getaucht haben.
55
- 56 RISCH: Sind die denn nicht nass geworden?
57
- 58 JANE: Nee.
59
- 60 RISCH: Warum denn nicht?
61
- 62 JANE: Wir haben die in so ein Teelicht gestellt und dann ins Wasser und dann ein Glas drüber und
63 untergetaucht. Und weil da ja Luft war, konnte da auch nichts rein.
64
- 65 RISCH: Wo war Luft?
66
- 67 JANE: In dem Glas.
68
- 69 RISCH: Wenn ich das Glas dann zum Beispiel ein bisschen schräg halte?
70
- 71 JANE: Dann kommt Wasser rein.
72
- 73 RISCH: Warum kommt denn da Wasser rein?
74
- 75 JANE: Weil dann da eine Lücke ist und da kann dann das Wasser da reinschießen.
76
- 77 RISCH: Und warum ist da eine Lücke? Die Luft geht also irgendwie raus, oder?
78
- 79 JANE: Ja.
80
- 81 RISCH: Geht die nach unten oder nach oben?
82
- 83 JANE: Nach oben!
84
- 85 RISCH: Warum geht die nach oben?
86
- 87 JANE: Weil, ... Luft leichter ist als Wasser!
88
- 89 RISCH: Klasse! Einmal haben wir noch etwas mit so einer Verbrechergeschichte gemacht, mit so
90 Filterpapier. Kannst du dich da noch daran erinnern?
91
- 92 JANE: Ja.
93

- 94 RISCH: Wie funktionierte das noch einmal?
95
- 96 JANE: Also, wir haben zwei Stifte gekriegt und auf dem einen stand Ede und auf dem anderen
97 stand Klaus, glaube ich. Und dann mussten wir das auf so einen Kaffeefilter schreiben und
98 dann mussten wir ein Loch reinschneiden und ein bisschen was vom Kaffeefilter
99 abschneiden und dann haben wir daraus so einen Streifen gemacht und den durchs Loch
100 gesteckt und den dann aufs Glas gelegt.
101
- 102 RISCH: Vorher hatten wir ja zwei schwarze Stifte, die schrieben ja eigentlich gleich. Und was
103 konnte man dann erkennen, nachdem wir das Filterpapier in Wasser gehalten haben?
104
- 105 JANE: Der eine Stift wurde zum Beispiel aus ...
106
- 107 RISCH: Sahen die beide gleich aus dann?
108
- 109 JANE: Nein.
110
- 111 RISCH: Warum?
112
- 113 JANE: Die wurden aus verschiedenen Farben gemischt.
114
- 115 RISCH: Und das wussten wir vorher noch nicht. Und das Wasser nimmt also die schwarze Farbe
116 und dann?
117
- 118 JANE: Dann, ...
119
- 120 RISCH: Irgendwas muss das Wasser ja mit der schwarzen Farbe machen! Weil am Ende haben wir
121 ja unterschiedliche Farben. ... Bleibt das Wasser auf dem Kaffeefilter stehen?
122
- 123 JANE: Nee, das fließt nach außen.
124
- 125 RISCH: Und nimmt dann die verschiedenen Farben mit und die bleiben dann irgendwann stehen.
126 Mit so Rotkohlsaft haben wir auch noch einmal etwas gemacht.
127
- 128 JANE: Da haben wir ausprobiert was viel Säure hat und was wenig.
129
- 130 RISCH: Wahnsinn! Und was hat viel Säure?
131
- 132 JANE: Zitrone.
133
- 134 RISCH: Und wie war dann die Farbe?
135
- 136 JANE: Rot.
137
- 138 RISCH: Da hatten wir auch noch Waschpulver und Backpulver. War das dann auch rot?
139
- 140 JANE: Nee. Waschpulver war bei uns, glaube ich, blau oder grün.
141
- 142 RISCH: Genau. Und da fällt mir doch noch eins ein. Öl und Wasser haben wir einmal gemischt.
143
- 144 JANE: Ja. Und da ist das Öl oben gewesen und das Wasser unten.
145
- 146 RISCH: Lässt sich Öl und Wasser nicht so gut vermischen?
147
- 148 JANE: Nee.
149
- 150 RISCH: Und da haben wir dann Tinte darauf gegeben. Kannst du dich daran erinnern?
151
- 152 JANE: Ja.

153
154 RISCH: Wie verhielt sich denn die Tinte in dem Öl. Hat sich die Tinte mit dem Öl vermischt?
155
156 JANE: Nein.
157
158 RISCH: Das war so ein Tropfen. Ist der Tintentropfen dann im Öl stehen geblieben?
159
160 JANE: Der ist immer weiter geflossen, bis zum Wasser.
161
162 RISCH: Und dann?
163
164 JANE: Dann hat er sich ausgebreitet bei uns. Dann wurden das so mehrere Striche.
165
166 RISCH: Also in Wasser konnte sich Tinte vermischen?
167
168 JANE: Ja.
169
170 RISCH: Spitze! Und einmal haben wir noch so Tintenwasser genommen und mit so einem
171 schwarzen Pulver. Da wollten wir die Tinte wieder reinigen. Kannst du dich da noch daran
172 erinnern?
173
174 JANE: Ja.
175
176 RISCH: Was war da noch einmal? Da haben wir so schwarzes Pulver zu der Tinte getan und dann
177 umgerührt und durch so einen Filter laufen lassen.
178
179 JANE: Und dann haben wir das wieder getrennt.
180
181 RISCH: Warum hat das wohl geklappt? Irgendwie war die Tinte dann nicht mehr im Wasser drin?
182
183 JANE: Das Pulver hat die Tinte festgehalten.
184
185 RISCH: Hast du auch einmal zu Hause ein Experiment gemacht?
186
187 JANE: Nee.
188
189 RISCH: Hast du denn überhaupt schon einmal ein Experiment zu Hause gemacht?
190
191 JANE: Ja. Weiß ich aber nicht mehr!
192
193 RISCH: Sag mal, wenn wir so Experimente gemacht haben. Was hat dir denn da mehr Spaß
194 gemacht, wenn du selber experimentieren konntest oder wenn ich euch den Versuch erklärt
195 habe, wir also darüber gesprochen haben?
196
197 JANE: Beides.
198
199 RISCH: Weißt du schon was du einmal werden willst später im Leben? Hast du schon einen
200 Berufswunsch?
201
202 JANE: Lehrerin vielleicht!
203
204 RISCH: Da freuen sich die Schüler, wenn sie einmal so eine kluge Lehrerin bekommen wie dich!
205 Vielen Dank!

6.5 Interviewdaten: Johannes, GS Wellensiek, 07.07.2004

Interviewdauer: 11 Minuten (08.05 Uhr bis 08.16 Uhr)

Experimente:

1. Metallstromkreis
2. Gummibärchen tauchen
3. Chromatographie
4. Rotkohlsaft
5. Mischbarkeit (Wasser + Öl)
6. Schwebender Tintentropfen
7. Aktivkohle

Alter zum Zeitpunkt
des Interviews: 7,01 Jahre

1 RISCH: Johannes, wie alt bist du denn?
2
3 JOHANNES: Sieben.
4
5 RISCH: Sieben bist du? Sag mal, vor einiger Zeit da habe ich ja mit euch so Experimente
6 gemacht?
7
8 JOHANNES: Ja!
9
10 RISCH: An was kannst du dich denn noch erinnern?
11
12 JOHANNES: An das mit den Gummibären und an das was so hochschießt. Das mit den Trennungs-
13 Dingsda-Bumsda ... und sonst an nichts!
14
15 RISCH: Was war denn dein Lieblingsexperiment, wenn du mal zurückdenkst. Was hat dir am
16 meisten Spaß gemacht?
17
18 JOHANNES: Das mit dem Gummibärchen hoch schießen fand ich witzig!
19
20 RISCH: Das war mit der Brausetablettenrakete.
21
22 JOHANNES: Habe ich auch schon einmal im Fernsehen gesehen. Ich habe mir auch schon einmal mit
23 einer Flasche eine Brausepackung hinein gepackt!
24
25 RISCH: Und was passiert dann?
26
27 JOHANNES: Die ist hochgeschneilt. Das geht ab, ... man könnte auch noch ein Gummibär reinsetzen.
28
29 RISCH: Könnte man auch noch?
30
31 JOHANNES: Der würde dann wegfliegen, ... hui!
32
33 RISCH: Und kannst du mir auch erklären, warum die Flasche so hochschießt?
34

35 JOHANNES: Weil die Brausetablette die macht ja ein bisschen Wasser und ... ähm ... ein paar
36 Luftblasen und durch die Luftblasen wird das Teil dann weggedrückt, dann werden die
37 beiden auseinandergedrückt und dann fliegt das hoch.
38
39 RISCH: Das ist so ein Druck. Du sagtest mit dem Auftrennen, das das hat dir auch Spaß gemacht?
40 ... mit den Farben?
41
42 JOHANNES: Ach ja. Wo da in der Bank eingeraubt worden ist?
43
44 RISCH: Weißt du noch wie das war?
45
46 JOHANNES: Ja, die Farben ... das habe ich auch einmal selber ausprobiert. Die Farben die da so
47 gemischt sind, die gehen dann so auseinander, konnte man auch im Wasser machen, nur
48 dann würde man das nicht so gut sehen
49
50 RISCH: Welche Farben gehen dann auseinander?
51
52 JOHANNES: Kommt drauf an welche Farben?
53
54 RISCH: Wenn ich zum Beispiel eine schwarze Farbe nehme.
55
56 JOHANNES: Das weiß ich nicht! Ich weiß nur so ein paar Farben, die sind ja auch alle unterschiedlich
57 gemischt! Ich glaube auf jeden Fall, aus Orange nimmt man Gelb und Rot.
58
59 RISCH: Kannst du mir noch genau erklären, wie das ging? Ich weiß das nicht mehr so genau. Wie
60 haben wir das noch einmal gemacht mit der Farbe und dem Stift?
61
62 JOHANNES: Man hat so einen Kaffee – Dingsda – Bumsda genommen und das dann darauf gemalt und
63 dann ein Stück davon abgerissen, ein Loch in die Mitte gemacht und einen Becher mit ein
64 bisschen Wasser und dann diesen Streifen durch das Loch stecken und das dann ins
65 Wasser tun.
66
67 RISCH: Was soll dann mit der Farbe passieren?
68
69 JOHANNES: Die geht dann auseinander ... wegen dem Wasser!
70
71 RISCH: Und dann ist die Farbe nicht mehr so, wie sie vorher war, oder?
72
73 JOHANNES: Ne, ... dann ist sie weiß! Weil dann ist ja die ganze Farbe entweicht, wenn man das ein
74 paar Stündchen macht ... dann ist die Farbe ja entweicht aus dem Stück!
75
76 RISCH: Sag mal, dass mit dem Gummibärchen hast du vorhin noch gesagt. Was war denn damit?
77
78 JOHANNES: Welches meinst du jetzt? Wir haben ganz viel mit den Gummibärchen gemacht. Das mit
79 dem Tauchen? Das mache ich auch ganz oft in der Badewanne. Weil wenn man da gerade
80 rauskommt, dann kommt das Wasser da nicht so raus, nur wenn du schief machst kommt
81 das Wasser.
82
83 RISCH: Was tust du dann in deinen Becher?
84
85 JOHANNES: Gar nichts, nur Gummibärchen.
86
87 RISCH: Und das wird dann nicht nass?
88
89 JOHANNES: Eigentlich müsst das ja nass werden, denn das schwebt ja nicht in der Luft.
90
91 RISCH: Das ist die Frage.
92
93 JOHANNES: Keine Ahnung!

94
95 RISCHE: Wenn du den Becher so runterdrückst. Ist dann Wasser im Becher?
96
97 JOHANNES: Ah, der Gummibärchen bleibt ja nicht in der Luft schweben, das wäre es dann ja noch!
98 Dann fällt das doch runter und wird unten nass!
99
100 RISCHE: Das müsste man einmal ausprobieren. Kannst du dich noch daran erinnern als wir mit
101 Rotkohl etwas gemacht haben?
102
103 JOHANNES: Ja, aber nicht mehr so gut. Da haben wir so verschiedene Dinge damit vermischt und
104 geguckt, ob sich das verträgt!
105
106 RISCHE: Wir haben ja auch einmal etwas mit Zucker gemacht.
107
108 JOHANNES: Das heiße Wasser geht schneller, weil dass ist nicht so in einen Konflikt gekommen. Da
109 ist das kalte Wasser schon besser.
110
111 RISCHE: Da hast du dir ja richtig viel gemerkt. ... machst du denn Hause auch manchmal
112 Experimente?
113
114 JOHANNES: Ja!
115
116 RISCHE: Was denn zum Beispiel?
117
118 JOHANNES: Den Einen habe ich dir ja schon erzählt. Das mit der Kerze habe ich ausprobiert, aber
119 daran kann ich mich jetzt nicht mehr so gut erinnern. Doch jetzt erinnere ich mich ganz
120 leicht. Die kriegt dann ja keine Luft mehr von dem Glas. Die saugt die Luft ja praktisch
121 auf.
122
123 RISCHE: Wenn man was macht?
124
125 JOHANNES: Wenn man die Kerze anzündet, ... und wenn hier jetzt zum Beispiel eine Kerze brennt und
126 hier keine Luft mehr wäre, dann würde die ausgehen, weil das ist so ähnlich wie wir
127 atmen. Sie atmet auch, nur sie atmet ganz anders.
128
129 RISCHE: Das hast du zu Hause auch ausprobiert?
130
131 JOHANNES: Und das mit dem Becher da auch. Mit dem Becher, ... ein Glas Apfelsaft.
132
133 RISCHE: Super! Sag mal Johannes hast du dir schon überlegt, was du später einmal werden willst?
134
135 JOHANNES: Eigentlich habe ich mir schon bevor ich in der Schule war etwas gewünscht. Einen
136 Chemiekasten!
137
138 RISCHE: Mach dir das so einen Spaß?
139
140 JOHANNES: Bevor ich in der Schule war schon. Aber der ist erst ab Neun und ich bin ja erst Sieben!
141 Der Kleine ist ab Neun, der Große ist ab Zwölf.
142
143 RISCHE: Sag mal, wenn wir so experimentieren, was macht dir dann mehr Spaß, die Experimente
144 zu machen oder zu erfahren warum das so passiert, ... darüber reden?
145
146 JOHANNES: Also, manchmal dies und manchmal das!
147
148 RISCHE: Aber du willst schon wissen warum das so ist?
149
150 JOHANNES: Ja

6.6 Klassentests

Die vollständigen Klassentests (GS Wellensiek und GS Theesen) werden auf den nachfolgenden Seiten dargestellt.

Fragebogen zu den Experimenten – GS Wellensiek

Mein Name ist _____

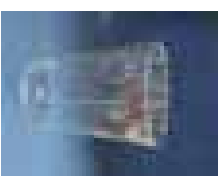
Ich bin

7 Jahre alt.

8 Jahre alt.

9 Jahre alt.

Die Luft im Becher ist ...



... fest.

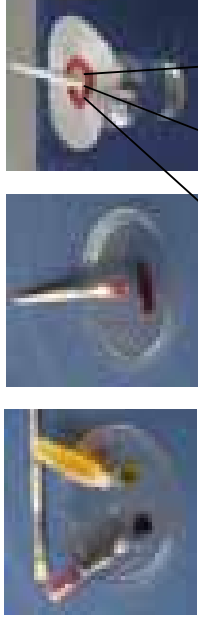
... flüssig.

... gasförmig.

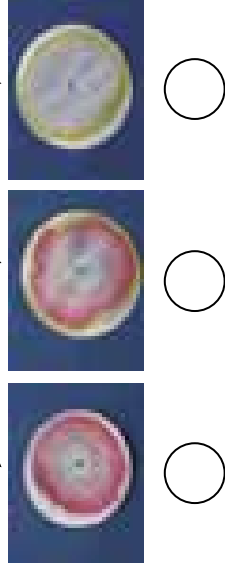
Unter welchem Glas geht die Kerzenflamme zuerst aus?



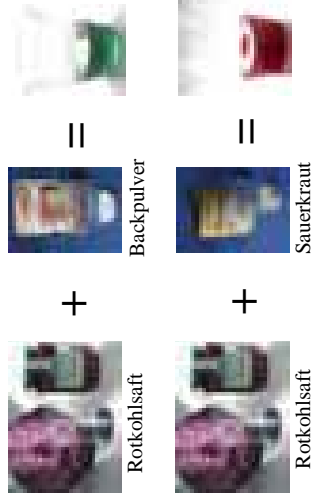
Welche Farbe(n) entstehen auf dem Filterpapier?



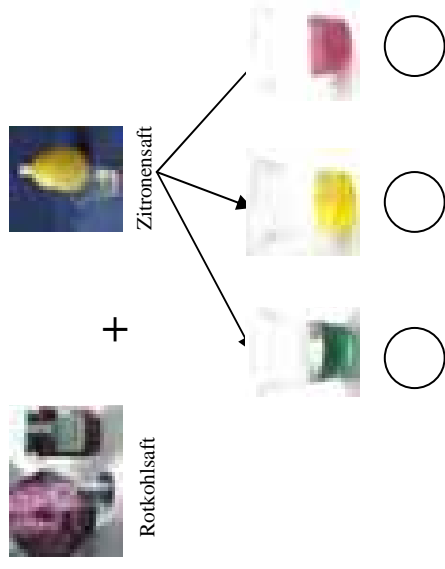
rote und gelbe Farbe werden gemischt ...



Experiment mit Rotkohlsaft



Welche Farbe entsteht?



Worin löst sich der Zuckerwürfel am Besten?



kaltes Wasser



heißes Wasser



Öl



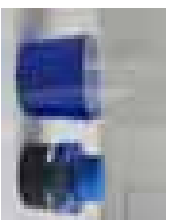
Was kann man womit trennen? Verbinde die Bildpaare!



Nudeln + Wasser



Aktivkohle



Tinte + Wasser



Filter



Mehl + Wasser



Sieb

Fragebogen zu den Experimenten – GS Theesen

Mein Name ist _____

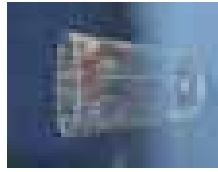
Ich bin

7 Jahre alt.

8 Jahre alt.

9 Jahre alt.

Die Luft im Becher ist ...

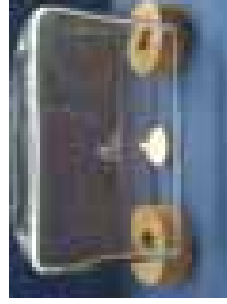
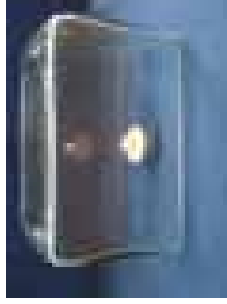


... fest.

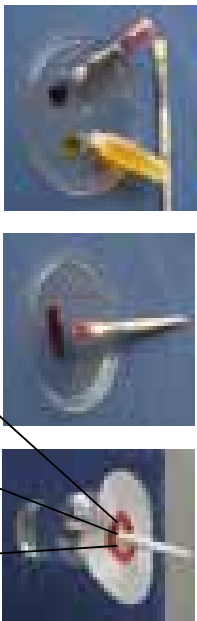
... flüssig.

... gasförmig.

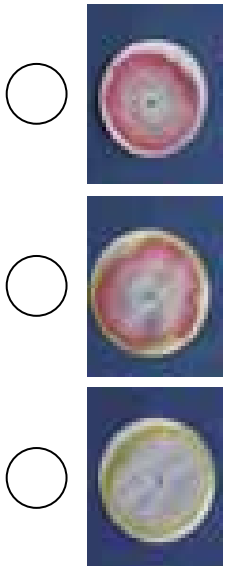
Unter welchem Glas geht die Kerzenflamme zuerst aus?



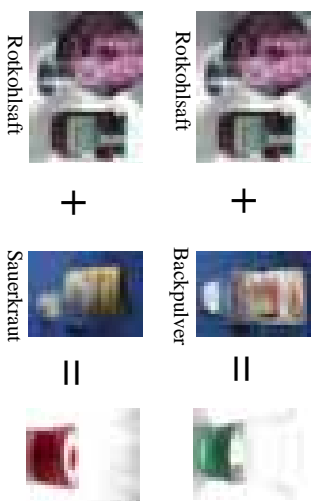
Welche Farbe(n) entstehen auf dem Filterpapier?



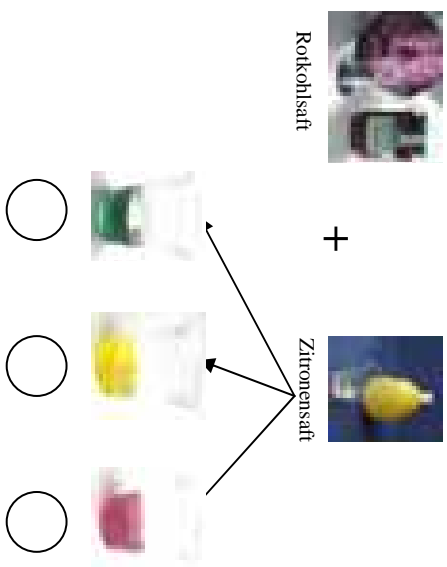
rote und gelbe Farbe werden gemischt ...



Experiment mit Rotkohlsaft

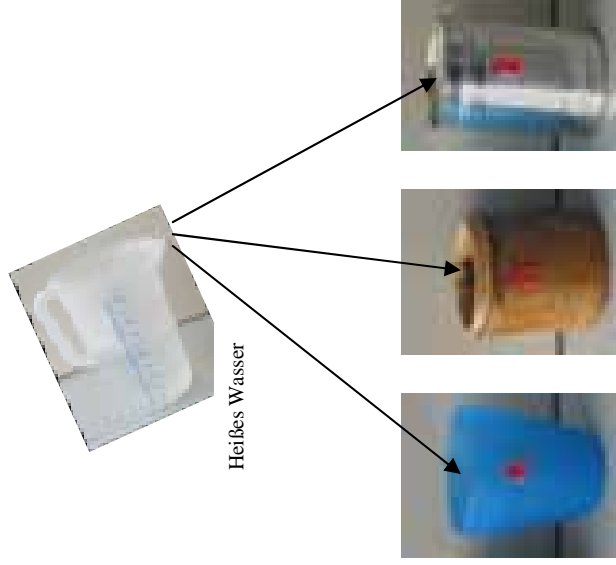


Welche Farbe entsteht?



Welches Gummibärchen rutscht zuerst?


Heißes Wasser



Plastikbecher

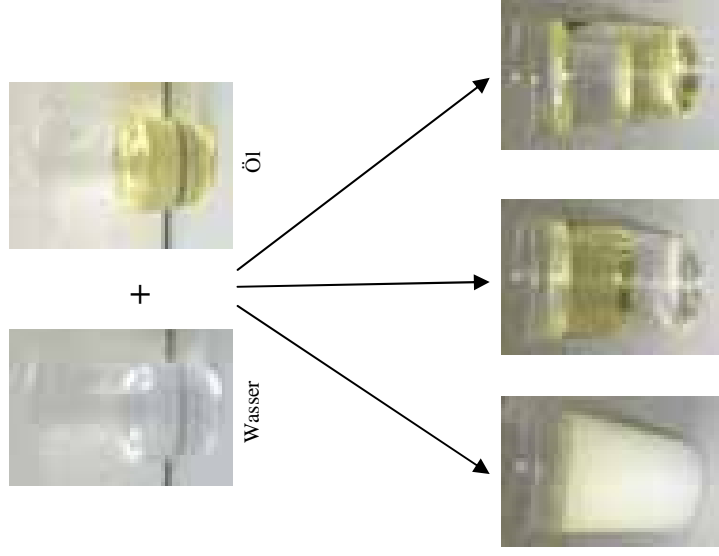
Holzbecher

Metallbecher

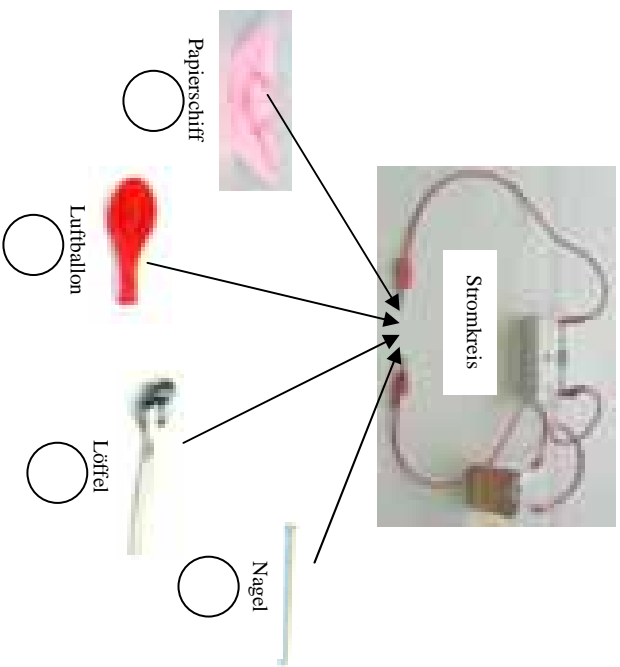


Wie mischen sich Wasser und Öl?

Wasser + Öl



Bei welchem Gegenstand leuchtet die Glühbirne?



7 Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen

7.1 Verzeichnis der Abbildungen

- Abb. 1: Übersicht über die Bildungsbereiche im Bildungsauftrag von Kindertageseinrichtungen in Schleswig-Holstein (2004) aufgeschlüsselt in seine naturwissenschaftlichen Bezugsfächer.
- Abb. 2: Übersicht über die Inhalte zur unbelebten Natur in den Bildungsplänen (eingeteilt in übergeordnete Kategorien).
- Abb. 3: Erziehungsplan Kindergarten Kanton St. Gallen (1997) – aufgeschlüsselt nach Bildungsbereichen und naturwissenschaftlichen Bezugsfächern.
- Abb. 4: Prozentualer Anteil der Sachunterrichts-Bezugsfächer im Anfangsunterricht (Durchschnitt aller deutschen Lehrpläne)
- Abb. 5: Vergleich der Sachunterrichts-Lehrpläne im Anfangsunterricht (aufgeteilt nach Bundesländern)
- Abb. 6: Vergleich der Sachunterrichts-Lehrpläne im Anfangsunterricht (alte und neue Lehrpläne ausgewählter Bundesländer)
- Abb. 7: Übersicht über die Inhalte zur unbelebten Natur in den Sachunterrichts-Lehrplänen im Anfangsunterricht (eingeteilt in übergeordnete Kategorien)
- Abb. 8: Vergleich der deutschsprachigen Sachunterrichts-Lehrpläne im Anfangsunterricht
- Abb. 9: Klassenbuchanalyse des Sachunterricht (37 Klassenbücher, Anfangsunterricht, 1970-2000)
- Abb. 10: Kindgerechte, strukturelle Darstellung von Wasser, Zucker, Öl oder Fett (LÜCK 2005, S. 69).
- Abb. 11: Rote und gelbe Lebensmittelfarbe werden zunächst gemischt und dann mit Hilfe des Chromatographie-Verfahrens wieder aufgetrennt.
- Abb. 12: Chromatogramme zur Detektivgeschichte
- Abb. 13: Cyanidin bei verschiedenen pH-Werten
- Abb. 14: Übersicht über die Lieblingsexperimente der Grundschüler, ausgewertet nach der Anzahl der Nennungen (N = 16).
- Abb. 15: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente (N = 82).
- Abb. 16: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die Durchführung der Experimente (aufgeschlüsselt nach den einzelnen Experimenten; N = 82).
- Abb. 17: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die Beobachtung der Experimente (N = 101).
- Abb. 18: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die Beobachtung der Experimente (aufgeschlüsselt nach den einzelnen Experimenten; N = 101).

- Abb. 19: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die Deutung der Experimente (N = 76).
- Abb. 20: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die Deutung der Experimente (aufgeschlüsselt nach den einzelnen Experimenten; N = 76).
- Abb. 21: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die Experimente (N = 259).
- Abb. 22: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit an die Experimente (aufgeschlüsselt nach den einzelnen Experimenten; N = 259).
- Abb. 23: Auswertung der Interviews: Erinnerungsfähigkeit der Schüler, dargestellt nach verschiedenen Leistungsgruppen (N = 20).
- Abb. 24: Übersicht über die Präferenzen der Schüler bei der Behandlung eines Experiments: „Tun versus Wissbegier“; ausgewertet nach der Anzahl der Nennungen (N = 20).
- Abb. 25: Übersicht über die außerschulische Durchführung von Experimenten (N = 19).
- Abb. 26: Auswertung des Klassentests nach Experimenten: GS Wellensiek (N = 35).
- Abb. 27: Auswertung des Klassentests nach Experimenten: GS Theesen (N = 49).
- Abb. 28: Auswertung des Klassentests: Ergebnisse der Schüler, dargestellt nach verschiedenen Leistungsgruppen (GS Wellensiek; N = 35).
- Abb. 29: Auswertung des Klassentests: Ergebnisse der Schüler, dargestellt nach verschiedenen Leistungsgruppen (GS Theesen; N = 49).

7.2 Verzeichnis der Tabellen

- Tab. 1: Übersicht über die Bildungspläne im Elementarbereich (Stand September 2005)
- Tab. 2: Themen zur unbelebten Natur in den Bildungsplänen für den Elementarbereich der einzelnen deutschen Bundesländer.
- Tab. 3: Themen zur unbelebten Natur in den Bildungsvorgaben für den Elementarbereich (Bildungspläne) und für die Primarstufe (Lehrpläne) der einzelnen deutschen Bundesländer.
- Tab. 4: Übersicht über einige ausgewählte Schulvergleichsstudien.
- Tab. 5: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Luft und Gase"
- Tab. 6: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit „Löslichkeit, Mischen und Trennen“
- Tab. 7: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Chromatographie"
- Tab. 8: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit „Nachweis von Säuren“
- Tab. 9: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit „Metalle“
- Tab. 10: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Luft und Gase" in der GS Wellensiek.
- Tab. 11: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Mischen, Trennen und Löslichkeit" in der GS Wellensiek.
- Tab. 12: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Chromatographie" in der GS Wellensiek.
- Tab. 13: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Nachweis von Säuren" in der GS Wellensiek.
- Tab. 14: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Luft und Gase" in der GS Theesen.
- Tab. 15: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Mischen, Trennen und Löslichkeit" in der GS Theesen.
- Tab. 16: Übersicht über die Experimente zur Unterrichtseinheit "Metalle" in der GS Theesen.
- Tab. 17: Übersicht über die Anzahl der „Schüleraussagen“ zu den jeweiligen Experimenten, unterteilt nach den Kategorien Durchführung, Beobachtung und Deutung.
- Tab. 18: Oberkategorien zur Auswertung der Interviews.

8 Literaturverzeichnis

- Adler, Patricia A.; Adler, Peter: Observational Techniques. In: Denzin, Norman K.; Lincoln, Yvonna S. (Hrsg.): Handbook of Qualitative research. Thousand Oaks: Sage 1994. S. 377-392.
- Aschersleben, Karl: Didaktik. Stuttgart: Kohlhammer 1983.
- Astington, Janet W.: Wie Kinder das Denken entdecken. Reinhardt, München 2000.
- Atkins, Peter W., Beran, Jo A.: Chemie : einfach alles. 2. korrigierte Auflage. Weinheim [u.a.]: Wiley-VCH 1998.
- Bachelet, Prisca; Mozère, Liane: Die französische école maternelle: Verfrühte Formalisierung von Bildungsprozessen? In: Fthenakis, Wassilios E.; Oberhuemer, Pamela: Frühpädagogik International. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden 2004. S. 209-214.
- Bader, Hans Joachim: Chemielehrpläne – Die unendliche Geschichte. In: Chemkon 4, 1994. S. 171-172.
- Baumann, Manfred; Nickel, Horst: Einschulung und Anfangsunterricht. In: Lompscher, Joachim; Nickel, Horst; Ries, Gerhild; Schulz, Gudrun: Leben, Lernen und Lehren in der Grundschule. Luchterhand 1996. S. 165-187.
- Baumert, Jürgen; Lehmann, Rainer; Lehrke, Manfred, Schmitz, Bernd, Clausen, Marten, Hosenfeld, Ingmar, Köller Olaf, Neubrand, Johanna: TIMSS – Mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Leske + Budrich, Opladen 1997.
- Baumert, Jürgen; Bos, Wilfried; Lehmann, Rainer (Hrsg.): TIMSS/III. Dritte Internationale Mathematik- und Naturwissenschaftsstudie – Mathematische und naturwissenschaftliche Bildung am Ende der Schullaufbahn, Bd. 1: Mathematische und naturwissenschaftliche Grundbildung am Ende der Pflichtschulzeit. Leske + Budrich, Opladen 2000.
- Bäuml-Roßnagl, Maria-Anna: Entwicklung des Sachunterrichts in Geschichte und Gegenwart. Tabellarische Übersicht mit wichtigen pädagogischen und didaktischen Intentionen in Theorie und Schulpraxis. In: Bäuml-Roßnagl, Maria-Anna (Hrsg.): Sachunterricht. Bildungsprinzipien in Geschichte und Gegenwart. Bad Heilbrunn 1988.
- Becker, Hans-Jürgen; Glöckner, Wolfgang; Hoffmann, Fritz; Jüngel, Günther: Fachdidaktik Chemie. Vollkommen neubearbeitete 2. Auflage. Köln: Aulis 1992.
- Berger, Lasse; Berger, Marianne: Der Baum der Erkenntnis. 2004.

- Berger, Manfred: Recherchen zum Kindergarten in Österreich: Gestern - Heute - Morgen (2005). In: Kindergartenpädagogik – Online-Handbuch (eingesehen am 21. Juli 2005):
<http://www.kindergartenpaedagogik.de/1240.html>
- Berk, Laura E.: Entwicklungspsychologie. 3. aktualisierte Auflage. München [u.a.] : Pearson Studium 2005.
- Berna, Jaques: Die Verbalisierung in Erziehung und Kinderanalyse. In: Biermann, Gerd (Hrsg.): Kinderpsychotherapie. Handbuch zu Theorie und Praxis.
- Blume, Rüdiger: Die gepufferte Schönheit des Rotkohlsafts oder Wie man Rotkohlsaft kornblumenblau färbt (eingesehen am 25. August 2005):
<http://dc2.uni-bielefeld.de/dc2/tip/rotkohl.htm>
- Blume, Rüdiger; Kunze, Wolfgang; Meloefski, Roland; Obst, Heinz; Rossa, Eberhard; Schönemann, Heinrich: Chemie für Gymnasien. Stoffeigenschaften, Trennverfahren, Teilchenmodell, Chemische Reaktionen (1. Auflage). Cornelsen Verlag, Berlin 1994.
- Böhm, Andreas: Theoretisches Codieren: Textanalyse in der Grounded Theory. In: Flick, Uwe; Kardorff, Ernst von; Steinke, Ines (Hrsg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 475-485.
- Bohnsack, Ralf: Gruppendiskussionsverfahren und Milieuforschung. In: Friebertshäuser, Barbara; Prengel, Annedore (Hrsg.): Handbuch qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Weinheim [u.a.] : Juventa Verlag 1997. S. 492-502.
- Bohnsack, Ralf: Rekonstruktive Sozialforschung – Einführung in Methodologie und Praxis. 3., überarbeitete und erweiterte Auflage. Opladen: Leske & Budrich 1999.
- Bortz, Jürgen; Döring, Nicola: Forschungsmethoden und Evaluation. 2., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Springer Verlag 1995.
- Bortz, Jürgen: Statistik für Sozialwissenschaftler. 5., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Springer Verlag 1999.
- Bos, Wilfried; Lankes, Eva-Maria; Prenzel, Manfred; Schwippert, Knut; Walther, Gerd; Valtin, Renate (Hrsg.): Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In: Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Waxmann 2003.
- Bos, Wilfried; Lankes, Eva-Maria; Prenzel, Manfred; Schwippert, Knut; Walther, Gerd; Valtin, Renate (Hrsg.): IGLU. Einige Länder der Bundesrepublik Deutschland im nationalen und internationalen Vergleich. Münster: Waxmann 2004.

- Bullock, Merry; Gelman, Rochel; Baillargeon, Renée: The development of causal reasoning. In: Friedman, William J. (Ed.): The developmental psychology of time. New York: Academic Press, pp. 209-254.
- Bullock, Merry; Sodian, Beate: Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. In: Schneider, Wolfgang; Knopf, Monika: Entwicklung, Lehren und Lernen. Weinert. Göttingen [u.a.] : Hogrefe 2003. S. 75-91.
- Bundesministerium für Bildung und Forschung: OECD-Veröffentlichung „Bildung auf einen Blick“. Wesentliche Aussagen in der Ausgabe 2004 (eingesehen am 1. Juli 2005):
http://www.jahr-der-technik.de/pub/bildung_auf_einen_blick_wesentliche_aussagen.pdf
- Bundesministerium für Bildung und Forschung: Aktionsprogramm „Lebensbegleitendes lernen für alle“ (eingesehen am 1. Juli 2005):
www.bmbf.de/pub/aktionsprogramm_lebensbegleitendes_lernen_fuer_alle.pdf
- Bund-Länder-Kommission: Heft 115, Strategie für Lebenslanges Lernen in der Bundesrepublik Deutschland (eingesehen am 1. Juli 2005):
www.bmbf.de/pub/strategie_lebenslanges_lernen_blk_heft115.pdf
- Carey, Susan: Conceptual change in childhood. Cambridge, MA: The MIT Press 1985.
- Carey, Susan: The epigenesis of mind: essays on biology and cognition. Hillsdale, New Jersey [u.a.]: Erlbaum 1991.
- Comenius, Jan Amos: Pampaedia. Lat. Text und deutsche Übersetzung (Hrsg.: Tschizewskij, Dmitrij; Geissler, P Wenzel; Schaller, Klaus). Heidelberg 1960.
- Deci, Edward L., Ryan, Richard M.: Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. In: Zeitschrift für Pädagogik 39, 1993. S. 223-238.
- Demuth, Reinhard; Janzen, Margot; Weschenfelder, Renate; Rieck, Karen (Hrsg): Donnerwetter – Das Thema „Wetter“ in der Grundschule. ProSa-Reihe Nr. 3. Materialien zu Quiss-ProSa. Kiel: IPN 2004 (eingesehen am 26. August 2005):
<http://www.ipn.uni-kiel.de/projekte/quiss-prosa/pdf/Wetter.pdf>
- Demuth, Reinhard: Von IGLU zu SINUS-Grundschule. In: Chemkon 3, 2005. S. 103-110.
- Dollase, Rainer: Bildung im Kindergarten – ein alter Hut! In: Welt des Kindes. 4/2003. S. 13-15.
- Dollase, Rainer: Die Didaktisierung der Situation, oder: Wissenschaftliche, politische und praktische Illusionen über Bildungsprozesse in Kindertagesstätten. In: Frühe Bildungsprozesse und schulische Anschlussfähigkeit. Cantaurus Verlag, Herbolzheim 2004. S. 38-68.

- Drechsler, Beate; Gerlach, Simone: Naturwissenschaftliche Bildung im Sachunterricht – Problembereich bei Grundschullehrkräften. In: Kahlert, Joachim; Inckemann, Elke (Hrsg.): Wissen, Können und Verstehen – über die Herstellung ihrer Zusammenhänge im Sachunterricht. Bad Heilbrunn/ Obb.: Klinkhardt 2001. S. 215-225.
- Dreher, Michael; Dreher, Eva: Gruppendiskussionsverfahren. In: Flick, Uwe (Hrsg.): Handbuch qualitative Sozialforschung : Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen. 2. Auflage. Weinheim : Beltz, Psychologie-Verl.-Union 1995.
- Duit, Reinders; von Rhöneck, Christoph (Hrsg.): Lernen in den Naturwissenschaften. IPN an der Universität Kiel 1996.
- Duncker, Ludwig; Popp, Walter (Hrsg.): Kind und Sache. München: Juventa 1994.
- Eilks, Ingo; Ralle, Bernd: Forschungs- und Handlungsperspektiven für die Chemiedidaktik am Beginn des 21. Jahrhunderts – Ein Beitrag über das Selbstverständnis der Chemiedidaktik als wissenschaftliche Disziplin. In: Chemkon. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KG, Weinheim, 10 (2003) 4. S. 171-175.
- Einsiedler, Wolfgang: Probleme und Ergebnisse der empirischen Sachunterrichtsforschung. In: Marquardt-Mau, Brunhilde, Köhnlein, Walter, Lauterbach, Roland (Hrsg.): Forschung zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn, 1997. S. 18-42.
- Einsiedler, Wolfgang: Empirische Forschung zum Sachunterricht – ein Überblick. In: Spreckelsen, Kay; Möller, Kornelia; Hartinger, Andreas (Hrsg.): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Klinkhardt 2002.
- Erikson, Erik H.: Identität und Lebenszyklus : drei Aufsätze. 16. Auflage. Frankfurt am Main : Suhrkamp 1997.
- Ernst, Christine; Wehser, Adria: Chemie : Gesamtband Sekundarstufe I. Duden Paetec Schulbuchverlag. Berlin 2004.
- Erziehungs-Direktoren-Konferenz der Ostschweiz: Basisstufe (eingesehen am 23. Juli 2005):
<http://www.edk-ost-4bis8.ch>
- Falbe, Jürgen; Regitz, Manfred: Römpp Chemie Lexikon. 9., erweiterte und neubearbeitete Auflage. Georg Thieme Verlag 1995.
- Faust-Siehl, Gabriele; Garlichs, Ariane; Klemm, Klaus; Ramsegger, Jörg; Schwarz, Hermann; Warm, Ute: Die Zukunft beginnt in der Grundschule: Empfehlungen zur Neugestaltung der Primarstufe. Ein Projekt des Grundschulverbandes Arbeitskreis Grundschule - Der Grundschulverband - e.V. Reinbek bei Hamburg: Rowohlt 1996.

- Fix, Birgit: Kindertagesbetreuung in Frankreich, Finnland und Schweden (2003). In: Kindergartenpädagogik – Online-Handbuch (eingesehen am 1. Juli 2005): <http://www.kindergartenpaedagogik.de/913.html>
- Flick, Uwe; von Kardorff, Ernst; Steinke, Ines (Hrsg.): Was ist qualitative Forschung? Einleitung und Überblick. In: Flick, Uwe; Kardorff, Ernst von; Steinke, Ines (Hrsg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 13-29.
- Flick, Uwe: Triangulation in der qualitativen Forschung. In: Flick, Uwe; Kardorff, Ernst von; Steinke, Ines (Hrsg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 309-318.
- Flick, Uwe: Triangulation : eine Einführung. 1. Auflage. Wiesbaden : VS, Verlag für Sozialwissenschaften 2004.
- Förster, Hendrik: Chemische Exponate für Kinder in Science Centern. Cuvillier Verlag Göttingen 2005.
- Freeß, Doris: Ästhetisches Lernen im fächerübergreifenden Sachunterricht : Naturphänomene wahrnehmen und deuten. Schneider Verlag Hohengehren GmbH 2002.
- Fthenakis, Wassilios: Einleitung. In: Bildung von Anfang an – Bildungs- und Erziehungsplan für Kinder von 0 bis 10 Jahren in Hessen. 2005. S. 6.
- Fuhs, Burkhard: Qualitative Interviews mit Kindern. In: Heinzl, Friederike (Hrsg.): Methoden der Kindheitsforschung. Juventa Verlag Weinheim und München 2000. S. 87-103.
- Gesellschaft Deutscher Chemiker (GDCh): Stärkung der naturwissenschaftlichen Bildung : Empfehlungen der Fachgruppe Chemieunterricht der GDCh für einen durchgängigen naturwissenschaftlichen Unterricht von der Grundschule bis zum Fachunterricht der weiterführenden Schulen. 2005.
- Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU): Perspektivrahmen Sachunterricht. Klinkhardt, Bad Heilbrunn 2002.
- Goswami, Usha: So denken Kinder. Einführung in die Psychologie der kognitiven Entwicklung. 1. Auflage. Bern [u.a.] : Huber 2001.
- Graumann, Carl Friedrich: Grundzüge der Verhaltensbeobachtung. In: Meyer, Ernst (Hrsg.): Fernsehen in der Lehrerbildung : Neue Forschungsansätze in Pädagogik, Didaktik und Psychologie. Manz Verlag München 1966. S. 86-107.
- Gramm, Altfried: Herausgebervorwort. In: Lück, Gisela: Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. LIT Verlag, Münster 2000.

- Griebel, Wilfried; Niesel, Renate: Die Bewältigung des Übergangs vom Kindergarten in die Grundschule. In: Fthenakis, Wassilios E. (Hrsg.): Elementarpädagogik nach PISA. Wie aus Kindertagesstätten Bildungseinrichtungen werden können. Freiburg 2003. S. 136-151.
- Gronostay, Maren: Experimentelle Einführung der Begriffe "Löslichkeit", "Mischen", "Trennen" im Sachunterricht der Grundschule. Schriftliche Hausarbeit vorgelegt im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt Primarstufe im Fach Sachunterricht Naturwissenschaft/Technik (Chemie). Bielefeld 2004.
- Hansel, Toni: Frühe Bildungsprozesse und schulische Anschlussfähigkeit. Cantaurus Verlag, Herbolzheim 2004.
- Hartinger, Andreas: Interessenförderung: eine Studie zum Sachunterricht. Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1997.
- Hartmann, Waltraut; Stoll, Martina; Chisté, Natalie, Hajszan, Michaela: Bildungsqualität im Kindergarten. Transaktionale Prozesse, Methoden, Modelle. Wien: öbv & hpt 2000.
- Haug-Schnabel, Gabriele; Bensel, Joachim: Die Welt verstehen wollen. Das Kind von sechs bis zehn Jahren. In: kindergarten heute 1999, Jg. 29, Heft 9. S. 22-28.
- Haug-Schnabel, Gabriele; Bensel, Joachim: Ein Forscher steckt in jedem Kind. In: Theorie und Praxis der Sozialpädagogik (TPS) Jg. 6, 2001. S. 6-9.
- Heinecke, Cordula: Lernen im Chemieunterricht als Vorstellungswechsel. In: MNU 50/6 (1997) S. 330-335.
- Heinzel, Friederike: Qualitative Interviews mit Kindern. In: Friebertshäuser, Barbara; Prengel, Annedore (Hrsg.): Handbuch qualitative Forschungsmethoden in der Erziehungswissenschaft. Weinheim [u.a.] : Juventa Verlag 1997. S. 396-413.
- Heinzel, Friederike: Einleitung. In: Heinzel, Friederike (Hrsg.): Methoden der Kindheitsforschung. Juventa Verlag Weinheim und München 2000. S. 17-20.
- Heinzel, Friederike: Kinder in Gruppendiskussionen und Kreisgesprächen. In: Heinzel, Friederike (Hrsg.): Methoden der Kindheitsforschung. Juventa Verlag Weinheim und München 2000b. S. 117-130.
- Heyer-Oeschger, Margot: Die Grundstufe im Kanton Zürich. In: Faust, Gabriele; Götz, Margarete; Hacker, Hartmut; Rossbach, Hans-Günther (Hrsg.): Anschlussfähige Bildungsprozesse im Elementar- und Primarbereich. Klinkhardt 2004. S. 218-232.
- Hill, Mareike: Chemische Inhalte in der Elementarpädagogik - Ein europäischer Vergleich. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt. Bielefeld 2004.

- Hirschfeld, Lawrence A.; Gelman, Susan A.: Toward a topography of mind: An introduction into domain specificity. In: Hirschfeld, Lawrence A.; Gelman, Susan A. (Hrsg.): Mapping the mind: Domain specificity in cognition and culture. Cambridge: Cambridge University Press. 1994. S. 3-35.
- Helmke, Andreas; Hosenfeld, Ingmar: Projekt VERA – Vergleichsarbeiten in der 4. Klassenstufe in Deutsch und Mathematik. (eingesehen am 16. August 2005): <http://www.uni-landau.de/vera/downloads/Laenderkurzbericht.pdf>
- Holleman, Arnold; Wiberg, Egon: Lehrbuch der anorganischen Chemie. 101. verbesserte und stark erweiterte Auflage. Berlin [u.a.]: de Gruyter 1995.
- Höner, Kerstin; Greiwe, Timo: Chemie – nein danke? Eine empirische Untersuchung affektiver und kognitiver Aspekte des Chemieunterrichts der Sekundarstufe I in Abhängigkeit von der Jahrgangsstufe. In: Chimica Didactica. 26 (2000) 1, S. 25-55.
- Hopf, Christel: Qualitative Interviews in der Sozialforschung. Ein Überblick. In: Flick, Uwe (Hrsg.): Handbuch qualitative Sozialforschung : Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen. 2. Auflage. Weinheim : Beltz, Psychologie-Verl.-Union 1995.
- Hülst, Dirk: Ist das wissenschaftlich kontrollierte Verstehen von Kindern möglich? In: Heinzel, Friederike (Hrsg.): Methoden der Kindheitsforschung. Juventa Verlag Weinheim und München 2000. S. 37-55.
- Jander, Gerhart; Blasius, Ewald: Lehrbuch der analytischen und präparativen anorganischen Chemie. 15. überarbeitete Auflage. Stuttgart [u.a.]: Hirzel 2002.
- Jank, Werner; Meyer, Hilbert: Didaktische Modelle. Berlin: Cornelsen Scriptor 1994.
- Jonen, Angela; Möller, Kornelia; Blumberg, Eva; Hardy, Ilonca; Stern, Elsbeth.: Auswirkungen von Unterricht zum Thema „Schwimmen und Sinken“ auf das Erlernen physikalischer Basiskonzepte und auf nicht-kognitive Zielsetzungen im Grundschulalter. In: Brechel, Renate (Hrsg.): Vorträge auf der Tagung für Didaktik der Physik/Chemie in Dortmund, September 2001. Alsbach/Bergstraße: Leuchtturm 2002 (= Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven. Bd. L22), S. 71-73.
- Juul Jensen, Jytte; Langsted, Ole: Dänemark: Pädagogische Qualität ohne nationales Curriculum. In: Fthenakis, Wassilios E.; Oberhuemer, Pamela: Frühpädagogik International. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden 2004. S. 191-207.
- Kaiser, Astrid: Einführung in die Didaktik des Sachunterrichts. 7. Auflage. Baltmannsweiler: Schneider-Verlag Hohengehrern 2001.

- Kaiser, Astrid; Mannel, Susanne: Chemie in der Grundschule. Schneider Verlag Hohengehren: Baltmannsweiler 2004.
- Kessels, Johannes: Materialien zum Kindergartengesetz Nordrhein-Westfalen. Essen: Diözesan-Caritasverband 1972.
- Knauf, Tassilo: Zusammenarbeit Kindergarten – Grundschule: Notwendigkeit, Probleme, Perspektiven (2003). In: Kindergartenpädagogik – Online-Handbuch (eingesehen am 17. August 2005):
<http://www.kindergartenpaedagogik.de/1056.html>
- Kohse-Höinghaus, Katharina: Chemikernachwuchs aus der Grundschule? In: Nachrichten aus der Chemie. Zeitschrift der Gesellschaft Deutscher Chemiker. 48 (5) 2000. S. 702-703.
- Kowal, Sabine; O'Connell, Daniel C.: Zur Transkription von Gesprächen. In: Flick, Uwe; Kardorff, Ernst von; Steinke, Ines (Hrsg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 437-447.
- Krech, David; Crutchfield, Richard S.; Livson, Norman; Wilson jr., William A.; Parducci, Allen: Grundlagen der Psychologie (Studienausgabe). Band 3: Lern- und Gedächtnispsychologie. Weinheim: Beltz Psychologie Verlags Union 1992.
- Küchler, Manfred: „Qualitative“ Sozialforschung – ein neuer Königsweg? In: Garz, Detlef; Kraimer, Klaus (Hrsg.): Brauchen wir andere Forschungsmethoden? Beiträge zur Diskussion interpretativer Verfahren. Frankfurt am Main: Scriptor 1983. S. 9-30.
- Lamnek, Siegfried: Qualitative Sozialforschung. Band 1: Methodologie. 3. korrigierte Auflage. Beltz, PsychologieVerlagsUnion 1995.
- Lamnek, Siegfried: Qualitative Sozialforschung. Band 2: Methoden und Techniken. 3. korrigierte Auflage. Beltz, PsychologieVerlagsUnion 1995b.
- Lang, Sabine: Lebensbedingungen und Lebensqualität von Kindern. Frankfurt/Main [u.a.] : Campus-Verl. 1985.
- Lauterbach, Roland: Naturwissenschaftlich-technischer Lernbereich im Sachunterricht. In: Einsiedler, Wolfgang; Götz, Margarete; Hacker, Hartmut; Kahlert, Joachim; Keck, Rudolf W. und Sandfuchs, Uwe: Handbuch Grundschulpädagogik und Grundschuldidaktik. Verlag Julius Klinkhardt, Bad Heilbrunn/ Obb. 2001. S. 504-516.
- Leger, Elke: Warum Kinder fragen müssen. (eingesehen am 20. Oktober 2005):
http://www.familienhandbuch.de/cmain/f_Fachbeitrag/a_Erziehungsbereiche/s_996.html
- Lenzen, Dieter (Hrsg.): Pädagogische Grundbegriffe. Band 1 und 2. Reinbek 1989.

- Lichtwark, Alfred: Die Kunst in der Schule. Berlin 1905.
- Lienert, Gustav A.; Raatz, Ulrich: Testaufbau und Testanalyse. 5. völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Weinheim : Beltz, Psychologie-Verlags-Union 1994.
- Lipski, Jens: Zur Verlässlichkeit der Angaben von Kindern bei standardisierten Befragungen. In: Heinzel, Friederike (Hrsg.): Methoden der Kindheitsforschung. Juventa Verlag Weinheim und München 2000. S. 77-86.
- Lück, Gisela: Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. LIT Verlag, Münster, 2000.
- Lück, Gisela: Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung. Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen. Herder 2003.
- Lück, Gisela: Neue leichte Experimente für Eltern und Kinder. Herder 2005.
- Lück, Gisela; Risch, Björn: In allen Kindergärten. In: Nachrichten aus der Chemie. Zeitschrift der Gesellschaft Deutscher Chemiker. 53 (11) 2005. S. 1178-1179.
- Lüders, Christian: Beobachten im Feld und Ethnographie. In: Flick, Uwe; Kardorff, Ernst von; Steinke, Ines (Hrsg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 384-401.
- Matthes, Jochim: Einführung in das Studium der Soziologie. Reinbek bei Hamburg. 2. Auflage 1976.
- Marohn, Annette; Schmidt, Hans-Jürgen: Mehrfachwahlaufgaben als Instrument zur Erforschung von Schülervorstellungen. In: chimica didactica, Heft 1/2, 2003. S. 38-51.
- Mausfeld, Rainer: Wissenschaft im Zwiespalt. In: Gehirn & Geist, 7-8/2005. S. 62-66.
- Mayring, Philipp: Qualitativ orientierte Forschungsmethoden in der Unterrichtswissenschaft – ein Anwendungsbeispiel aus der Lernstrategieforschung. In: Unterrichtswissenschaft. 27 (1999). S. 292-309.
- Mayring, Philipp: Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. Weinheim 2000.
- Mayring, Philipp: Qualitative Inhaltsanalyse. Forum Qualitative Sozialforschung [Online Journal], 2000 (eingesehen am 13. Oktober 2005):
<http://qualitative-research.net/fqs/fqs-d/2-00inhalt-d.htm>
- Mayring, Philipp: Kombination und Integration qualitativer und quantitativer Analyse. Forum Qualitative Sozialforschung [Online Journal], 2001 (eingesehen am 9. November 2005):
<http://www.qualitative-research.net/fqs-texte/1-01/1-01mayring-d.htm>
- Mayring, Philipp: Einführung in die qualitative Sozialforschung. Eine Anleitung zu qualitativem Denken. 5. Auflage. 2002a.

- Mayring, Philipp: Qualitative Analyseansätze in der Lehr-Lern-Forschung. In: Spreckelsen, Kay; Möller, Kornelia; Hartinger, Andreas (Hrsg.): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Klinkhardt 2002b. S. 59-70.
- Meichsner, Beate: Dem Täter auf die Spur kommen. Forensische Chemie für Grundschüler. In: Chemie Report. Informationen für Mitgliedsfirmen des VCI. 12/2004. S. 12-13.
- Mey, Günter: Zugänge zur kindlichen Perspektive. Methoden der Kindheitsforschung. Forschungsbericht aus der Abteilung Psychologie im Institut für Sozialwissenschaften der Technischen Universität Berlin, Nr. 1, 2003.
- Mietzel, Gerd: Wege in die Entwicklungspsychologie : Kindheit und Jugend. 4., vollständig überarbeitete Auflage. München : Psychologie-Verl.-Union 2002.
- Miller, Patricia: Theorien der Entwicklungspsychologie. Heidelberg [u.a.] : Spektrum, Akad. Verl. 1993.
- Ministerium für Bildung und Frauen des Landes Schleswig-Holstein (Hrsg.): Erfolgreich starten : Handreichung für Mathematik, Naturwissenschaften und Technik in Kindertageseinrichtungen. Kiel 2005.
- Möller, Kornelia: Handeln, Denken und Verstehen. Untersuchungen zum naturwissenschaftlich-technischen Unterricht in der Grundschule. Mühlheim 1991.
- Möller, Kornelia: Konstruktivistisch orientierte Lehr-Lernprozess-Forschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: Köhnlein, Walter; Marquardt-Mau, Brunhilde, Schreier, Helmut (Hrsg.): Vielperspektivisches Denken im Sachunterricht. Forschungen zur Didaktik des Sachunterrichts III. Bad Heilbrunn 1999. S. 125-199.
- Möller, Kornelia: Lehr-Lernprozessforschung im naturwissenschaftlich-technischen Bereich des Sachunterrichts. In: Duit, Reinders; von Rhöneck, Christoph (Hrsg.): Ergebnisse fachdidaktischer und psychologischer Lehr-Lern-Forschung. Beiträge zu einem Workshop an der Pädagogischen Hochschule Ludwigsburg. Kiel: IPN. S. 131-156.
- Mortimer, Charles E.: Chemie : das Basiswissen der Chemie. 6. völlig neubearbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart [u.a.] : Thieme 1996.
- Müller, Andreas; Becker, Hans-Jürgen: Chemie als Freizeitbeschäftigung – Standpunkte und Perspektiven für chemiedidaktische Forschung. In: Praxis der Naturwissenschaften – Chemie in der Schule 5/50, 2001. S. 28-31.
- National Geographic World (Kinder Wissensmagazin), Gruner + Jahr AG & Co KG, Druck- und Verlagshaus Hamburg, erscheint monatlich, 2003.

- Näger, Sylvia: Wo beginnt eigentlich Physik? In: Kindergarten heute. Zeitschrift für Erziehung. Verlag Herder. 1/2005. S. 28-33.
- Oberhuemer, Pamela; Ulich, Michaela: Kinderbetreuung in Europa: Tageseinrichtungen und pädagogisches Personal; eine Bestandsaufnahme in den Ländern der Europäischen Union. Weinheim: Beltz 1997.
- Oberhuemer, Pamela: Bildungskonzepte für die frühe Kindheit in internationaler Perspektive. In: Fthenakis, Wassilios E.; Oberhuemer, Pamela: Frühpädagogik International. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden 2004. S. 359-383.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (Hrsg.): Lernen für das Leben. Erste Ergebnisse der internationalen Schulleistungsstudie PISA 2000. Paris: OECD, 2001.
- Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) (Hrsg.): Die Politik der frühkindlichen Betreuung, Bildung und Erziehung in der Bundesrepublik Deutschland. Ein Länderbericht der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, 2004 (eingesehen am 1. Juli 2005): <http://www.sozialpolitik-aktuell.de/docs/oecd-studie-kinderbetreuungpropertypdf.pdf>
- Oerter, Rolf; Dreher, Eva: Jugendalter. In: Oerter, Rolf; Montada, Leo (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. 5., vollständig überarbeitete Auflage. Weinheim [u.a.] : Beltz, PVU 2002. S. 258-392.
- Oerter, Rolf; Dreher, Michael: Entwicklung des Problemlösens. In: Oerter, Rolf; Montada, Leo (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. 5., vollständig überarbeitete Auflage. Weinheim [u.a.] : Beltz, PVU 2002. S. 469-494.
- Oerter, Rolf; Montada, Leo (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. Ein Lehrbuch. Psychologie Verlags Union, 4. Auflage 1998.
- Parchmann, Ilka; Ralle, Bernd: Chemie im Kontext - ein Konzept zur Verbesserung der Akzeptanz von Chemieunterricht? In: Kometz, Andreas (Hrsg.): Chemieunterricht im Spannungsfeld Gesellschaft - Chemie – Umwelt. Berlin: Cornelsen Verlag, 1998. S. 4-20.
- Perspektivrahmen Sachunterricht. Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts (GDSU). Klinkhardt, Bad Heilbrunn 2002.
- Pfeifer, Peter; Lutz, Bernd; Bader, Hans Joachim (Autorenteam): Konkrete Fachdidaktik Chemie. München: Oldenbourg, 3. Auflage 2002.
- Piaget, Jean; Inhelder, Bärbel: Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe beim Kinde. 1. Auflage. Klett Verlag, Stuttgart 1969.

- PISA-Konsortium Deutschland (Hrsg.), PISA 2003: Der Bildungsstand der Jugendlichen in Deutschland – Ergebnisse des zweiten internationalen Vergleichs, Waxmann 2004.
- Pramling Samuelsson, Ingrid: Demokratie: Grundstein des vorschulischen Bildungsplans in Schweden. In: Fthenakis, Wassilios E.; Oberhuemer, Pamela: Frühpädagogik International. VS Verlag für Sozialwissenschaften. Wiesbaden 2004. S. 161-173.
- Prenzel, Manfred; Lankes, Eva-Maria; Minsel, Beate: Interessenentwicklung in Kindergarten und Grundschule: Die ersten Jahre. In: Schiefele, Ulrich; Wild, Klaus-Peter: Interesse und Lernmotivation. Untersuchungen zu Entwicklung, Förderung und Wirkung. Münster 2000. S. 11-30.
- Prenzel, Manfred; Rost, Jürgen; Senkbeil, Martin; Häußler, Peter; Klopp, Annekatrin: Naturwissenschaftliche Grundbildung: Testkonzeption und Ergebnisse. In: Baumert, Jürgen (Hrsg.): PISA 2000. Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Leske + Budrich, Opladen 2001. S. 191-248.
- Prenzel, Manfred; Geiser, Helmut; Langeheine, Rolf; Lobemeier, Kirsten: Das naturwissenschaftliche Verständnis am Ende der Grundschule. In: Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Waxmann 2003.
- Prenzel, Manfred; Baumert, Jürgen; Blum, Werner; Lehmann, Rainer; Leutner, Detlev; Neubrand, Michael; Pekrun, Reinhard; Rost, Jürgen; Schiefele Ulrich (PISA-Konsortium Deutschland): Vorinformation zu PISA 2003: Zentrale Ergebnisse des zweiten Vergleichs der Länder in Deutschland (eingesehen am 16. August 2005): http://www.pisa.ipn.uni-kiel.de/Vorinformation_E.pdf
- Püttschneider, Martin: Die Rolle des Animismus bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte. Cuvillier Verlag Göttingen 2005.
- Reinhoffer, Bernd: Heimatkunde und Sachunterricht im Anfangsunterricht: Entwicklungen, Stellenwert, Tendenzen. Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt 2000.
- Riedel, Erwin: Anorganische Chemie. 5. Auflage. Berlin [u.a.] : de Gruyter 2002.
- Risch, Björn; Lück, Gisela: Stiefkinder des Sachunterrichts. Lehrplananalyse des naturwissenschaftlichen Anfangsunterrichts. In: Grundschule (2004) Heft 10, S. 63-66.
- Rösler, Horst Friedrich; Schmidkunz, Heinz: Die didaktische Reduktion – eine Bestandsaufnahme. In: Naturwissenschaften im Unterricht – Chemie. Heft 34 („Didaktische Reduktion“). 1996. S. 4-8.

- Rost, Jürgen: Qualitative und quantitative Methoden in der fachdidaktischen Forschung. In: Spreckelsen, Kay; Möller, Kornelia; Hartinger, Andreas (Hrsg.): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Klinkhardt 2002. S. 59-70.
- Roßbach, Hans-Günther: Zum Design empirischer Untersuchungen in der Lehr-Lernforschung. In: Spreckelsen, Kay; Möller, Kornelia; Hartinger, Andreas (Hrsg.): Ansätze und Methoden empirischer Forschung zum Sachunterricht. Klinkhardt 2002. S. 41-58.
- Schäfer, Gerd: Frühkindliche Bildung. In: Klein und Groß, Heft 9. 2001. S.6-11.
- Schäfer, Gerd: Bildung beginnt mit der Geburt. Beltz Verlag 2003.
- Schiefele, Ulrich; Schreyer, Inge: Intrinsische Lernmotivation und Lernen. Ein Überblick zu Ergebnissen der Forschung. In: Zeitschrift für Pädagogische Psychologie. 8, 1994. S. 1-13.
- Schmidt, Hans-Jürgen: Stolpersteine im Chemieunterricht – Empirische Untersuchungen über Schülerfehler beim stöchiometrischen Rechnen. Frankfurt: Diesterweg-Sauerländer 1990.
- Schmidt, Christiane: Analyse von Leitfadeninterviews. In: Flick, Uwe; von Kardorff, Ernst; Steinke, Ines (Hrsg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 447-456.
- Schneider, Wolfgang; Büttner, Gerhard: Entwicklung des Gedächtnisses. In: Oerter, Rolf; Montada, Leo (Hrsg.): Entwicklungspsychologie. Ein Lehrbuch. 3. Auflage. Weinheim. S. 654-704.
- Schnell, Rainer; Hill, Paul B.; Esser, Elke: Methoden der empirischen Sozialforschung. 7., völlig überarbeitete und erweiterte Auflage. München [u.a.] : Oldenbourg 2005.
- Schorch, Günther: Grundschulpädagogik: eine Einführung, Selbstverständnis und Kernaufgaben. Bad Heilbrunn/Obb.: Klinkhardt 1998.
- Schrader, Christopher: Das Wunderkind. In: SZ Wissen, 02/2005. S. 83-93.
- Schreier, Helmut: Sachunterricht. Themen und Tendenzen. Paderborn: Schöningh 1979.
- Schreier, Helmut: Enttrivialisieren den Sachunterricht! In: Grundschule 21, 3 (1989). S. 10-13.
- Schweizerischer Bildungsserver: Vorschulstufe (eingesehen am 23. Juli 2005):
<http://www.educa.ch/dyn/bin/43956-56242-1-vorschulstufe.doc>
- Singer, Wolfgang: Der Beobachter im Gehirn. Suhrkamp, 2002.
- Sodian, Beate: The development of deception in young children. British Journal of Development Psychology 9, 1991. S. 173-188.

- Sodian, Beate: Die Entwicklung des Denkens. Vom Vorschul- zum Grundschulalter. In: Theorie und Praxis der Sozialpädagogik. Heft 09/10, 2004. S. 12-16.
- Sodian, Beate; Koerber, Susanne; Thoermer, Claudia: Naturwissenschaftliches Denken im Vorschulalter. Bildungsziele und Lernvoraussetzungen. In: Frühe Bildungsprozesse und schulische Anschlussfähigkeit. Cantaurus Verlag, Herbolzheim 2004. S. 138-149.
- Soostmeyer, Michael: Genetischer Sachunterricht: Unterrichtsbeispiele und Unterrichtsanalysen zum naturwissenschaftlichen Denken bei Kindern in konstruktivistischer Sicht. Schneider Verlag, Hohengehren 2002.
- Spreckelsen, Kay: Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule. Lehrgang für den physikalisch-chemischen Lernbereich. Frankfurt: Diesterweg 1971.
- Spreckelsen, Kay: Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule. Vom Aufbau der Stoffe (1. Auflage). 3. Schuljahr, 1. Band. Diesterweg, Frankfurt a.M. 1973. S. 5-12.
- Spreckelsen, Kay: SCIS und das Konzept eines strukturbezogenen naturwissenschaftlichen Unterrichts in der Grundschule. In: Köhnlein, Walter; Schreier, Helmut (Hrsg.): Innovation Sachunterricht – Befragung der Anfänge nach zukunftsfähigen Beständen. Bad Heilbrunn/ Obb.: Klinkhardt, 2001. S. 85-102.
- Spitzer, Manfred: Das Wissen über das Gehirn in die Schule tragen. In: bildung+science. 02/2004. S. 10-11.
- Steinke, Ines: Gütekriterien qualitativer Forschung. In: Flick, Uwe; von Kardorff, Ernst; Steinke, Ines (Hrsg.): Qualitative Forschung. Ein Handbuch. Reinbek bei Hamburg 2000. S. 319-331.
- Stern, Elsbeth: Beeindruckt, aber nichts verstanden? In: Welt des Kindes. 5/2003. S. 22-24.
- Strunck, Ulrich; Lück, Gisela; Demuth, Reinhard: Der naturwissenschaftliche Sachunterricht in Lehrplänen, Unterrichtsmaterialien und Schulpraxis – Eine quantitative Analyse der Entwicklung in den letzten 25 Jahren. In: Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften. 4 (1998) 1. S. 69-80.
- Strunk, Ulrich: Die Behandlung von Phänomenen der unbelebten Natur im Sachunterricht. Die Perspektive der Förderung des Erwerbs von kognitiven und konzeptuellen Fähigkeiten. Dissertation. Der andere Verlag, Bad Iburg 1999.
- Sucharowski, Wolfgang: Frühe Bildungsprozesse zwischen Anschlussfähigkeit und traditioneller Kinder- und Jugendhilfe. In: Hansel, Toni (Hrsg.): Frühe Bildungsprozesse und schulische Anschlussfähigkeit. Cantaurus Verlag, Herbolzheim 2004. S.11-14.

- Tausch, Michael; Goodwin, Alan: 7 Thesen zur Forschung in der Didaktik. In Chemie in unserer Zeit. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KG, Weinheim, 37 (2003) 3. S. 210-211.
- Terhart, Ewald: Unterrichtsforschung: Einflüsse, Entwicklungen, Probleme. In: Hopmann, Stefan; Riquarts, Kurt (Hrsg.): Didaktik und, oder Curriculum: Grundprobleme einer international vergleichenden Didaktik. Zeitschrift für Pädagogik: Beiheft; 33. Weinheim [u.a.]: Beltz 1995. S. 197-208.
- Troschka, Ralf: Einführung des Gasbegriffs im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht der Primarstufe. Schriftliche Hausarbeit im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt. Bielefeld 2003.
- Tütken, Hans: Einleitende Bemerkungen zu den „neuen“ naturwissenschaftlichen Elementarschulcurricula in den USA. In: Tütken, Hans; Spreckelsen, Kay (Hrsg.): Zielsetzung und Struktur des Curriculums. Frankfurt: Diesterweg 1070. S. 7-28.
- Van Saan, Anita: 365 Experimente für jeden Tag, Moses Verlag 2002.
- Von Bredow, Rafaela: Wie weinen Krokodile? In: Der Spiegel 15/2005. S. 142-144.
- Wagenschein, Martin; Banholzer, Agnes; Thiel, Siegfried: Kinder auf dem Wege zur Physik. Stuttgart 1973.
- Wiebel, Klaus Hartmut; Spreckelsen, Kay: Evaluationsergebnisse des Lehrgangs „Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule – physikalisch/chemischer Lernbereich“. Teil 2. Zur Frage nach Einflussgrößen auf den Lernerfolg. Gesamthochschule Kassel. 1977.
- Wilson, T. P.: Qualitative „oder“ quantitative Methoden in der Sozialforschung. In: KZfSS. Jg. 34. 1982. S. 487-508.
- Witzel, Andreas: Verfahren der qualitativen Sozialforschung : Überblick und Alternativen. Frankfurt [u.a.] : Campus-Verlag 1982.
- Zeihner, Helga: Kinder in der Gesellschaft und Kindheit in der Soziologie. In: Zeitschrift für Sozialisationsforschung und Erziehungssoziologie. Heft 1, 1996, S. 26-46.

Verzeichnis der Bildungspläne für den Elementarbereich

Deutschland

- Baden-Württemberg: Ministerium für Kultur, Jugend und Sport, Baden-Württemberg (Hrsg.): Orientierungsplan für Bildung und Erziehung für die baden-württembergischen Kindergärten. Pilotphase. 2005.
- Bayern: Bayerisches Staatsministerium für Arbeit und Sozialordnung, Familie und Frauen; Staatsinstitut für Frühpädagogik: Der Bayerische Bildungs- und Erziehungsplan für Kinder in Tageseinrichtungen bis zur Einschulung. Entwurf für die Erprobung. Beltz Verlag 2003.
- Berlin: Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport: Das Berliner Bildungsprogramm für die Bildung, Erziehung und Betreuung von Kindern in Tageseinrichtungen bis zu ihrem Schuleintritt. Verlag das netz, Berlin 2004.
- Brandenburg: Ministerium für Bildung, Jugend und Sport: Grundsätze elementarer Bildung in Einrichtungen der Kindertagesbetreuung im Land Brandenburg. Potsdam 2004.
- Bremen: Freie Hansestadt Bremen - Der Senator für Arbeit, Frauen, Gesundheit, Jugend und Soziales: Rahmenplan für Bildung und Erziehung im Elementarbereich. Bremen 2004.
- Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg - Behörde für Soziales und Familie: Hamburger Bildungsempfehlungen für die Bildung und Erziehung von Kindern in Tageseinrichtungen. Hamburg 2005.
- Hessen: Hessisches Sozialministerium; Hessisches Kultusministerium: Bildung von Anfang an – Bildungs- und Erziehungsplan für Kinder von 0 bis 10 Jahren. 2005.
- Mecklenburg-Vorpommern: Sozialministerium Mecklenburg-Vorpommern: Rahmenplan für die zielgerichtete Vorbereitung von Kindern in Kindertageseinrichtungen auf die Schule. Schwerin 2004.

- Niedersachsen: Niedersächsisches Kultusministerium: Orientierungsplan für Bildung und Erziehung im Elementarbereich niedersächsischer Tageseinrichtungen für Kinder. Hannover 2005.
- Nordrhein-Westfalen: Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen: Bildungsvereinbarung NRW – Fundament stärken und erfolgreich starten. 2003.
- Rheinland-Pfalz: Ministerium für Bildung, Frauen und Jugend, Rheinland-Pfalz: Bildungs- und Erziehungsempfehlungen für Kindertagesstätten in Rheinland-Pfalz. Beltz Verlag 2004.
- Saarland: Der Minister für Bildung, Kultur und Wissenschaft: Bildungsprogramm für saarländische Kindergärten (Entwurf). 2004.
- Sachsen: Der sächsische Bildungsplan – ein Leitfaden für pädagogische Fachkräfte in Kinderkrippen und Kindergärten (Entwurf). Dresden 2005.
- Sachsen-Anhalt: Projektgruppe bildung:elementar: Bildung als Programm für Kindertageseinrichtungen in Sachsen-Anhalt. 2004.
- Schleswig-Holstein: Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein: Erfolgreich starten – Leitlinien zum Bildungsauftrag von Kindertageseinrichtungen. Kiel 2004.
- Thüringen: Thüringer Ministerium für Soziales, Familie und Gesundheit; Thüringer Kultusministerium: Leitlinien frühkindlicher Bildung. Erfurt 2003.

International

- Österreich: Österreichische Rahmenplan "Bildung und Erziehung im Kindergarten". 1975.
- Schweden: Curriculum für die Vorschule (LPFÖ 98). 1998.
- Schweiz (St. Gallen): Erziehungsdepartement des Kantons St. Gallen: Erziehungsplan Kindergarten. 2. Auflage 2001 (in Vollzug seit August 1997).

Verzeichnis der Lehrpläne für den Sachunterricht

Deutschland

- Baden-Württemberg: Ministerium für Kultus, Jugend und Sport. Baden-Württemberg: Bildungsplan 2004. Bildungsstandards für den Fächerverbund Mensch, Natur und Kultur. Stuttgart, 2003.
- Bayern: Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus: Lehrplan für die bayerische Grundschule. München, 2000.
- Berlin: Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg, Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin, Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Mecklenburg-Vorpommern: Rahmenlehrplan Grundschule : Sachunterricht, 2004.
- Brandenburg: Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg, Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin, Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Mecklenburg-Vorpommern: Rahmenlehrplan Grundschule : Sachunterricht, 2004.
- Bremen: Senator für Bildung und Wissenschaft: Rahmenplan für die Primarstufe Sachunterricht. Bremen, 2002.
- Hamburg: Freie und Hansestadt Hamburg: Behörde für Bildung und Sport. Rahmenplan Sachunterricht. Hamburg, 2003.
- Hessen: Hessisches Kultusministerium: Rahmenplan Grundschule. Wiesbaden, 1995.
- Mecklenburg-Vorpommern: Ministerium für Bildung, Jugend und Sport des Landes Brandenburg, Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport Berlin, Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur des Landes Mecklenburg-Vorpommern: Rahmenlehrplan Grundschule : Sachunterricht, 2004.
- Niedersachsen: Niedersächsisches Kultusministerium: Rahmenrichtlinien für die Grundschule. Sachunterricht. Hannover, 1982.

- Nordrhein-Westfalen: Ministerium für Schule, Jugend und Kinder des Landes Nordrhein-Westfalen: Richtlinien und Lehrpläne zur Erprobung für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 2003.
- Rheinland-Pfalz: Kultusministerium Rheinland-Pfalz: Lehrplan Sachunterricht Grundschule. Mainz, 1984.
- Saarland: Ministerium für Bildung und Sport des Landes Saarland: Lehrplan Sachunterricht. Saarbrücken, 1992.
- Sachsen: Sächsisches Staatsministerium für Kultus: Lehrplan Sachunterricht. Dresden, 2004.
- Sachsen-Anhalt: Kultusministerium des Landes Sachsen-Anhalt: Lehrplan Grundschule : Sachunterricht (Erprobung). Magdeburg, 2005.
- Schleswig-Holstein: Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Schleswig-Holstein: Lehrplan Grundschule. Kiel, 1997.
- Thüringen: Thüringer Kultusministerium: Lehrplan für die Grundschule. Erfurt, 1999.

International

- Österreich: Lehrplan der Volksschule, Grundschule – Sachunterricht, Siebenter Teil, Bildungs- und Lehraufgaben sowie Lehrstoff und didaktische Grundsätze der Pflichtgegenstände der Grundschule und der Volksschuloberstufe, Stand: Juni 2003.
- Italien: Lehrplan für die Grundschulen der Autonomen Provinz Bozen. Grundschulen mit deutscher Unterrichtssprache. Landesgesetz vom 30. Dezember 1988, Nr. 64.