

Maria-Anna Bäuml

**Das Experiment
im Sachunterricht
der Grundschule**

Maria-Anna Bäuml

Das Experiment

im Sachunterricht der Grundschule

**Umweltorientiertes, wissenschaftsorientiertes,
schülerorientiertes Lernen durch Experimentieren**



Michael Prögel Verlag Anbach

PRÖGEL-BÜCHER BAND 80

1. Auflage 1979

Snolin ISBN 3-7914-0321-4

Ganzleinen ISBN 3-7914-0322-2

Satz und Offsetdruck der Buchdruckerei J. P. Peter, Gebr. Holstein
Rothenburg ob der Tauber

Leinenbände und Broschüren von der Großbuchbinderei Gg. Gebhardt
Ansbach/Schalkhausen

Zeichnungen von Eduard Wienerl, München

Umschlaggestaltung von Johannes Mertens, Nürnberg

Dieses Buch über das Experiment im Unterricht
widme ich

*meinem lieben Pallo †
und meiner lieben Mutter †*

die das metaphysische Experiment
in ihrem Leben beispielhaft verwirklichten

„Das Opfer verhärtet ein Herz nicht,
sondern gibt oft den Empfindungen, die es zurückbindet,
Milde und Tiefe.

Nichts von all dem tun, was man nach seinem Geschmack
täte, und dabei doch freundlich und unverbittert bleiben:
das heißt einen fremden Willen in sich tragen, heißt tot
sein — aber nur, um schon wieder zu einem neuen Leben
erstanden zu sein und die Kraft zu seinem Tun an seinem
Urquell zu schöpfen.

Die Abtötung ist so das wahre metaphysische Experiment,
jenes, das das Sein selbst in den Griff bekommt.“

Maurice Blondel

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	12
I. Kapitel: Das Experiment im Schulunterricht: Pro und contra — früher und heute	13
1. Experimentieren im Unterricht — warum (nicht)?	13
2. Experimentieren im Unterricht — wie (nicht)?	20
3. Didaktische Forderungen an das Experiment im Grundschulunterricht	36
II. Kapitel: Forschungsexperiment — Unterrichtsexperiment	40
1. Das Experiment als Forschungsstrategie	40
1.1 Allgemeines Begriffsverständnis	40
1.2 Etymologische Begriffsanalyse	41
1.3 Zum philosophie-historischen Begriffsverständnis	42
1.4 Anthropologische Dimensionen im Verständnis der experimentellen Methode	45
Resümee	47
2. Das Experiment als Unterrichtsexperiment	48
2.1 Allgemeines Begriffsverständnis	48
2.2 Die unterrichtstheoretische Bestimmung des Experiments als Lehr- Lern-Strategie	51
2.3 Unterrichtspraktische Bestimmungen des Experiments als Lehr-Lern- Strategie	53
Resümee	55
III. Kapitel: Das Experiment im Dienste der Wissenschaftsorientie- rung des grundlegenden Sachunterrichts	64
1. Die Wissenschaftsorientierung als Zielvorstellung des grundlegenden Sachunterrichts	64
1.1 Die Zielsetzung der wissenschaftsadäquaten Lehr-Lern-Inhalte	66
1.2 Die Zielsetzung der wissenschaftsadäquaten Lehr-Lern-Verfahren	68
1.3 Die Zielsetzung der wissenschaftsadäquaten Lehr-Lern-Einstellungen Resümee	70 71
2. Das Experiment als wissenschaftsorientierte Lehr-Lern-Strategie	73
2.1 Das Experimentieren als wissenschaftsorientierte Inhaltsvermittlung	73
2.2 Das Experimentieren als wissenschaftsorientierte Verfahrensschulung	76
2.3 Das Experimentieren als wissenschaftsorientierte Einstellungsanbahnung Resümee	80 81
3. Unterrichtsmodelle	86

3.1	Thema: Spiele mit dem Baukasten — welche Gesetzmäßigkeiten wir dabei beachten	86
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 1—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Technische Gesetzmäßigkeiten bei spielerischen Bauexperimenten erfassen	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Technik	
3.2	Thema: Wie wir aus Herbstlaub Bilder machen können	88
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 1—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Durch bildnerischen experimentellen Umgang mit Herbstblättern grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Reproduktion bzw. Konservierung von Stoffen erfassen	
	<i>Fachbezug:</i> Kunsterziehung/Physik/Chemie/Biologie	
3.3	Thema: Wie wir verschiedene Töne erzeugen	90
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Durch spielerisches Experimentieren und experimentierendes Lernen musikalisch-physikalische Grunderfahrungen machen	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Musik	
3.4	Thema: Wir basteln eine Puppe, die sich — wie wir — gut bewegen, die stehen und sitzen kann	92
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 2—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Durch Basteln einer Puppe biologische Gesetzmäßigkeiten des menschlichen Körperbaues erfassen	
	<i>Fachbezug:</i> Biologie/Technik/Menschenkunde	
3.5	Thema: Wie wir beim Spielen mit Magneten die geheimnisvollen Kräfte des Magneten feststellen können	94
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 2—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Durch spielerisches Experimentieren Naturgesetzmäßigkeiten erkennen	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Magnetismus	
3.6	Thema: Experimente mit dem (Regen-)Schirm — was wir dabei über die Luft erfahren	96
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Zusammenhänge zwischen physikalischen Gesetzmäßigkeiten und (technischen) Gegebenheiten aus der menschlichen Alltagswelt erkennen	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Technik	
3.7	Thema: Wir zerlegen unsere Taschenlampe und bauen sie wieder richtig zusammen	98
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Den Zusammenhang zwischen Bau und Funktion technischer Umweltgegenstände erfassen	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Elektrizität/Technik	
3.8	Thema: Wir untersuchen, wie sich Bohnensamen am besten zu einer Bohnenpflanze entwickeln können	100
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 2—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Biologische Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten bei der Durchführung einer Langzeitbeobachtung erkennen	
	<i>Fachbezug:</i> Biologie/Ökologie	

3.9	<i>Thema:</i> Wir untersuchen, welche Gegenstände auf dem Wasser schwimmen und welche sinken	102
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Durch spielerisches Experimentieren physikalische Gesetzmäßigkeiten erkennen	
	<i>Fachbezug:</i> Physik	
3.10	<i>Thema:</i> Wir basteln eine Blumenpresse	104
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Technische Grundfertigkeiten beim Bau einer Blumenpresse erlernen	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Biologie	
IV. Kapitel: Das Experiment im Dienste der Umweltorientierung des grundlegenden Sachunterrichts		106
1.	Die Umweltorientierung als Zielvorstellung des grundlegenden Sachunterrichts	106
1.1	Die Zielsetzung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses	109
1.2	Die Zielsetzung der aktiven Umweltzuwendung	111
1.3	Die Zielsetzung des kooperativen Erwerbs von Umwelterfahrungen	114
	Resümee	116
2.	Das Experiment als umweltorientierte Lehr-Lern-Strategie	117
2.1	Das Experimentieren als Lehr-Lern-Strategie zur Gewinnung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses	117
2.2	Das Experimentieren als Lehr-Lern-Strategie zur Förderung einer aktiven Umweltzuwendung	119
2.3	Das Experimentieren als kooperativer Erwerb von Umwelterfahrungen	121
	Resümee	123
3.	Unterrichtsmodelle	128
3.1	<i>Thema:</i> Warum mein Ball so gut springen kann	128
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 1—2	
	<i>Didaktische Intention:</i> (Sachliche) Klärung von (erlebten) Sachverhalten aus der Erfahrungswelt des Kindes	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Chemie	
3.2	<i>Thema:</i> Wie wir uns vor Feuchtigkeit schützen	130
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 1—2	
	<i>Didaktische Intention:</i> Klärung alltäglicher Verhaltensweisen durch physikalische Kenntnisse	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Chemie	
3.3	<i>Thema:</i> Wie uns Rollen und Räder die Arbeit erleichtern	132
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 1—3	
	<i>Didaktische Intention:</i> Erkenntnis, daß der Mensch durch kluges Anwenden von natürlichen Gesetzmäßigkeiten sich beschwerliche Arbeiten erleichtern kann	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Chemie/Arbeitslehre	

3.4	<i>Thema:</i> Warum Verpackungen aus verschiedenen Stoffen sind	134
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 1—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Zusammenhänge zwischen der Gebrauchsfunktion und der Gestaltungsfunktion von Gegenständen an einem Beispiel aus der Umweltgestaltung aufzeigen	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Chemie/Kunsterziehung/Haushaltslehre	
3.5	<i>Thema:</i> Wie Erbsen als Sprengmittel dienen können	136
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 1—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Kenntnisse bzw. Erkenntnisse über biologische und physikalische Eigenschaften eines Umweltphänomens erarbeiten	
	<i>Fachbezug:</i> Biologie/Physik/Chemie/Kulturgeschichte	
3.6	<i>Thema:</i> Was uns der im heißen Tee stehende Löffel lehrt	138
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 2—3	
	<i>Didaktische Intention:</i> Erfahrungen aus der alltäglichen Umwelt denkend hinterfragen lernen	
	<i>Fachbezug:</i> Haushaltslehre/Physik	
3.7	<i>Thema:</i> Zaubereien in der Küche	140
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 2—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Kenntnisse über Unterschiede/Gesetzmäßigkeiten im „Verhalten“ von Flüssigkeiten zueinander bzw. zu festen Stoffen als Erklärungsmöglichkeiten für Umweltphänomene erwerben	
	<i>Fachbezug:</i> Haushaltslehre/Physik/Chemie/Ökologie	
3.8	<i>Thema:</i> Warum die Stockente so gut schwimmen kann	142
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Zusammenhänge zwischen Körperbau und Lebensraum von Lebewesen am Beispiel der Stockente exemplarisch erfassen	
	<i>Fachbezug:</i> Biologie/Physik/Ökologie	
3.9	<i>Thema:</i> Wir untersuchen verschiedene Bodenarten	144
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Kenntnisse bzw. Fertigkeiten zur Umwelterkundung im ökologischen Bereich erarbeiten	
	<i>Fachbezug:</i> Ökologie/Biologie/Physik/Chemie	
3.10	<i>Thema:</i> Was das Licht bewirken kann	146
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Kenntnisse bzw. erste Einsichten über naturwissenschaftliche Erklärungen von sonderbaren Umweltphänomenen an Beispielen aus der Lichtlehre erarbeiten	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Optik	
V. Kapitel: Das Experiment im Dienste der Schülerorientierung des grundlegenden Sachunterrichts		148
1.	Die Schülerorientierung als Zielvorstellung des grundlegenden Sachunterrichts	148

1.1	Die Zielsetzung der individualpsychologisch orientierten Lehr-Lern-Organisation	150
1.2	Die Zielsetzung der individuellen Lernmotivierung	152
1.3	Die Zielsetzung des schülergesteuerten Problemlöseverhaltens	155
	Resümee	157
2.	Das Experiment als schülerorientierte Lehr-Lern-Strategie	158
2.1	Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie als individualpsychologisch orientierte Lehr-Lern-Organisation	158
2.2	Das Experimentieren als lernmotivierende Strategie	160
2.3	Das Experimentieren als schülergesteuerte Problemlösungsstrategie	161
	Resümee	164
3.	Unterrichtsmodelle	170
3.1	<i>Thema:</i> Stoffe können ihre Form verändern	170
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 1—2	
	<i>Didaktische Intention:</i> Elementare physikalische Kenntnisse durch handelnd-experimentellen Umgang erwerben	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Umweltkunde	
3.2	<i>Thema:</i> Die Pflanzenvermehrung ohne Samen	172
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 2—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Biologisch grundlegendes Wissen über die Möglichkeiten der künstlichen bzw. der natürlichen vegetativen Vermehrung erarbeiten	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Ökologie/Gartenbau	
3.3	<i>Thema:</i> Was die Lufteinwirkung auf alkoholische Getränke bewirkt	174
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 2—3	
	<i>Didaktische Intention:</i> Alltägliche Umwelterfahrungen mit Hilfe von chemischen Grundkenntnissen erklären können	
	<i>Fachbezug:</i> Chemie/Haushaltslehre	
3.4	<i>Thema:</i> Wie unterschiedlich Pflanzen wachsen können	176
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 1—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Kenntnisse und Einsichten in biologische Wachstumsvorgänge und Wachstumsbedingungen gewinnen	
	<i>Fachbezug:</i> Biologie/Ökologie	
3.5	<i>Thema:</i> Die Farbprobe als Nachweis für Säuren und Laugen	178
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Elementares chemisches Wissen über Farbproben als Nachweis für das Vorhandensein bestimmter Stoffe erwerben	
	<i>Fachbezug:</i> Chemie/Haushaltslehre/Umweltkunde	
3.6	<i>Thema:</i> Die Jodprobe als Nachweis für Stärke in „weißem Pulver“	180
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Grundlegende chemische Verfahrensweisen zur Bestimmung von Stoffeigenschaften am Beispiel des Jodnachweises kennenlernen	
	<i>Fachbezug:</i> Chemie/Umweltkunde	

3.7	<i>Thema:</i> Wie verschmutztes Wasser gereinigt werden kann	182
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Physikalische, chemische und biologische Kenntnisse in ihrer Anwendbarkeit auf eine alltägliche Umweltsituation verstehen	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Chemie/Umweltschutz/Biologie	
3.8	<i>Thema:</i> Wovon die Rostbildung abhängig ist	184
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Am Beispiel der Rostbildung einen exemplarischen Einblick in elementare chemische Vorgänge gewinnen	
	<i>Fachbezug:</i> Chemie/Werkzeugkunde/Umweltkunde	
3.9	<i>Thema:</i> Wasserstand und Wasserleitung	186
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Physikalische Kenntnisse im Zusammenhang mit alltäglichen Umweltphänomenen sehen lernen	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Chemie/Umweltkunde	
3.10	<i>Thema:</i> Wie Räder und Riemen in einem Getriebe zusammenwirken	188
	<i>empf. Jahrgangsstufe:</i> 3—4	
	<i>Didaktische Intention:</i> Elementare physikalisch-technische Einsichten beim handelnd-experimentierenden Umgang mit Rädern gewinnen	
	<i>Fachbezug:</i> Physik/Technik/Maschinen-/Werkzeugkunde	
	Anhang: Darstellung der schriftlichen Befragung	190
1.	Zielsetzung der Befragung	190
2.	Anlage der schriftlichen Befragung	191
2.1	Aufbau des Fragebogens	191
2.2	Erprobung und Revision des Fragebogens	192
3.	Bemerkungen zum Ausfüllen des Fragebogens	193
4.	Durchführung der Befragung	193
4.1	Auswahl der Adressatengruppe	193
4.2	Verteilung und Rücklauf des Fragebogens	193
4.3	Reaktion auf die Befragung	194
4.4	Art der Datenverarbeitung	194
5.	Darstellung des Fragebogens und der Ergebnisse der Befragung	194
	Literaturverzeichnis	204
	Literatur zur Untersuchung des Experiments in Forschung und Unterricht	204
	Literatur zum Experimentieren in Unterricht und Freizeit	210

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1:	Das Experiment in seiner Funktion für den Mensch-Welt-Bezug	46
Abb. 2:	Der Stellenwert der Lehr-Lern-Strategie innerhalb der Unterrichtsmethode	55
Abb. 3:	Die strukturelle Analogie zwischen der experimentellen Methode und der Lehr-Lern-Strategie	56/57
Abb. 4:	Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie als Makrostrategie: wissenschaftstheoretisch orientierte Phaseneinteilung	58
Abb. 5:	Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie als Makrostrategie: <i>unterrichtspraktisch</i> orientierte Phaseneinteilung für den Grundschulunterricht	59
Abb. 6:	Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie: unterrichtspraktisch orientierte, detaillierte Phaseneinteilung	60
Abb. 7:	Schema der Verfahrensstruktur von „Science — A Process Approach“ (nach R. A. Bernoff und A. Uffelmann)	61
Abb. 8:	Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie als Mikrostrategie: mikrostrategische Lehraktivitäten	62
Abb. 9:	Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie als Mikrostrategie: mikrostrategische Lernaktivitäten	63
Abb. 10:	Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielkomponente der wissenschaftsadäquaten Inhaltsvermittlung und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	82
Abb. 11:	Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielkomponente der wissenschaftsadäquaten Methodenanwendung und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	83
Abb. 12:	Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielkomponente der wissenschaftsadäquaten Einstellungsanbahnung und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	84
Abb. 13:	Strukturmodell des Realisationszusammenhangs zwischen den durch die didaktische Leitvorstellung der Wissenschaftsorientierung angestrebten Lehr-Lern-Dimensionen und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	85
Abb. 14:	Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielsetzung der Vermittlung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	124
Abb. 15:	Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielsetzung der Förderung einer aktiven Umweltzuwendung und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	125
Abb. 16:	Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielsetzung der Schulung im kooperativen Erwerb von Umwelterfahrungen und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	126
Abb. 17:	Strukturmodell des Realisationszusammenhangs zwischen den durch die didaktische Leitvorstellung der Umweltorientierung angezielten Lehr-Lern-Dimensionen und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	127
Abb. 18:	Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielsetzung der individualpsychologisch orientierten Lehr-Lern-Organisation und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	166
Abb. 19:	Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielsetzung der Lernmotivierung und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	167
Abb. 20:	Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielsetzung des schülergesteuerten Problemlöseverhaltens und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	168
Abb. 21:	Strukturmodell des Realisationszusammenhangs zwischen den durch die didaktische Leitvorstellung der Schülerorientierung angezielten Lehr-Lern-Dimensionen und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	169

Vorwort

Im Rahmen der bildungspolitischen Reformdiskussion um die Innovation der Ziele und Inhalte der Grundschule wurden naturwissenschaftliche Lernbereiche neu in die Lehrpläne eingebracht ohne vorherige Klärung unterrichtstheoretischer Implikationen und ohne die Verbesserung der diesbezüglichen Informationsbasis.

Die spezifische Fragestellung dieser — im Grundkonzept 1977 an der Regensburger Universität als Dissertation eingereichten — Veröffentlichung muß in diesem Zusammenhang als wissenschaftlich gültiger Beitrag gewertet werden, und zwar derzeit noch als einziger Beitrag im deutschsprachigen Raum. Die Ergebnisse der Untersuchung über das Experiment als Gegenstand der Unterrichtsforschung liefern eine tragfähige Basis für die überzeugende Darstellung der Erkenntnis, welche hoher Stellenwert der experimentellen Lehr-Lern-Strategie im naturwissenschaftlich-technischen Lernbereich des Sachunterrichts zukommt. Den nachgewiesenen Realisationszusammenhang zwischen den modernen didaktischen Leitvorstellungen der Wissenschaftsorientierung, der Schülerorientierung sowie der Umweltorientierung und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie führt die Verfasserin konsequent über in zahlreiche Unterrichtsmodelle. So wird dieses Buch zur unentbehrlichen Handreichung für das Lernen durch Experimentieren im grundlegenden Sachunterricht.

Den Lesern dieses Buches wünsche ich, daß sie die neugewonnenen Einsichten in elementare didaktisch-methodische Dimensionen als echte wissenschaftliche Bereicherung empfinden und darüber hinaus das Buch als Handreichung für die Unterrichts- und Erziehungsarbeit im naturwissenschaftlichen Lernbereich des Sachunterrichts der Grundschule von Nutzen sein möge.

Regensburg, im September 1978

Karolina Fahn

Die theoretische Grundlagenarbeit zum vorliegenden Werk gehört in den umfangreichen Kreis von Reflexionen über das Verhältnis von Unterrichtstheorie und Unterrichtspraxis, die seit Beginn meiner pädagogisch-didaktischen Ausbildung an der Regensburger Pädagogischen Hochschule im Zentrum meiner Arbeit standen.

Ein besonderer Dank gilt in diesem Zusammenhang Frau Prof. Dr. Karolina Fahn und Prof. Dr. Ferdinand Ulrich, die mich von Anfang an auf dem langen und beschwerlichen Weg zu wissenschaftlicher Wahrhaftigkeit begleiteten und stets zu problemorientierten Diskussionen aufgeschlossen waren.

Einen verbindlichen Dank möchte ich Herrn Prof. Dr. Helmut Heid und Prof. Dr. Josef Reiter aussprechen, die mir zur Erarbeitung der theoretischen Grundlagen wertvolle Hinweise gaben.

Danken möchte ich auch Herrn Stadtschulrat K. Gschwendner und Herrn W. Hirsch für die freundliche Hilfestellung bei der Durchführung der empirischen Untersuchung und Herrn J. Kraus für die mühevollen Durchsicht des Manuskripts.

Mein Dank gilt nicht zuletzt dem Verleger, dem Lektor G. Weigand und dem Grafiker H. Wienerl für das stets freundliche Entgegenkommen bei der Entstehung dieses Handbuches.

Regensburg, im September 1978

Maria-Anna Bäuml

I. Kapitel

„Die Wirksamkeiten, auf die wir achten müssen, wenn wir wahrhaft gefördert sein wollen, sind:

vorbereitende	nachhelfende	hindernde
begleitende	fördernde	nachwirkende.
mitwirkende	verstärkende	

Im Betrachten wie im Handeln ist das Zugängliche von dem Unzugänglichen zu unterscheiden: ohne dies läßt sich im Leben wie im Wissen wenig leisten.“

Johann Wolfgang von Goethe

Das Experiment im Schulunterricht: Pro und contra – früher und heute

1. Experimentieren im Unterricht — warum (nicht) ?

Eine bereits 1949 veranstaltete Rundfrage des Internationalen Büros für Erziehungswesen brachte das Ergebnis, daß der „Geist des *freien Forschens* und des *persönlichen Experimentierens*“ (Piaget 1950, S. 35) in den meisten Lehrplänen besondere Beachtung findet. Die Heranbildung eines „aktiven Verstandes, der mit kritischem Scharfsinn, persönlicher Urteilskraft und konstruktivem Forschungsgeist ausgestattet ist“ (ebd.), gilt bereits im Anfangsunterricht als eines der Hauptziele unterrichtlicher Arbeit.

Wenn die traditionelle Schule es auf weite Strecken unterlassen hat, die Schüler zum eigenen Experimentieren anzuleiten, so ist das nach Piaget (1948, S. 38) „ein geradezu unglaubliches Versäumnis“. Insbesondere der Unterricht der Naturwissenschaft an der Grundschule hat — den Vorgängen der natürlichen geistigen Entwicklung entsprechend — „der Aktivität der Schüler, ihrem spontanen Forschungsseifer und ihrer Neigung, sich durch selbständiges Experimentieren voranzutasten und so die von ihnen selbst zur Erklärung dieses oder jenes elementaren Phänomens aufgestellten Hypothesen zu erhärten oder zu widerlegen“ (ebd., S. 80), Rechnung zu tragen.

Die *Prognose*, daß das *Experiment ständig an didaktischem Wert zunehmen wird*, gründet sich vor allem auf folgende *didaktische Effektivitätskriterien*:

- Das Experiment ist ein Mittel zur Erziehung zum produktiven Denken.
- Das Experiment ist ein Weg naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung in elementarer Form.
- Das Experimentieren schafft Anlässe zur Ausbildung sensorischer und kognitiver Fähigkeiten in gegenseitiger Befruchtung.
- Das Experimentieren bildet Bildungsmöglichkeiten für wertvolle Charakter- und Verhaltenseigenschaften.
- Das Experimentieren ist eine Realisationsform kindlicher Spiel- und Experimentierfreude.

Diese aufgezeigten *Möglichkeiten entsprechen wichtigen Grundsätzen der modernen Didaktik:*

- Ermöglichung des selbständigen Lernens
- Förderung der Entwicklung aller geistig-seelischen Fähigkeiten der Kinder
- Bestärkung der Lern- und Leistungsbereitschaft
- Vermittlung von emanzipatorischen Qualifikationen
- Anregung selbstinitiiertes und selbstgesteuerter Aktivitäten
- Erwerb von Problemlösungsfähigkeiten im Sinne eines Aufbaus allgemeiner Lernfähigkeiten

Andererseits wird gesagt:

- Die Experimentiermethode hat einen oberflächlichen Begriff von Aktivität als Zielvorstellung.
- Das „Herumexperimentieren“ (*Eckardt*) fördert die gedankenlosen Handlungen der Schüler.
- Die üblichen naturwissenschaftlichen Schulversuche sind „erschlichene Empirismen“ (*Schietzel*).
- Das Experiment dient nur der Veranschaulichung des Lehrerwortes.
- Das Experiment wird beim Einsatz im Schulunterricht seiner strukturlogischen Funktion enthoben zugunsten der Schülermotivierung.
- Die experimentelle Tätigkeit wird beim Unterrichtsexperiment zu einer pseudoexperimentellen Tätigkeit umfunktioniert.
- Die Anstrengungen und Schwierigkeiten bei der Durchführung des Experiments im Unterricht korrelieren in keiner Weise mit den Lernergebnissen.
- Der große Zeit- und Materialaufwand fördert nur die Geschäftigkeit der Schüler und nicht deren intensive Lernanstrengung.
- Spielerei, Verführung und didaktische Reduktion sind beim Unterrichtsexperiment unvermeidbar.

Aussagen von Unterrichtstheoretikern und Unterrichtspraktikern über das Experimentieren im Unterricht — pro und contra — früher und heute

„Sonderlich aber sind die sogenannten experimenta hierher zu rechnen. Und der Nutzen bestehet darinn, daß solches nicht nur einen weit lebhaftern und sinnlichern Eindruck giebet, sondern auch viel vergeblicher Worte erspart, und die Jugend anbey in beständiger Lust und Aufmerksamkeit erhält.

Nota:

Eine mündliche Erklärung eines jeden Stückes nebst Frag und Antwort muß allerdings auch dazu kommen, ingleichen eine schriftliche Verzeichnis der vornehmsten daran zu bemerkenden Umstände, indeme sonst mancher die Sache nur wie die Kuh ein neu Thor ansehen und weder zu einem klaren noch deutlichen Begriff kommen würde: Allein wer siehet nicht, daß durch die sichtbare Darstellung des Objecti selbst solche Arbeit mehr als die Helfte erleichtert wird.“

(*Gross, J. G.*: Unmaaßgebliche Gedancken über ein mit leichten Kosten zu errichtendes SEMINARIUM POLITIKUM. Nürnberg 1739, S. XVIII)

„Angestellte Versuche mit dem Wasser und der Luftpumpe werden ihnen besser gefallen, und auf das ganze Leben lehrreicher seyn, als strenge Beweise von der Bewegung, der Farbe und dem Feuer.“

(*Harles, G. Chr.*: Gedanken von den Real-Schulen. Bremen 1766, S. 39)

„Weiter koennen wir in dieser Classe denn und wenn allerhand Experimente von Untersuchung des Wassers, Biers, Weins und anderen Dingen anstellen; von Scheidung der Metalle, von Destilir-, Schmelz- und Kalckofen, ingleichen von den Bergwercken und was dabey zu beobachten ist, handeln, vornehmlich wie es die Nothwendigkeit und der Nutzen erfordern, Untersuchungen anzustellen, ob an einem Orte, insbesondere wo es Gebirge gibt, nicht etwa Bergwerke anzulegen sind.“

(Hecker, J. J.: Sammlung der Nachrichten von den Schulanstalten bei der Dreyfaltigkeitskirche auf der Friedrichsstadt in Berlin. Berlin 1749, S. 42f.)

„Bei dieser eingewöhnten Vorliebe zur mechanischen Lehrart darf man sich nicht wundern, daß letztere auch auf die Lehrfächer übertragen wurde, welche in neuern Zeiten erst in die Elementarschulen eingeführt wurden; ich meine die Naturgeschichte, Naturlehre, Geographie und Geschichte. Man richtete sehr häufig Kinder ab, mit Fertigkeit die Nahmen einer Menge Naturkörper herzunennen und auch die vorzüglichen Merkmahle derselben anzugeben. Aber alle diese schönen, oft sehr bewunderten Kenntnisse erschienen bei näherer Untersuchung als bloße Gedächtnißwaare ohne weitern sonstigen Werth, als zur fleißigen Uebung des Gedächtnisses gedient zu haben. Die Gestalt und sonstigen Merkmahle lernten die Kinder nicht *selbst*, entweder in der Natur oder an getreuen Abbildungen, *aufsuchen*, mit andern *vergleichen*, *zusammenstellen*, *ordnen*. Dadurch würden sie sich zu selbstthätigen Wesen entfaltet haben. Man wollte seinen Schülern nur gewisse Kenntnisse oder viel mehr Worte zu Gedächtniß bringen, und keineswegs ihre Verstandeskraft an diesem Denkstoffe selbständig üben und dadurch ausbilden.

In der Naturlehre hütete man sich, ihnen Gelegenheit theils in der Natur, theils durch kleine Experimente zu verschaffen, die *gesetzliche Ordnung* in dieser äußern Erscheinungswelt *selbst aufzusuchen*. Wozu braucht man dieß, wenn sie beim Examen mit papageienmäßiger Fertigkeit einige Lehrsätze auswendig herzusagen mußten.“

(Stephani, D. H.: Worin besteht eigentlich das Mechanische, welches der bisherigen Unterrichtsweise in Volksschulen zum Vorwurf gemacht wird, in: Der bairische Schulfreund. Bd. 5, S. 9)

„Drei Hauptstücke sind es, die jeder Mensch von der ihn umgebenden Sinnenwelt genau kennen lernen muß. Erstlich muß er die *Bestandtheile* derselben, obgleich ihre Menge im eigentlichen Sinne unzählbar ist, voneinander zu *unterscheiden* wissen, um sie nicht zu *verwechseln*. Die Welt bietet ihm aber nicht bloß eine ungeheure Menge von den verschiedensten Körpern an, sondern sie läßt ihn zu gleicher Zeit beständige *Veränderungen* in derselben wahrnehmen, die gleichfalls sehr verschieden sind, aber nach bestimmten Gesetzen erfolgen. Diese *Naturerscheinungen* nach ihrem *gesetzlichen Zusammenhange* sich zu erklären, ist das zweite, was sein Verstand zu deutlicher Erkenntniß zu bringen hat. Endlich drittens muß er alle Gegenstände *zählen und messen*, oder ihr Verhältnis zur Einheit in der Zeit und im Raum bestimmen können.“

(Stephani, D. H.: System der öffentlichen Erziehung. Berlin 1805, S. 118)

„Wie daher die Uranfänge aller Wissenschaften in den einfachsten Erfahrungen des alltäglichen Lebens liegen, so ist solches nicht nur in betreff des Anfanges, sondern in allen Theilen mit der Naturlehre der Fall. Überall zuerst und vorzugsweise Beobachtung oder Experiment, dann überlegende Betrachtung der Erscheinungen und Schlüsse daraus bis zur Aufstellung des in ihnen Gleichartigen oder Gemeinschaftlichen, das heißt des Gesetzes, und dann Entwicklung der Erscheinung aus dem Gesetz; also zuerst regressiv, dann progressiv oder konstruktiv.“

(Diesterweg, F. A. W.: Rezension über die von J. G. Fischer bearbeitete 8. Auflage (1834) der Volksnaturlehre *Hellmuths* in: Rheinische Blätter für Erziehung und Unterricht, Jg. 1834, H. 10, S. 390)

„Die Heranziehung der Erfahrungen aus dem Gesichtskreise der Schüler erhält erst dann eine nicht zu unterschätzende Bedeutung und Berechtigung, wenn ihnen der Versuch und

das Ergebnis aus demselben vorangegangen und zum vollen Verständnis gebracht sind.“

(*Baenitz, C.*: Welchen Charakter soll der letzte physikalische Kursus tragen?, in: *Lüben, A.*: Praktischer Schulmann, Jg. 1869)

„*Erste These*: Es liegt in der Natur des physikalischen Unterrichts, daß derselbe erst nach dem naturgeschichtlichen mit Erfolg behandelt werden kann.

Zweite These: Religiöse Betrachtungen gehören nicht sowohl in die Physikstunde, als vielmehr Betrachtungen der Natur in die Religionsstunde.

Dritte These: Die Methode des physikalischen Unterrichts muß die experimentierende sein, damit derselbe einen Inhalt habe, und sich der Katechese bedienen, damit seine Form zum Verständniß führe ...“

(*Crüger, J.*: Die Methodik der Naturlehre in fünf motivierten Thesen dargestellt, in: Schulblatt für die Provinz Brandenburg, Berlin 1852, S. 696 f.)

„Soll aber der Unterricht in der Naturlehre wirklich das leisten, was man von ihm erwartet, so muß derselbe — die Methode mag sonst sein, welche sie will — notwendig durch Versuche unterstützt werden; die Zeiten, wo man mit Kreide allein glaubte ausreichen zu können, sind nun zum Heil unserer Schulen vorbei.“

(*Frick, J.*: Die physikalische Technik oder Anleitung zur Anstellung von physikalischen Versuchen und zur Herstellung von physikalischen Apparaten mit möglichst einfachen Mitteln. Braunschweig 1872⁴, S. V)

„Der naturkundliche Unterricht halte sich streng *auf dem Boden der Anschauung*. Die Stoffauswahl — sei sie auch noch so begrenzt — strebe *etwas Ganzes* (Einheitliches, Abgerundetes) an.

Einige Individualkörper sind *ausführlich* zu betreiben, bei andern genügt ein *notizmäßiges* Kennenlernen.

Der naturkundliche Unterricht beginnt schon *auf der Unterstufe*.

Auf allen Stufen müssen die *Erfahrungskennntnisse* der Kinder angelegentlich und sorgfältig mit verwertet werden.

Die Unterweisung geschehe stets zuerst durch das mündliche Wort. —“

(*Raumer, K. v.*: Geschichte der Pädagogik, 3. Teil. Gütersloh 1873. Mathematischer Unterricht und Elementarunterricht in der Naturkunde, S. 282)

„Wer Lehrer werden will, muß nicht allein beobachten und denken, er muß auch sprechen, demonstrieren und experimentieren lernen.“

(*J. H. Hellmuth's* Elementar-Naturlehre für den wissenschaftlichen Unterricht an höheren und mittleren Lehranstalten. Braunschweig 1877⁸, S. VII)

„Wenn von einem anerkannten Werte des naturwissenschaftlichen Unterrichtes für die allgemeine Bildung gesprochen wird, so beruht diese Anschauung auf einer völligen Verkenntnis des Wesens der Naturwissenschaften. Letztere sind in eminentem Sinne Fachwissenschaften und haben mit der *allgemeinen Bildung äußerst wenig zu schaffen*. Bei den experimentellen Wissenschaften erscheint allerdings vieles verführerisch und verlockend. Es ist recht amüsant, einen Froschschenkel durch den galvanischen Strom zappeln zu machen, Metalle in Sauerstoff zu verbrennen, Kohlensäure zu komprimieren, und was derartige Scherze mehr sind; aber durch alle diese Experimente — und wenn deren auch 100 und 1000 angestellt werden — lernt die Schülerin jedesmal doch nur eine einzelne physikalische oder chemische Thatsache kennen. Die Kenntnis vereinzelter wissenschaftlicher Thatsachen hat aber für die allgemeine Bildung doch wohl nur sehr geringen Wert ...“
(Neue Preußische Zeitung vom 6. November 1880)

„Im Unterricht in der Naturlehre kommt es nicht nur auf die Mitteilung von Einzelkenntnissen, sondern auch auf die Beobachtung der Erscheinungen begründete Erfassung der

Naturgesetze und das Verständnis ihres Zusammenhanges, sowie auf die Kenntnis ihrer Anwendung an.

In allen Zweigen der Naturlehre ist es von besonderer Wichtigkeit, daß in eingehender Weise die Bedeutung oder Verwendung der Naturkörper im Haushalt der Natur oder im täglichen Leben, für Landwirtschaft und Gewerbe, Technik und Industrie, Verkehrswesen, Gesundheitspflege und dergl. behandelt wird.

Das Zeichnen ist fleißig anzuwenden.

Die Schüler sind auch mit dem Gebrauch von Lupe und Mikroskop bekanntzumachen.

Es ist ferner besonders darauf Bedacht zu nehmen, die Zöglinge im Anstellen von Beobachtungen und Versuchen zu üben. Darauf ist während des gesamten Unterrichts zu achten. In der Oberklasse des Seminars sind derartige Übungen planmäßig im Zusammenhang mit den Belehrungen über Methodik unter Heranziehen sämtlicher Zöglinge der Klasse zu betreiben.

Soweit möglich ist der Unterricht auch durch planmäßig geleitete Beobachtungen in der Natur, in Werkstätten und Fabriken zu unterstützen. Es empfiehlt sich, Anweisung zum Selbstanfertigen einfacher Apparate zu erteilen.

Die Lektüre gemeinverständlicher naturwissenschaftlicher Werke ist zur Förderung des Unterrichts zu benutzen."

(Dörpfeld, F. W.: Über den naturkundlichen Unterricht in der Volks- und Bürgerschule, in: Realunterricht. Gütersloh 1895, S. 14f.)

„Grundsatz 1:

Die Physik ist im Unterricht nicht als mathematische Wissenschaft, sondern als Naturwissenschaft zu behandeln.

Grundsatz 2:

Die Physik als Unterrichtsgegenstand ist so zu betreiben, daß sie als Vorbild für die Art, wie überhaupt im Bereiche der Erfahrungswissenschaften Erkenntnis gewonnen wird, dienen kann.

Grundsatz 3:

Für die physikalische Ausbildung der Schüler sind planmäßig geordnete Übungen im eigenen Beobachten und Experimentieren erforderlich."

(Meraner Vorschläge, 1905, S. 8)

„Der Projektentwerfer, der Erbauer von Luftschlössern, der Romanschreiber, der Dichter sozialer oder technischer Utopien experimentiert in Gedanken. Aber auch der solide Kaufmann, der ernste Erfinder oder Forscher tut dasselbe. Alle stellen sich Umstände vor und knüpfen an diese Vorstellung die Erwartung, Vermutung gewisser Folgen; sie machen eine Gedankenerfahrung. Aber während die ersteren in der Phantasie Umstände kombinieren, die in Wirklichkeit nicht zusammentreffen, oder diese Umstände sich von Folgen begleitet denken, welche nicht an dieselben gebunden sind, werden die letzteren, deren Vorstellungen gute Abbilder der Tatsachen sind, in ihrem Denken der Wirklichkeit sehr nahe bleiben. Alle, die sich mit Experimentieren einigermaßen beschäftigt haben, wissen sogar, daß jedem physischen Experiment ein entsprechendes Gedankenexperiment vorausgehen muß, das den Gang des physischen Experiments nachher leitet."

(Kerschensteiner, G.: Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Leipzig/Berlin 1914, S. 77)

„Schon wenn ich den Desmidiazeen, die ich beobachten will, unter dem Objektträger durch irgendwelche Reize, die ich auf sie wirken lasse, andre Stellungen zu geben versuche, um meine Formstudien leichter zu vervollkommen, oder wenn ich beim Erlernen des Tennisspiels zum erstenmal meinem Schläger absichtlich eine bestimmte Stellung gebe, um dem Ball, von dessen Flug ich bis dahin befriedigt war, wenn er nur überhaupt über das Netz zurückgelangte, nunmehr eine bestimmte Richtung zu geben, greife ich in den Verlauf

der Erscheinung ein; ich *experimentiere*. Die Neigung zum Experimentieren, d. h. zum absichtlichen Eingreifen in den Gang des Ereignisses behufs besserer Beobachtung ist dem Menschen angeboren. Das Gehenlernen vollzieht sich vollständig unter dem Einflusse eines unbewußt verlaufenden Experimentierens. Selbst die Fundamentalmethode des Experimentierens, die Methode der *Variation*, wie sie *Mach* nannte, ist dem Menschen gewissermaßen angeboren. Ja, wir beobachten diese Anlage nicht bloß beim Menschen, sondern auch bei den Tieren.

Daß der richtig betriebene naturwissenschaftliche Unterricht diese angeborenen Fähigkeiten jedes Menschen zum Experimentieren entwickelt und sie zu einem bewußten, vom Denken geleiteten Werkzeug macht, die Erfahrung zu erweitern, neue Vorstellungen und Begriffe zu gewinnen, das ist der große, ganz spezifische Erziehungswert dieser Unterrichtsdisziplin. Aber man lernt nicht Experimentieren durch Zuschauen. Wie man Schwimmen nur durch Schwimmen und Reiten nur durch Reiten lernen kann und nicht durch Vorschriften, so lernt man Experimentieren nur durch Experimentieren und nicht durch Anweisungen.“

(*Kerschensteiner, G.*: Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Leipzig/Berlin 1914, S. 76)

„... für alle Fälle ist im naturwissenschaftlichen Unterricht das Gedankenexperiment nicht weniger zu pflegen als das physikalische Experiment. Ja, ich habe die Überzeugung, daß diese Schulung im provisorischen Durchdenken der erst auszuführenden Prozesse und ihrer möglichen Ergebnisse ein Grundmerkmal vieler gut geleiteten Schülerübungen ist. Die ganze Versuchsanordnung muß so weit als möglich aus dem Kopfe des Schülers selbst erwachsen, sie muß eine Folge des Gedankenexperiments sein. Schülerübungen, die im wesentlichen auf Vorschriften sich stützen, die nach mehr oder weniger eingehenden Anweisungen sich abrollen, können kein Werkzeug geistiger Zucht bilden.“

(*Kerschensteiner, G.*: Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Leipzig/Berlin 1914, S. 78)

„Auch fachliche Lernziele werden sich mehr als früher ausdrücklich auf die Beherrschung der Verfahren beziehen, die in einem Fach zur Lösung von fachlichen Aufgaben entwickelt und lehrbar gemacht wurden. Sie werden dann zu Prozeßzielen (beobachten, beschreiben, unterscheiden, benennen, messen, experimentieren, aber auch nacherzählen, zusammenfassen, interpretieren, interpolieren). Je rascher alte Fakten und Einsichten durch neue überholt werden, um so mehr wird das Erlernen der Arbeits- und Forschungsmethoden eines Faches auch in der Schule an Bedeutung gewinnen, um so mehr müssen sich auch die Lernzielkontrollen auf die Kontrolle der Verfahrensbeherrschung beziehen und methodisches Bewußtsein wecken.

Die in einem Fach aufstellbare Stufung von Prozeßzielen ist an die Verfahren gebunden, die in den einzelnen Wissenschaften zur Lösung bestimmter Aufgaben entwickelt werden. Vor einem solchen Versuch der Übertragung dürfen die problemlösenden Verfahren im Bereich eines Faches nicht ausgenommen werden.“

(*Deutscher Bildungsrat*: Strukturplan für das deutsche Bildungswesen. Empfehlungen der Bildungskommission. Stuttgart 1970, S. 83)

- „Einbeziehung räumlich ferner, aber psychisch dem Kind näher Erscheinungen der Wirklichkeit in den Unterricht unter Berücksichtigung des Einflusses, den heute das Fernsehen bei der Wissensvermittlung ausübt;
- Beachtung der technisch-naturwissenschaftlichen Erscheinungen sowie der wirtschaftlichen, rechtlichen, politischen und sozialen Verhältnisse der Industriegesellschaft;
- Einführung von kindgemäßen Experimenten zur Klärung nicht durchschaubarer Erscheinungen und Zusammenhänge und zur kritischen Durchleuchtung kindlicher Theorien; Suchen und Erproben experimenteller bzw. theoretischer Lösungen durch die Schüler;
- Betonung der Aufarbeitung von Informationen gegenüber der Vermittlung von Informationen durch die Schule.“

(*Beschlüsse der Kultusministerkonferenz: Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule.* Beschl. d. KMK v. 2. 7. 1970, Abschn. IV, 2.3)

„Explorieren und Experimentieren sind grundlegende Bestandteile des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses. Das gilt für den Naturwissenschaftler wie für den Schüler. Im Unterricht muß das zu untersuchende Problem allerdings so beschaffen sein, daß es den jeweiligen Interessen der Kinder entspricht und mit ihren unterschiedlichen geistigen und manuellen Fähigkeiten sowie mit den vorhandenen Hilfsmitteln gelöst werden kann . . .

Die Grundlage der Entwicklung einer so komplexen Fähigkeit wie der des Experimentierens bilden zunächst direkte sensorische Erfahrungen (Manipulieren, Beobachten usw.). Darauf aufbauend werden — weitgehend unsystematisch — umfassendere Verfahrensweisen wie Messen, Schlüsse ziehen, Daten interpretieren, Hypothesen formulieren und Variablen isolieren erarbeitet.“

(*Klewitz/Mitzkat: Nuffield Junior Science Project — Didaktische Prinzipien und Beispiele,* in: *Die Grundschule* 1973, H. 3, S. 189f.)

„Die Rede von den ‚experimentellen Methoden‘ der ‚empirischen Wissenschaften‘ suggeriert zwar, daß das Experimentieren der eigentliche Weg naturwissenschaftlichen Forschens sei. Diese als Folge des Positivismus und des Empirismus bei den Unterrichtstheoretikern und selbst in der Wissenschaftstheorie sich hartnäckig durchhaltende Auffassung widerspricht aber den Ergebnissen genauerer Analyse. Das Experiment hat zwar die entscheidende Funktion der Überprüfung der Theorie (Verifikation und Falsifikation), aber es bringt keinen wirklichen Erkenntnisgewinn. Die neuen Theorien bahnen die neuen Erkenntniswege. Die Theorien der exakten Wissenschaften aber sind mathematische Theorien. Das Experiment ist ein zweitrangiges Moment. Zudem steckt ja auch in jedem Experiment ein Erhebliches an Mathematik.“

(*Eckardt, P.-D.: Sachunterricht. Analyse und Kritik.* Ratingen 1974, S. 163)

„Wird das Experiment aber zum tragenden Pfeiler des Unterrichts gemacht, dann gleitet es ab in ein leeres und dann allerdings abstraktes Herumexperimentieren, bei dem der Lernende weder das Warum, noch das Wozu begreift. Und alle Beteuerungen des Lehrers, wie wichtig die behandelten Inhalte für das gegenwärtige Leben des Menschen seien, nützen dem Schüler gar nichts, solange er nicht die wirklichen Zusammenhänge begreift. Sie steigern höchstens noch die Idiosynkrasie, die der undurchschaubare Experimentierbetrieb bei dem, der wirklich etwas erfahren will, ohnehin erweckt.“

(*Eckardt, P.-D.: Sachunterricht. Analyse und Kritik.* Ratingen 1974, S. 166)

„Leitziel ‚Fragen stellen und Ausdenken von Experimenten oder Untersuchungen zu ihrer Beantwortung‘:

- Fähigkeit, Fragen so zu formulieren, daß sie voraussichtlich durch Versuche beantwortet werden können.
- Fähigkeit, Variable zu untersuchen und die wirksamen Variablen zu entdecken.
- Einsicht in die Notwendigkeit, Variable zu kontrollieren und bei Untersuchungen Kontrollen einzubauen.
- Fähigkeit, gemäß den Erfordernissen beliebig gewählte oder genormte Maßeinheiten auszuwählen und anzuwenden.
- Fähigkeit, den ausreichenden Grad an Versuchsgenauigkeit zu bestimmen und die Arbeit danach einzurichten.
- Fähigkeit, zur Untersuchung von Problemen und Beziehungen Modelle zu benutzen.“

(*Schwedes, H. (Hrsg.): Zeit — Bausteine für ein offenes Curriculum — Naturwissenschaftlicher Unterricht/Primarstufe.* Stuttgart 1975, S. 48)

„Das Experimentieren ist ein natürlicher Zug im Verhalten eines Kindes und, wenn der Lehrer die Kinder ermutigt, in dieser Richtung nur ein paar Wochen zu arbeiten; dann werden

selbst sehr junge Kinder ab und zu ihre eigenen Versuche planen und durchführen. Ein solches Beispiel von einem Versuch, durchgeführt von jungen Kindern, fanden wir in einer Klasse von Fünfjährigen.

... Man hatte ihnen ein Rattenpärchen gegeben. Die Lehrerin drängte die Kinder nicht zu experimentieren, weil sie daran interessiert war, die natürliche Reaktion der Kinder auf die Tiere zu sehen.

Nach ein oder zwei Wochen fragte ein Junge einen anderen, ob er schon bemerkt habe, wie die Ratten ihre Füße aufsetzen, wenn sie rennen.

Sie setzen sie auf wie wir. Sie galoppieren nicht wie ein Pferd.' 'Wenn sie schnell genug rennen, könnten sie vielleicht doch galoppieren', sagte der andere Junge. Die Kinder schoben mehrere Tische zusammen und versuchten, eine Ratte dazu zu bewegen, schnell zu rennen, um zu sehen, ob sie vielleicht doch galoppiere."

(Übersetzung aus: Teacher's Guide I, published for the Nuffield Foundation by William Collins, Sons & Co, London and Glasgow o. J.)

2. Experimentieren im Unterricht — wie (nicht) ?

Beispiele aus der Unterrichtstheorie und aus der Unterrichtspraxis — früher und heute

„1. Lehre nie zuerst in Worten, sondern begründe das Wissen auf die eigenen Versuche der Schüler.

2. Ziehe keine scharfen Grenzen zwischen Demonstrationsunterricht und praktischen Übungen.

3. Gib einem Schüler gerade so viel Anleitung, als zur Ausführung jedes Versuches erforderlich ist.

4. Teile dem Schüler das Ergebnis seines Versuches nicht zuvor mit.

5. Jeder Schüler hat in seinem Heft über das Ergebnis seiner Übungen in eigenen Worten zu berichten.“

(*Dannemann* nach einer Anweisung von 1906 in einer englischen Grat Public School)

„1. Jeder Versuch

muß vorher vom Lehrer durchprobiert werden. Das ist die beste Vorbereitung und sichert einigermaßen gegen Versager im Schulzimmer.

2. Die Schüler

müssen zur Erarbeitung der Versuchsergebnisse, zur Formulierung der Begriffe und Ergebnisse weitgehend herangezogen werden.

Der Lehrer darf nichts vorwegnehmen, was der Schüler selbst finden könnte!

3. Ob man vom Versuch ausgeht oder von der Erfahrung, das entscheidet allein die methodische Zweckmäßigkeit ... Aber immer wird man im Versuch die Erfahrungen auf die einfachste Form führen und immer wird man die Versuchsergebnisse auf die Erfahrung anwenden.

4. Geduld ist schon bei ausgearbeitetem Versuchsgerät notwendig und erst recht bei helfsmäßigen Anordnungen, wie sie in vorliegender Arbeit vorgeschlagen sind.

5. Viele der beschriebenen Versuche lassen sich als Schülerversuche durchführen, bei denen dann jeder Schüler oder wenigstens jedes Schülerpaar die Beobachtungen aus eigener Anordnung gewinnt.“

(*Scherzer/Stüler*: Der Unterricht in der Naturkunde. Teil II: Die Erarbeitung der wichtigsten chemischen Grundbegriffe und der physikalischen Grundgesetze von Alexander Stüler. Prögel, Ansbach 1930, S. 224 ff.)

Der 9- bis 10jährige Grundschüler erfährt, daß „man beim *Experimentieren strenge Regeln beachten muß*“, nämlich

„1. Erst denken, dann experimentieren.

2. Lies vor dem Experimentieren die Versuchsanleitung genau durch und *überlege, was gemacht werden soll!*

3. Beachte die Warnungen und Vorsichtsmaßnahmen!

Bei Schwierigkeiten *sollst* du den Lehrer fragen!“

(*Hofsommer/Schwarzer*: Experimentelle Lernprogramme für den naturwissenschaftlichen Unterricht (Sachunterricht); 4.—6. Schuljahr — Umgang mit Waage und Meßzylinder, Textteil vor dem ersten Lernschritt. Hannover 1974)

„Pflichtbeobachtungen

Die in der Vorbereitung mit der Klasse besprochenen Beobachtungsaufgaben nennen wir ‚Pflichtbeobachtungen‘. Der Schüler soll versuchen, sie möglichst alle zu lösen. Daneben darf jeder selbst noch andere ihm interessante Dinge untersuchen. Die kleinen Forscher sind eifrig bemüht, möglichst viele ‚ganz eigene‘ Entdeckungen zu machen, und sehr stolz darauf, wenn der Lehrer ihre Leistungen anerkennt.“

(*Klinger, E./Wolf, S.*: Naturkunde in Lebensgemeinschaften. Prögel, Ansbach o. J.)

„Der elementare Sachunterricht liefert die Stoffgebiete und damit die sachlichen Grundlagen, mit deren Hilfe und innerhalb deren die Schüler zur Denk- und Arbeitsweise der Schule und zur gewissenhaften Leistungsbeständigkeit erzogen werden sollen. Methodisch gesehen sind es *fünf seelisch-geistige Tätigkeiten*, die im elementaren Sachunterricht und selbstverständlich auch in den angeschlossenen fachlich abzweigenden Stoffgebieten zur Verwirklichung kommen sollen:

Die Schüler müssen angeeifert und angeleitet werden

1. zum *Betrachten*, nicht nur zum Wahrnehmen der Dinge, Zustände und Sachverhalte;

2. zum *Beobachten*, nicht nur zum flüchtigen Erfassen der Vorgänge, der Veränderungen und Verhaltensweisen innerhalb bestimmter Zeitabläufe;

3. zum *Nachdenken* und Nachforschen über die Eigenart, den Sinn und den Zweck, die Notwendigkeit, den Schaden und den Nutzen der Gegenstände und Geschehnisse, über die ursächlichen Zusammenhänge und sonstigen Abhängigkeiten und Verhältnisse;

4. zum *Sich-Einfühlen* in die Zustände und Verhaltensweisen der Menschen, der Tiere und Pflanzen, zur persönlichen Stellungnahme, zum Mitfreuen und Mitleiden, zur zustimmenden oder ablehnenden Bewertung;

5. zum *Darstellen*, und zwar entweder zur reproduktiven Nachahmung oder zur selbständigen, freien, ja sogar schöpferischen Gestaltung, in sprach- oder handgebundenen Arbeitsformen.“

(*Denzel, F.*: Methodik des Erstunterrichts. Grundlegung und Praxis. Kösel, München 1953, S. 60f.)

„Nicht alles aber läßt sich durch bloßes Anschauen erfassen. Will man einen Gegenstand gründlich kennenlernen, so muß er durch *selbständige Untersuchung* nach allen Seiten erforscht werden. Das kann aber nicht in der Weise geschehen, daß der Lehrer eine Blume, einen Zweig, eine Frucht oder ein Material nur zum Anschauen oder höchstens noch zum Betasten vorzeigt, er muß vielmehr jedem Kinde den Gegenstand, z. B. ein Veilchen, eine Gänsefeder, eine Nuß, eine Eichel zur selbständigen Betrachtung in die Hand geben. Darum empfiehlt es sich auch, in gemeinsamer Arbeit auf der Wanderung zu sammeln, was dem späteren Unterricht dienen kann. Sogar Abfälle von Dachpappe, Dachschiefer, Leder, Gummi, Tuch, Leinwand usw. leisten oft hervorragende Dienste. Hierzu ein Beispiel aus der Praxis: Wir sprachen vom Auto. Ein Schüler erzählte: ‚Im Autoreifen ist Luft. Die kann aber nicht heraus, weil außen herum ein Gummimantel ist, und der zerreißt nicht, weil er

aus Leder ist.' — Was können in diesem Falle lange Erörterungen und Auseinandersetzungen nützen? Hier ist das Wort machtlos, hier kann nur die Sache selbst klären. Wir geben aus unserer Sammlung jedem Kind ein Stückchen Leder (Abfälle) und ein Stück Gummi von einem alten Fahrradschlauch und lassen die Kinder selbständig die Unterschiede zwischen Leder und Gummi finden. Jedes soll mit allen Sinnen die beiden Stoffe untersuchen, sie befühlen, biegen, ziehen, daran riechen, mit der Schere ein Stück abschneiden und von ihrer Verwendung berichten. Nach wenigen Minuten sind die beiden Dinge so klar erfaßt, daß in Zukunft jede Verwechslung ausgeschlossen ist. Dabei wird gleichzeitig eine Menge bisher unklarer Eigenschaftsbezeichnungen gewonnen und die sprachliche Ausdrucksfähigkeit gefördert. Sach- und Sprachbildung greifen in fruchtbringender Weise ineinander." (Brückl, H.: Der Gesamtunterricht im ersten Schuljahr. Leibnitz, München 1948, S. 28f.)

„Einige schulpraktische Leitlinien, die für die Verwendung des Experiments im Unterricht Geltung haben.

Seiner Zweckbestimmung im Unterricht nach unterscheiden wir drei Arten:

- a) das freie spielerische Experiment (auf der Stufe der Problembildung oder der Problembearbeitung),
- b) das exakte geleitete Experiment (das der Lösungsgewinnung oder auch der Problembildung besonders in der Chemie dient),
- c) das exakt selbständig durchgeführte Experiment, angeordnet oder vom Schüler selbst erdacht (im Dienste der Verifikation).

Je nach der soziologischen Struktur, in der es im Unterricht erscheint, ergibt sich eine weitere Einteilung in drei Formen, die sich wie folgt bezeichnen lassen:

- a) Lehrer- oder Schauversuch,
- b) Schüler-Gruppenversuch,
- c) Schüler-Einzelversuch.

Wir haben aus der geschichtlichen Betrachtung gesehen, daß der Schülerversuch in Gestalt der ‚Schülerübung‘ in Anlehnung an den naturwissenschaftlichen Lehrbetrieb der Hochschule schon sehr früh in Chemie und Physik als Vorstufe der allgemeinen Arbeitsschulbewegung aufgetreten ist. Man kann deshalb heute nicht mehr die Frage stellen: Schauversuch oder Schülerversuch?, um darauf eine Entscheidung als Antwort zu bekommen. Die Antwort lautet unbedingt: sowohl Schauversuch als Schülerversuch. Es gibt auch für die Volksschule nicht hier einen Vortrag oder ein Lehrgespräch mit Schauversuchen und in anderen Stunden ‚Schülerübungen‘ mit anderem Thema und anderer Grundeinstellung, etwa wie es an der Universität und im Anklang an diese bei den höheren Schulen der Fall ist, unter der Grundeinstellung des ‚Messen‘-Lernens und der Einführung in die quantitative Arbeit. Eine solche Übungsform scheidet für die Volksschule aus, schon weil die quantitative Arbeit sehr eingeschränkt werden muß. Es gibt in der Volksschule nur den Versuch als Arbeitsform im Dienste der didaktischen Stufe . . . Sowohl das Problemfinden als das Problem-Bearbeiten, als endlich die Prüfung der gewonnenen Erkenntnis durch das Experiment des Schülers ergeben tiefere Bildungsimpulse als andere Arbeitsformen derselben Arbeitsstufe.

Schon die Einstellung des Experiments in alle didaktischen Stufen ergibt, daß es nicht zustande kommen kann durch eine immer gleiche, in allen Einzelheiten festgelegte Anweisung, womöglich mit vorweg genomener Beobachtungsangabe und dazu gesetztem Ergebnis. Eine didaktische Hauptaufgabe besteht für den Lehrer darin, die Schülerversuche so in den Unterricht einzubauen, sie so einzuordnen, daß der Schüler mit einem Höchstmaß von Aktivität schon bei ihrem gedanklichen Aufbau beteiligt sein kann, daß er, wo irgend möglich, die Versuchsanordnung selbst ersinnen oder selbst bestimmen, mindestens aus der Erkenntnis über den Zweck des Versuchs heraus die gegebenen Anordnungen zweckentsprechend ausführen kann.

Es gibt natürlich je nach Zweckbestimmung des Versuchs heraus *freiere und gebundenerer Formen* des Schülerversuchs . . .

Im Gegensatz zu der Mannigfaltigkeit und Beweglichkeit der anderen Arbeitsformen können wir für das Experiment als Arbeitsform im Dienste einer mechanistisch-mathematischen Denkform mit einer gewissen Strenge *eine immer wieder gleiche Gliederung* durchführen; ja, wir müssen für den Volksschüler im Interesse des Arbeitswertes des Experimentes auf eine Schematisierung des inneren Ablaufs drängen. Wir gewöhnen deshalb unsere Schüler daran, bei jedem Experiment folgende Stufen zu beachten:

- a) Zweck des Versuchs (Was soll er?),
- b) Aufbau, Anordnung,
- c) Durchführung und Beobachtung,
- d) Ergebnis und daraus sich ergebende Folgerung (Gesetz und Erklärung)."

(Resag, K.: Naturlehre. Oldenbourg, München 1931, S. 56f.)

„Die Schüler werden angehalten und *angeleitet*, Phänomene der lebendigen Natur *durch Experimente zu erklären*:

- Lösungsmöglichkeiten eines vorliegenden Problems werden vermutet,
- Hypothesen werden formuliert,
- Versuchsanordnungen werden selbständig oder nach Anweisung geplant und konstruiert,
- Versuche werden sachgemäß durchgeführt,
- falsche Hypothesen werden aufgegeben,
- Ergebnisse von Versuchen werden überprüft,
- Versuchsergebnisse werden beschrieben und formuliert,
- Deutungen werden begründet und diskutiert."

(Belgardt, K. A.: Lebendige Objekte im Sachunterricht der Grundschule — Ein Anreiz für entdeckendes Lernen. In: Entdeckendes Lernen im Lernbereich Biologie — Beiträge zur Reform der Grundschule. Bd. 16/17, hrsg. v. Arbeitskreis Grundschule e.V., Frankfurt 1973, S. 183)

„Zusammenhängende Untersuchungen bekannter Stoffe

Einfache Versuche

F. „Das Wasser fängt schon an zu siedeln!“

W. „Nein, sicher nicht, es entweicht nur Luft.“

F. „Können die Blasen nicht ebensogut Dampf sein?“

W. „Nein; Dampfblasen gehen ganz anders durch kühleres Wasser, sie werden durch Kondensation kleiner.“

F. „Ach ja, daran dachte ich nicht.“

Werner hatte unterdessen das Glas vom Drahtnetz genommen und ausgegossen.

„Siehst du irgend etwas?“ fragte er dann Fritz, ihm das Glas vorhaltend.

F. „Ja, wirklich, die Glaswand ist wie beschlagen, so hoch wie das Wasser stand. Sind das Fremdstoffe, die im Wasser waren?“

W. „Ja, es sind meist Kalksalze, die sich in der Hitze absetzen. Das Wasser ist also nicht brauchbar.“

F. „Das ist schade. Ich habe auch kein destilliertes Wasser mehr für meine Akkumulatoren.“

W. „Also destillieren wir selbst.“

F. „Ich lasse meine Schwester schnell destilliertes Wasser holen; das wäre doch ein wenig langweilig, auch noch Wasser zu destillieren.“

W. „Selbstverständlich kannst du destillieren?“

F. „Natürlich.“

W. „Na, immerhin wollen wir es einmal selbst tun, und wenn es auch nur ist, um dabei etwas von der Behandlung des Glases zu üben. Also zeichne eben mal den Apparat.“

F. „Zeichnen? Warum nicht gleich bauen? So schwierig ist die Sache doch wohl nicht!“
W. „Du kannst sicher sein, daß es wirklich zweckmäßig ist, so zu verfahren. Dr. Osten läßt uns z. B. nie anders arbeiten. Erst nach der vorgelegten Zeichnung erhält man bei ihm das Material ausgeliefert.“

F. „Na, euer geliebter Chemielehrer soll auch mehr als peinlich sein!“

(Nothdurft, D.: Chemisches Experimentierbuch. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Stuttgart/Berlin/Leipzig o. J., S. 160)

„Versuche mit der Luftpumpe

1) Eine fest zugebundene, mit Luft schwach gefüllte Blase dehnt sich unter dem Recipienten der Luftpumpe aus, sobald die Luft ausgezogen wird; man kann es dahin bringen, daß die Blase platzt, wenn man zu viel Luft darin gelassen hat. Eine solche Blase bewahrt man am besten unter einer Luftpumpenglocke selbst auf, da sie sonst von einem Jahr zum andern leicht von Insecten meist an versteckten Stellen durchlöchert wird. Anstatt einer Schweinsblase kann man auch ganz mit Luft gefüllte Blasen aus vulcanisirtem Kautschuk bei diesem Versuche verwenden.

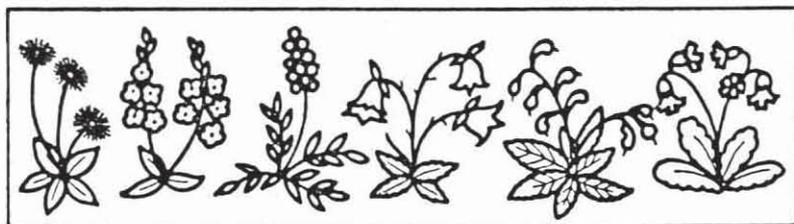
2) Die Ausdehnung der Luft kann man auch so zeigen, daß man einen mit Wasser bis auf einen kleinen Rest gefüllten Glaskolben in einen weitem mit Wasser zum Theil gefüllten Cylinder umkehrt und so unter den Recipienten bringt. Es entwickeln sich dabei auch Luftblasen aus dem Wasser selbst, und man macht also zugleich einen doppelten Versuch.

3) Der Recipient sitzt durch den Druck der Luft fest auf dem Teller, wobei indessen zu bemerken ist, daß die wenigsten Constructionen es erlauben, dieses durch Jedermann selbst versuchen zu lassen.

4) Die *Magdeburger Halbkugeln* sind hierfür geeigneter. Man stellt den Versuch mit ihnen am besten so an, daß man mittelst eines Hakens an den Halbkugeln ein Gewicht hebt, das nicht im Stande ist, dieselben auseinander zu reißen, dessen Größe also vorher ermittelt wird.“

(Frick, J.: Die physikalische Technik. Oder Anleitungen zur Herstellung von physikalischen Versuchen. Vieweg & Sohn, Braunschweig 1876, S. 164f.)

„Wie die Blumen trinken. Unsere drei Rosenknospen: Zwei verwelkt, eine aufgeblüht; das Wasser in ihrem Glas ist weniger geworden. Sie hat also Wasser getrunken und ist dadurch frisch geblieben. — Sonderbar erscheint uns dabei nur, wie man Wasser trinken kann, wenn man keinen Mund hat: Damit wir sehen, wie das zugeht, färben wir Wasser mit etwas roter Tinte und stellen die Rose noch einmal hinein. Inzwischen zeigen wir den Kindern, wie sogar ein Stücklein Zucker oder ein Streifen Löschpapier Wasser trinken kann, und stellen schließlich fest, daß auch bei unserer Rose das gefärbte Wasser durch den Stengel emporgestiegen ist. — Woher die Rosen in unserem Garten das Wasser erhalten, das sie zum Wachsen brauchen, ist nicht schwer zu finden: Regen, Gießen; der Weg des Wassers von den Wurzeln bis zu den Knospen und Blüten. Morgen wollen wir unsere Blumen im Garten tüchtig gießen.“



(Reichert, W.: Im ersten Schuljahr. Unterrichtsbilder aus der Welt der Sechsjährigen. Prögel, Ansbach o. J.)

„Einiges über die Beeinflussung des Wachstums und der Entwicklung durch äußere Einwirkungen

1. Mittel zur genauen Beobachtung des Wachstums

Ein einfacher Wachstumsmesser. Man schneidet sich ein sehr leichtes, also dünnes Holzstäbchen¹⁾ von 40–45 cm Länge und durchsticht dieses 1½ cm von dem einen Ende entfernt mittels einer Nadel, so daß ein ungleicharmiger Hebel entsteht. Die Nadelspitze bohrt man in einen Stock, den man in die Erde eines Blumentopfes gesteckt hat, den kurzen Hebelarm verbindet man mittels eines Fadens mit dem Gipfel einer in diesem Blumentopf vorhandenen Pflanze (Fig. 22). Sorgt man nun dafür, daß der Hebel anfangs wagerecht steht und daß er sich um die Nadel ohne viel Reibung drehen kann, so findet man, daß der lange Hebelarm schon nach kurzer Zeit schräg nach unten zeigt, ein Beweis, daß der Pflanzenstengel in die Länge gewachsen ist. Will man Messungen vornehmen, so richtet man es vielleicht so ein, daß die Entfernung des Drehungspunktes von dem am Hebel befestigten Fadenende gerade 1 cm beträgt. Ist dann der andere Hebelarm 40 cm lang, so wird eine Verlängerung der Pflanze um ¼ mm zur Folge haben, daß sich das freie Hebelende um etwa 1 cm senkt. Für genaue Messungen muß man noch einen Maßstab, am besten in Gestalt eines Kreisbogens, daneben aufstellen. Aber auch ohne solche Messung bietet der kleine Apparat ein gewisses Interesse, weil er uns gestattet, schon nach ganz kurzer Zeit das Längenwachstum zu erkennen. Selbstverständlich kann man auch die Verlängerung von Blattstielen oder Blütenstielen auf diese Weise untersuchen. — Wer sich einen etwas besser arbeitenden Apparat bauen will, kann als Vorlage die Fig. 23 benutzen. Hier ist ein Zeiger an einer Rolle be-

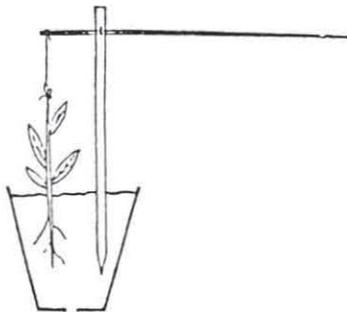


Fig. 22.
Einfacher
Wachstumsmesser.

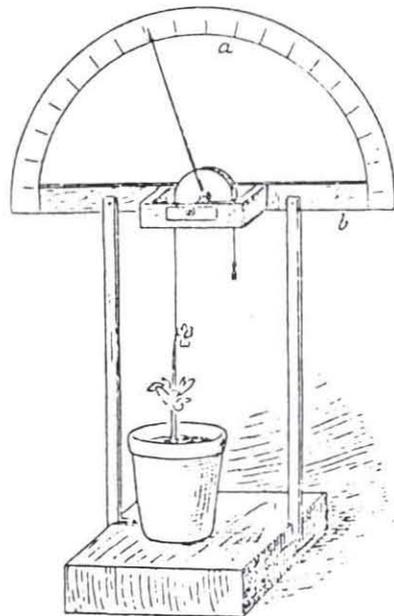


Fig. 23. Ein Wachstumsmesser.

festigt, um die ein Faden gelegt ist. Das eine Ende des Fadens wird um den Pflanzengipfel geschlungen, während das andere mit einem Stückchen Blei oder dergleichen beschwert ist.“

(Schäfer, C.: Biologisches Experimentierbuch. Teubner, Leipzig/Berlin 1913, S. 94 f.)

¹⁾ Auch ein kräftiger Strohalm ist brauchbar.

„Das Keimen des Getreidekorns

Den Vorgang genauer verfolgen zu lassen als es in der freien Natur möglich ist, dient uns folgender Versuch. Wir lassen einige Getreidekörner in einem mit ständig feucht gehaltenem Sägemehl gefüllten Zigarrenkistchen keimen. Aus dem lockeren Material können wir sie in verschiedenen Stufen ihrer Entwicklung herausheben. Nach wenigen Tagen ist das Korn aufgequollen, die Hülle ist an einem Ende, nämlich dort, wo der Keim ist, gesprengt, ein feines Würzelchen strebt nach unten, der Keim nach oben; er ist spitzig, muß er sich doch durch die Erde bohren. Einige Tage später: neben dem ersten Würzelchen haben sich



andere entwickelt, der Keim ist gewachsen, er ist aber noch blaß, weil er im Dunkeln wachsen mußte. Bald spitzen die Keime aus dem Sägemehl heraus, werden größer und färben sich grün. Woher nimmt er nun seine Nahrung, die er doch zum Wachsen braucht? Im Sägemehl kann er keine finden. Das Korn hat selbst für seinen Keim vorgesorgt: das Mehl im Korn ist die Nahrung, solange das Würzelchen noch keine liefern kann. — Noch eine gute Strecke wachsen unsere Keime hoch, dann kümmern sie und welken ab, denn nun ist die Mehlnahrung verbraucht.“

(Fikenscher, F./Rüger, K./Weigand, G.: Die weiterführende Heimatkunde im 4. Schuljahr. Prögel, Ansbach o. J.)

„Wie die Bohnenkindlein aufwachen. Gelt, heute wollt ihr wissen, wie die Bohnenkindlein aus ihrem Schläfe aufwachen. Schaut euch nur erst einmal die Bohnen an, die wir ins Wasser gelegt haben! Sie sind größer geworden, sind aufgequollen. Das muß so ähnlich gegangen sein wie bei einem trockenen Schwamm, den man ins Wasser legt. Der kann auch viel Wasser trinken, obwohl wir keinen Mund an ihm sehen. Er saugt das Wasser eben in die vielen kleinen Löchlein hinein, die er hat. Diese Löchlein heißt man Poren. Solche Poren müssen die Bohnenschalen auch haben, sonst hätte ja kein Tropfen Wasser hineinkommen können. Die Poren bei den Bohnen müssen aber besonders fein sein, weil man sie gar nicht sieht.

Wozu brauchen denn die Bohnenkindlein so viel Wasser? — Sie werden es trinken, damit sie wachsen und größer werden. Seht her, ob wir richtig geraten haben! Da hat ja ein Bohnenkindlein die Bettdecke wirklich schon zerrissen. Die ist ihm zu klein geworden. Und ein Füßchen streckt es auch schon heraus! Mit dem hält es sich in der Erde fest. Das Bohnenkindlein hier ist schon ein wenig größer. Es ist auch nach oben zu schon gewachsen, nicht bloß nach unten. Und hier schaut eins gerade aus den Sägespänen heraus. Das biegt sich so (Geste) um, macht einen ‚Buckel‘. Denkt nur daran, wie wir es machen würden, wenn wir in eine Kiste eingesperrt wären und den Deckel aufsprengen möchten! Da würden wir auch unsern Rücken krumm machen und uns fest gegen den Deckel stemmen (vormachen lassen!). Mit dem Kopfe möchten wir das nicht versuchen. Der Kopf ist zu empfindlich, das würde uns zu weh tun, wir könnten mit ihm gar nicht so fest gegen den Deckel drücken. Das weiß unser Bohnenkindlein auch. Darum macht es ebenfalls den Rücken krumm, wenn es durch die Erde durchbrechen muß; das Köpfchen aber läßt es dabei noch in seinem Bett stecken.

Diese Bohne hier ist schon ganz durchgebrochen. Jetzt, wo alle Leute das Pflänzchen sehen können, möchte es auch ein anderes, schöneres Kleidchen haben als unter der Erde. Unter der Erde sieht es weiß aus, über der Erde grün. Zwei Blättchen sehen wir auch schon daran, und das, was hier noch hängt, ist sicher das Bettchen, in dem es früher geschlafen hat. Aber wie schaut das jetzt aus, ganz verschrumpft und verunzelt, wie eine „Hutzel“. — Ja, denkt euch nur, in das Bettchen hat eben die Bohnenmutter keine Federn gestopft, sondern lauter gute Sachen zum Essen für ihre Kinder. Dann hat also gewiß die Bohne hier schon viel davon gegessen, und davon hat sie auch so schnell wachsen können. Da müssen freilich das Ober- und Unterbett immer mehr Falten bekommen und immer kleiner werden. Ja, so ein Bett möchten wir schon manchmal auch haben. — Wie es den Bohnen noch weiter ergeht, werden wir uns später einmal im Garten draußen anschauen.“

(Reichart, W.: Der Unterricht im 2. Schuljahr. Prögel, Ansbach 1964²)

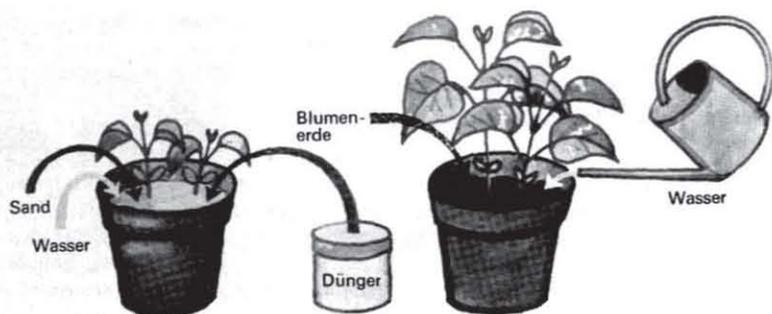
„Ein Bohnenpflänzchen wird selbständig

Je größer Bohnenpflanzen werden, desto mehr verändern sich die Keimblätter: Sie schrumpfen zusammen und werden ganz unansehnlich. Schließlich fallen sie ab.

Wenn du die Aufgabe der Keimblätter richtig verstanden hast, kannst du sicherlich erklären, warum die Keimblätter nach einiger Zeit für die Bohnenpflanze keinen Wert mehr haben. Das kannst du auch beweisen.

Reiner Sandboden ist kein fruchtbarer Boden, er enthält nur wenig Nährsalze für unsere Bohnenpflanze. Sie werden sich in ihm nicht mehr gut entwickeln. Hier kannst du aber Abhilfe schaffen.

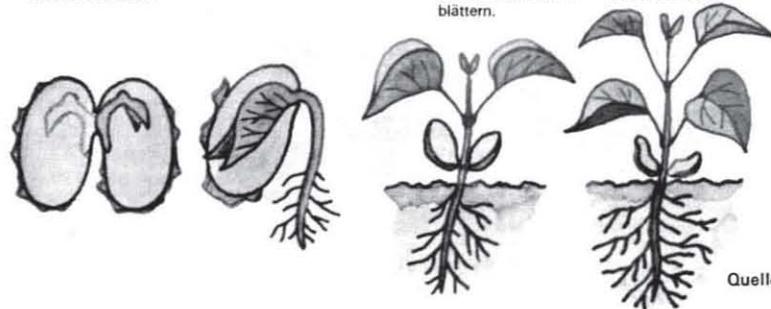
Die Abbildungsreihe zeigt zwei Möglichkeiten. Probiere sie aus:“



Sandboden, Blumen-erde, Nährsalz, fruchtbar *

Das Wichtigste auf einen Blick

- 1 Die Samenschale schützt, die Keimblätter ernähren den Keimling im Bohnensamen.
- 2 Vor dem Keimen nimmt der Keimling Wasser auf: er quillt.
- 3 Eine junge Bohnenpflanze ernährt sich weitgehend von der Stärke in den Keimblättern.
- 4 Eine ältere Bohnenpflanze kann ohne Zufuhr von Nährsalzen nicht leben.



Quelle →

(Sachbuch, 3. Schuljahr. Ein Arbeitsbuch für den Sachunterricht der Grundschule. Oldenbourg-Prögel, München-Ansbach 1971, S. 80)

„Welchen Nährstoff enthalten die Keimblätter der Bohne?“

Welchen Nährstoff die Keimblätter der Bohne enthalten, das kannst du ebenfalls selbst untersuchen.

- 6 Zerreiße einige trockene Bohnen auf grobem Schmirgelpapier und schütte das weiße Pulver auf einen kleinen Teller! Von deinem Lehrer wirst du Jodlösung erhalten. Nimm mit einer Pipette etwas Flüssigkeit aus der Flasche und tropfe sie auf das Bohnenmehl.

Es färbt sich blau. Alle Stoffe, die sich mit Jodlösung blau oder blauschwarz färben, enthalten **Stärke**. Jodlösung ist ein Erkennungsmittel für Stärke.

Stärke heißt der Nährstoff, den die Keimblätter der Bohne enthalten. Die junge Bohnenpflanze ernährt sich eine Zeitlang von der Stärke in den Keimblättern. Die Keimblätter sind die Nährstoffspeicher der Bohne.

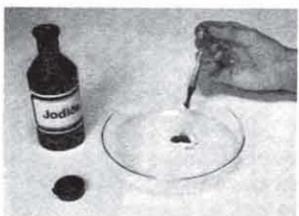
Stärke ist auch ein wichtiger Nährstoff für uns Menschen. Stärke ist zwar ein wichtiger Nährstoff für uns Menschen, aber nicht alle unsere Nahrungsmittel enthalten Stärke.

- 7 Stelle fest, welche der abgebildeten Nahrungsmittel Stärke enthalten!

- 8 Trage deine Untersuchungsergebnisse in eine ähnliche Tabelle ein! Ist Stärke vorhanden, so male das folgende Kästchen blau aus!“

Name des Nahrungsmittels	Stärke ist vorhanden
Brot	
?	
?	

Stärke, Jodlösung, Nährstoff, Nährstoffspeicher, Nahrungsmittel



(Sachbuch, 3. Schuljahr. Ein Arbeitsbuch für den Sachunterricht der Grundschule. Oldenbourg-Prögel, München-Ansbach 1971, S. 79)

„Lektion B 1: Wir prüfen Wasser“
(Jod-Stärke-Reaktion)

1. Lernziele

Erkennen eines Farbumschlages als Nachweis für „Stärkewasser“.
Sachgerechtes Umgehen mit einer Tropfpipette.

2. Bedeutung der Lektion

Diese Lektion stellt die Vorbereitung für die folgende dar, in der die chemische Wechselwirkung zweier Lösungen genauer untersucht und ein Farbumschlag als Anzeige (Indikation) für eine bei dem Kontakt der beiden Lösungen aufgetretene Wechselwirkung erkannt werden soll. In der vorliegenden Lektion wird die charakteristische Blaufärbung des Jodnachweises benutzt, um den Schülern zunächst am konkreten Fall ein deutliches Beispiel einer (chemischen) Wechselwirkung vorzuführen. Die Blaufärbung dient dabei zur Indikation einer bestimmten Flüssigkeit (hier: von „Stärkewasser“).

3. Wortschatz

Wasser — Stärkewasser — Leitungswasser
Prüflösung (ggf. Jodlösung) — Pipette — Tropfpipette — durchsichtig — farblos

4. Benötigte Lehr- und Lernmittel

Vom Lehrer vorzubereiten:

Eine Flasche mit Leitungswasser ($\frac{1}{2}$ – $\frac{1}{4}$ l)

Eine Flasche mit Stärkewasser: mit PerlaLösung versetztes und dann (z. B. mit dem Kaffeefilter) filtriertes Leitungswasser, ca. 100 cm³. Dieses ist dann mit Wasser zu verdünnen auf $\frac{1}{2}$ – $\frac{1}{4}$ l. (Statt Perla kann auch jede andere farblose Stärke verwendet werden). Paket mitbringen!

Prüflösung: Jodlösung: 30 Tropfen Jodtinktur 2,5% auf 150 cm³

Wasser verdünnen (= 0,025%ige Jodlösung)

Je Schüler: 1 Plastikteller (Partyteller ca. 15 cm \varnothing)

Für je 2 Schüler: 1 Arzneifläschchen mit Tropfpipette (*gut* ausgespültes Augen-, Nasen-, Ohrentropfenfläschchen von ca. 10 ml Inhalt. Fläschchen mit öligem Inhalt sind ungeeignet) mit Prüflösung gefüllt

Für den Demonstrationsversuch des Lehrers:

2 klarsichtige Joghurtbecher

1 Weckglas

1 Weckglas für Blindprobe

Blaue Kreide für das Tafelprotokoll

5. Flußdiagramm

I	Lehreraktivität
	Lehrerdarbietung zur Herbeiführung der Problemsituation
II	Unterrichtsgespräch
	Möglichkeiten der Überprüfung des Wassers (Versuchsplanung)
III	Schüleraktivität
	Arbeit mit der Prüflösung und Identifizieren des „Stärkewassers“

IV	Lehreraktivität
	Demonstrationsversuch und Entwicklung eines Tafelbildes
V	Stillarbeit
	Aufschreiben des Tafelprotokolls

6. Unterrichtsverlauf und methodische Hinweise

a) Stufe I — Einstieg

Der Lehrer zeigt den Schülern das mitgebrachte Paket „Perla“ (oder „Hoffmanns Stärke“). Es wird erörtert, wozu „Perla“ verwendet wird, nämlich „beim Waschen“ oder „nach dem Waschen“ („zum Waschen“ wäre nicht korrekt!), nicht zum Reinigen, sondern damit die Wäsche steif wird (= „Stärken“ der Wäsche). „Perla“ ist ein Markenname für Wäschestärke, „Hoffmanns Stärke“ ein anderer. Die Problemsituation wird dadurch herbeigeführt, daß der Lehrer eine Alltagsgeschichte simuliert: Die Mutter hat in einem Gefäß Stärkewasser und im anderen Leitungswasser. Sie muß ihre Arbeit plötzlich unterbrechen und ist sich anschließend nicht mehr sicher, in welchem Gefäß das Stärkewasser ist. Dementsprechend hat der Lehrer zwei Plastikteller (mit Stärkewasser und Leitungswasser) vor sich auf dem Tisch. Problemfrage: „Wie können wir feststellen, in welchem Teller das Stärkewasser ist?“

b) Stufe II — Versuchsplanung

Die Schüler schlagen nunmehr einige denkbare Untersuchungsmethoden vor: Sehen, Fühlen, Riechen, Schmecken. Die Problemsituation soll für jeden Schüler dadurch konkretisiert werden, daß auf jeden Tisch zwei Teller (jeweils mit Leitungswasser und Stärkewasser gefüllt) gestellt werden.

Vor dem Austeilen des Experimentiermaterials sollte der Lehrer jedoch eindeutig klarstellen, daß unbekannte Flüssigkeiten nie durch Schmecken oder Fühlen geprüft werden dürfen (Unfallgefahr!). So verbleibt nur Sehen bzw. Riechen. Beide Flüssigkeiten sind farblos und klar (Ein ggf. leichtes Opalisieren der Oberfläche der Perla-Lösung läßt sich durch stärkeres Verdünnen vermeiden!), also durch den bloßen Augenschein nicht zu unterscheiden. Der Geruch der Perla-Lösung ist durch frühzeitiges Ansetzen — s. 9a — verflogen. So ist auch hier kein Unterschied feststellbar, und die vorgeschlagenen Untersuchungsmethoden sind erschöpft. Ein Impuls des Lehrers muß weiterführen:

Bereits zu Beginn der Unterrichtsstunde hat der Lehrer die mit Prüflösung gefüllten Tropffläschchen (vgl. 4) auf dem Lehrertisch aufgebaut, so daß jetzt als Denkanstoß ein Hinweisen des Lehrers auf die Tropffläschchen genügt, um die Schüler darauf zu bringen, daß es vielleicht Tropfen gibt, mit deren Hilfe man das Stärkewasser bzw. Leitungswasser erkennen kann. Der Inhalt der Tropffläschchen wird mit „Prüflösung“ bezeichnet (vgl. 9c).

c) Stufe III — Feststellung

Die Tropffläschchen werden so verteilt, daß jeder Tisch bzw. je 2 Schüler ein Fläschchen mit Prüflösung erhalten. Die Schüler werden angewiesen, etwa 5 Tropfen Prüflösung zu der Flüssigkeit auf jedem Teller zu geben. (Dabei sollen die Pipetten nicht in die Flüssigkeit eingetaucht werden!) Danach werden die Schüler feststellen, daß sich in einem Teller eine Blaufärbung zeigt und sich im anderen Teller nichts ereignet hat. Lehrer: „Wie können wir jetzt nachprüfen, welches Wasser sich blau gefärbt hat, das Stärkewasser oder das Leitungswasser?“ — Die Schüler suchen nach einer Lösung und werden dabei z. B. auf die Wasserleitung in der Klasse oder einem nahegelegenen Raum, aus dem ein Schüler dann etwas Wasser holt, aufmerksam gemacht, von der sie wissen, daß sie Leitungswasser enthält. Die Frage ist, ob Leitungswasser durch die Prüflösung blau gefärbt wird. Der Lehrer führt vor den Augen der Schüler diese Blindprobe durch: Er füllt Leitungswasser in ein

Weckglas und gibt etwas Prüflösung dazu. Es ereignet sich nichts. Dadurch ist nachgewiesen, daß die Flüssigkeit mit der Blaufärbung das Stärkewasser sein muß.

d) Stufe IV — Demonstrationsversuch

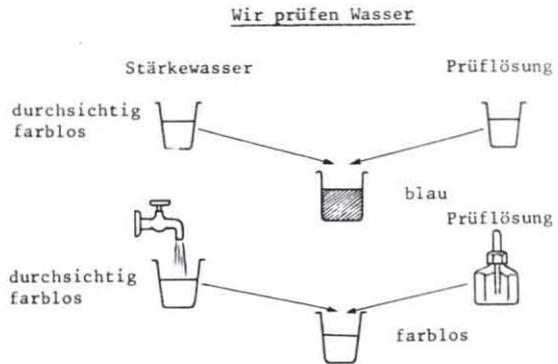
Vor der Klasse führt der Lehrer oder ein Schüler zur Bestätigung der eben gezogenen Schlußfolgerung einen Demonstrationsversuch durch. Dazu gießt er zunächst den Rest der Perla-Lösung (von Stufe I) aus der Flasche in einen Joghurtbecher. In einem zweiten Joghurtbecher hat er schon vorher die gleiche Menge Leitungswasser mit 10 ml Prüflösung vermischt. Vor den Augen der Schüler gießt er den Inhalt beider Joghurtbecher zusammen in ein Weckglas. Die Schüler beobachten eine Blaufärbung.

Lehrer: „Wir wollen diesen Versuch jetzt zusammen aufzeichnen!“ Das Tafelbild wird erarbeitet und vom Lehrer angezeichnet und beschriftet.

Unter die Darstellung des Demonstrationsversuches (dieser Stufe IV) zeichnet (und beschriftet) der Lehrer sodann zum Vergleich eine Darstellung der Blindprobe aus Stufe III.

e) Stufe V — Aufschreiben

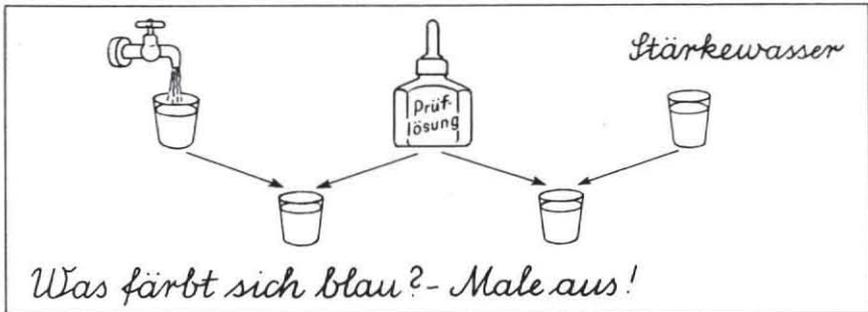
Die Schüler tragen das Tafelbild in ihr Heft ein:
(s. a. Schülerarbeitsheft S. 3)



7. Hausaufgaben

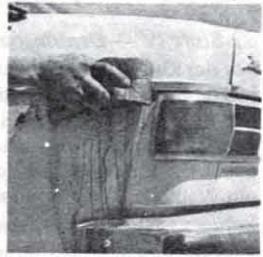
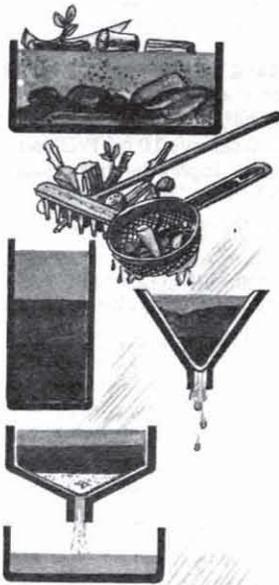
8. Aufgaben zur Erfolgskontrolle

(s. a. Schülerarbeitsheft S. 9)“



(Kay Spreckelsen: Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule. Lehrgang für den physikalisch/chemischen Lernbereich. Wechselwirkungen und ihre Partner. XXII. Frankfurt 1971, in: Katzenberger, L. (Hrsg.): Der Sachunterricht der Grundschule in Theorie und Praxis, Teil II. Prögel, Ansbach 1973, S. 290 ff.)

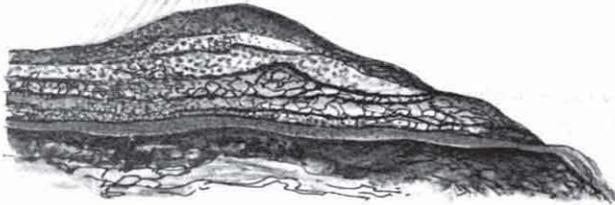
„Wir klären Schmutzwasser



Viel Wasser verbrauchen wir in Getränken und Speisen. Zum Abspülen, zum Waschen und in der Toilette benötigen wir eine noch größere Wassermenge. Den höchsten Wasserverbrauch haben Fabriken bei der Herstellung von Gütern und dem Kühlen von Maschinen. Täglich verunreinigen wir Wasser.

Kann man Wasser wieder klären?

Das wollen wir durch einen Versuch herausfinden: Wir verwenden Schmutzwasser. Es kann z. B. Holzstückchen, Sand, Schlamm, Sägespäne, Papierschnitzel, Öl und Staub enthalten.



Wir haben ein Gemenge. Die vermischten Stoffe verändern ihren Zustand nicht. Sie können wieder getrennt werden.

Abfälle, die ein leichteres Vergleichsgewicht besitzen als Wasser, schwimmen.

Ein **Rechen** erfasst die größeren Teile.

Mit einem **Sieb** holen wir weitere Teile aus dem Wasser. Rechen und Sieb halten aber nur grobe Dinge zurück. Kleine, feste Teilchen sinken.

Diese Schmutzteilchen mit einem größeren Vergleichsgewicht als Wasser können sich auf dem Boden **absetzen**. Vorsichtig gießen wir das Wasser über der Schmutzschicht ab und **filtrieren** es.

Dadurch werden auch die Schwebestoffe festgehalten. Eine Sandschicht oder Filterpapier trennen diese winzigen Schmutzteilchen vom Wasser.

Das Öl wird durch ein **Bindemittel** ausgeschieden.

Kreidestaub bindet Öl.

Wir haben Schmutzwasser geklärt.

Wie die Erde Schmutzwasser klärt

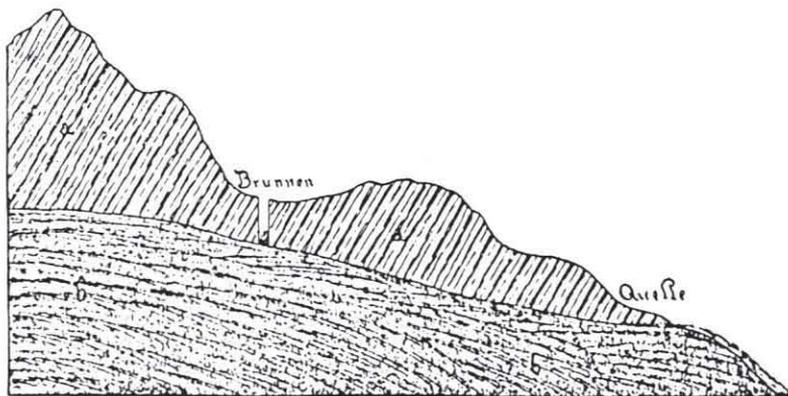
In der Erde wirken mehrere Schichten aus Sand und Steinen wie Rechen, Sieb und Filter. Wasser versickert; dabei werden die Schmutzteilchen zurückgehalten.

Das Wasser, das aus der Quelle sprudelt, ist klar und rein.“

(Gschwendner, K./Schweiger, J. (Hrsg.): Sachunterricht 4. Wolf, Regensburg 1973, S. 67)

„Die Quelle

Das Entstehen einer Quelle läßt sich leicht an einem mit Sand und Kies gefüllten Blumentopfe zeigen. Gießt man oben Wasser hinein, so wird es bald aus dem Loche des Topfes fließen. Kies und Sand lassen das Wasser durch. (Durchlässige Schicht.) Ton und Lehm dagegen lassen es nicht durch. (Undurchlässige Schicht.) Auch ein sog. Einmachglas, das zu $\frac{1}{2}$ mit Tonerde, $\frac{1}{2}$ mit Sand und $\frac{1}{2}$ mit Kies gefüllt ist und an der Seite eine Öffnung hat, dürfte den Zweck erfüllen. Man träufe das Wasser auf das trockene Erdreich.



a) Durchlässige Schicht. b) Undurchlässige Schicht.

Wenn es regnet, so dringt ein Teil des Regenwassers in die Erde. Sand und Kies lassen es durchsickern. Es sind durchlässige Erdschichten. Trifft aber das Regenwasser auf Lehmgund, so kann es nicht mehr tiefer eindringen. Lehmgund ist eine undurchlässige Schicht. Das Wasser kann auf dieser Schicht nur seitwärts fortfließen. An einer Stelle kommt es aus der Erde. Das ist die Quelle. Auf solche Weise ist auch die Schloßquelle entstanden. Ihr Wasser ist frisch und klar. Es ist im Sommer und Winter gleich kalt; denn die Sonnenwärme und die Kälte können in den Berg nicht eindringen. Das Wasser der Quelle gefriert im Winter nicht zu. Um die Quelle ist es immer feucht. Darum wächst dort Moos. Die Schloßquelle wird von einem Kastanienbaum beschattet. Die Vöglein kommen zum Trinken an die Quelle. Der durstige Wanderer kniet sich nieder und schöpft mit der hohlen Hand das frische Quellwasser. Der Schnitter füllt beim Vorbeigehen seinen Krug.

Manchmal gräbt man eine Quelle aus. Man macht um sie eine kreisrunde Mauer. So erhält man die Brunnen. (Schöpf-, Zieh- und Pumpbrunnen.)“

„Am grünen Berg ist ein klarer Quell. Dort tanzen die Wassertropfen zwischen den bunten Kieselsteinen hervor: zehn, hundert und tausend! Ringsum stehen blaue Vergißmeinnicht und rote Nelken. Jedes Blümchen trinkt ein helles Tröpfchen und macht Honig daraus für die Bienen. Dann kommen die bunten Schmetterlinge und die Käfer; sie erhalten alle ein Schlückchen! Häschen und Schäfchen trinken auch, Pferdchen und Kühe, Hirsche und Rehe, Kätzchen und Hunde, alle Tiere auf dem Felde, große und kleine.

Dann kommt das Rotkehlchen und setzt sich auf das blanke Steinchen im Quell. Es taucht sich ins Wasser und nimmt ein Morgenbad. Es schüttelt die Federn zurecht und kämmt sie mit dem Schnabel. Es trocknet sich wieder im warmen Sonnenschein. O, wie sieht es dann schmuck und sauber aus!

Unser Kind wäscht sich auch, dann sieht es so frisch und munter aus wie ein Rotkehlchen!“

Hermann Wagner

(Rebele, K.: Lehrstoff für Anschauungsunterricht und Heimatkunde. Augsburg 1911³, S. 229f.)

„Thema: Seife und Wasser

Die Versuchsreihe zeigt den Schülern, daß Seife sich im Wasser auflöst und Seifenlauge ergibt. Jeder Schüler führt unter Anleitung der Lehrerin den Versuch selbständig durch. Die genaue Untersuchung von Wasser, Seife, Seifenlauge und Schaum bringt eigene Erfahrungen und Erkenntnisse. Das vorbereitete Arbeitsmaterial für jedes Kind liegt bereit. (Siehe Arbeitsmaterial für die Wocheneinheit!)

1. Sachunterricht

1.1 *Lernziel:* Seife löst sich im Wasser auf.

1.2 *Versuchsarbeit und Aussprache*

1.21 *Seife und Wasser (Objekterkundung)*

Die Seife ist hart, fest, trocken, oval, rechteckig, schmierig, fettig. Sie riecht gut, duftet; schmeckt bitter, scharf, seifig.

Das Wasser ist kalt, flüssig, durchsichtig, klar.

1.22 *Wir legen die Seife in das Wasser (Beobachtung)*

Die Seife geht unter. Sie liegt auf dem Boden, dem Grund des Weckglases. Die Seife ist schwerer als das Wasser. Deshalb geht sie unter; sie schwimmt nicht im, auf dem Wasser.

Schaut das Wasser an!

Es ist nicht mehr so durchsichtig, klar. Allmählich wird es trüb, milchig. Sicher kommt das von der Seife. Die Seife macht das Wasser trüb. Sie löst sich auf.

Holt die Seife aus dem Wasser! Befühlt sie!

Die Seife tropft. Sie ist naß, feucht, klitschig, rutschig. An der Oberfläche ist sie weich, löst sie sich auf; bleibt an den Händen, den Fingern hängen, kleben. Das Wasser hat die Oberfläche der Seife naß, weich gemacht; hat sie aufgeweicht.

Überlegt, wie wir Wasser mit aufgelöster Seife benennen können!

Aus Wasser und Seife wird Seifenwasser. Dieses Wasser hat einen besonderen Namen. Denkt nach, wie das Wasser beim Wäschewaschen heißt! Das ist eine Lauge, eine Seifenlauge.

1.23 *Aus Seifenlauge wird Seifenschaum (Untersuchen und Erproben)*

Steckt den Strohhalm in die Seifenlauge und bläst hinein!

In die Seifenlauge kommt Luft. Das Wasser fängt zu sprudeln an. Jetzt gibt es lauter Blasen; runde, halbrunde Seifenblasen. Es werden immer mehr. Sie hängen fest zusammen; steigen höher; bis zum Rand des Glases. Im Glas ist nun Schaum, Seifenschaum.

Überlegt, woraus Seifenschaum besteht! Ihr könnt es jetzt gut sehen.

Seifenschaum besteht aus vielen kleinen Blasen, Bläschen. Sie bilden sich aus Wasser, Seife und Luft.

Untersucht eine Seifenblase und den Seifenschaum! (Seifenblase in die Luft blasen; Seifenschaum vorsichtig mit den Fingerspitzen berühren.)

Die Seifenblase fliegt, schwebt in der Luft. Sie ist leicht, rund, kugelförmig. Sie glitzert, glänzt, schillert in vielen Farben. Wenn ich sie auffange, platzt sie. Der Seifenschaum fällt zusammen. Alle Seifenblasen platzen. Der Schaum ist fein, leicht; wie die Seifenblase.

Denkt nach, was aus dem Schaum wird! — Aus dem Schaum wird wieder Wasser, Lauge, Seifenlauge.

1.3 *Erkenntnis:* Die Seife löst sich im Wasser auf. Aus Wasser und Seife wird Seifenlauge. Wasser, Seife und Luft bilden kleine Seifenblasen, den Seifenschaum.

Tafelbild:

Die Seife  <i>Sie ist naß, rutschig.</i>	Die Seifenlauge  <i>Sie ist trüb, milchig.</i>	Der Schaum  <i>Er ist leicht, luftig.</i>
--	--	---

Merke: Wasser, Seife und Luft werden zu Schaum.

Tafelbild:

Seife und Wasser

Wir beobachten und entdecken:

Die Seife  <i>Sie ist trocken, hart, glatt.</i>	Das Wasser  <i>Es ist klar, kalt.</i>	Wasser und Seife  <i>Die Seife geht unter. Das Wasser wird trüb.</i>
---	---	--

Merke: Die Seife löst sich im Wasser.

1.4 Eintrag in das Arbeitsheft, Arbeitsblatt:

im Anschluß an Tafelbild: Gegenstände, Namen, Eigenschaften

2. Deutsch

2.1 Lesen, Merktext aus dem Sachunterricht

Versuchsarbeit in der richtigen Reihenfolge darstellen (gemeinsame Erarbeitung)

Wir beobachten und untersuchen

Auf dem Tisch steht ein Glas mit Wasser.

Wir legen ein Stück Seife hinein.

Aus Wasser und Seife wird eine Seifenlauge.

Mit dem Strohhalm blasen wir Luft in die Seifenlauge.

Es entsteht Seifenschaum.

Die Schüler sollten nicht nur zur selbständigen Versuchsarbeit angeregt werden, sondern auch allmählich einfache Versuchsreihen in der richtigen Reihenfolge sprachlich wiedergeben und formulieren können.

2.2 Schreiben

Den erarbeiteten Merktext schreiben die Kinder in das Arbeits- oder das Schreibheft. Überwachen des Schreibens als Schön- und Rechtschreiben. Vergleichen mit dem Schriftbild an der Wandtafel: Lies zuerst das Wort für dich leise! — Sprich leise beim Schreiben mit! Weißt du, was du schreibst? — Wenn das Kind beim Schreiben nur gedankenlos abmalt, bleibt die Übung wirkungslos.“

(Brehmer, E.: Der Sachunterricht im 1. Schuljahr. Prögel, Ansbach 1977, S. 183 ff.)

„Weihnachtskerzen — einmal anders

Cornelia war ganz aufgeregt. Sie war in der Schule in der ersten Klasse und ihre Lehrerin, Fräulein Menzel, wollte morgen mit ihnen einen ganz tollen Versuch machen.

„Ich brauche ein Glas“, sagte Cornelia zu ihrer Mutter. Seppls Frau öffnete ihren Küchenschrank: „Welches willst du denn haben?“

„Ein ganz großes, bitte. Das da hinten.“ Cornelia zeigte auf ein Glas, aus dem Seppl immer sein Bier trank, „und gib mir bitte gleich noch ein kleines, das brauche ich auch!“ Ihre Mutter stellte das große Bierglas und das kleine Schnapsglas auf den Küchentisch. „Und jetzt noch einen Teller“, fuhr Cornelia fort. Ihre Mutter gab ihr noch den Teller, den sie neben die Gläser stellte. „Haben wir auch eine Kerze?“ fragte Cornelia, „aber sie darf nicht zu lang sein.“ . . . „Ganz pfundig war es“, strahlte Cornelia. „Was habt ihr denn gemacht?“ fragte ihre Mutter. . . .“

(*Knerr, G./Sadner, H.*: Kinder entdecken ihre Umwelt. Naturwissenschaften 2. Auer, Donauwörth 1976, S. 52 f.)

„Wir skizzieren stichwortartig die bei Fröbel genannten Grundeinsichten oder besser anschauend-ahnenden Erfahrungen kategorialer Art, die das Kind im spielenden Umgang mit dem Ball, oft unterstützt durch die mitspielende Mutter, zu gewinnen vermag: Gegenständigkeit (Stofflichkeit) — Ichbewußtsein. Ausdehnung — Zusammenhalt. Schwere. Ruhe — Bewegung, Einssein — Getrenntsein — Wiedervereinigung. Dasein — Verschwinden — Wiederkommen. Haben — Gehabthaben — Wiederhabenwerden oder -wollen. Raum — Zeit. Grund und Folge, Ursache und Wirkung. Die Bewegung und einige ihrer Grundformen: hin — her, hinein — hinaus, auf — ab, langsam — schnell; kreisen, fallen, springen, rollen, zurückprallen. Grundformen der Beziehung von Ich und Gegenstand: suchen, finden, holen, fassen, halten, drehen, stoßen, werfen, prellen. Erste Beziehungserfahrungen: Beharren des Gegenstandes im Wechsel seiner Zustände; der gerade Weg ist der kürzeste . . . Man sieht, welcher Reichtum an Gegenstands- und ‚Lebenskategorien‘ sich im Spiel mit dem Ball erschließt.“ (Siehe Abb. Seite 37!)

(*Klafki, W.*: Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung. Weinheim/Berlin 1955, S. 114, in: *Döring, K.-W.*: Lehr- und Lernmittel. Weinheim/Basel 1969, S. 187 f.)

3. Didaktische Forderungen an das Experiment im Grundschulunterricht

Auch für die didaktische Einschätzung des Experiments im Unterricht gilt, was *Rumpf* von unterrichtlichen und schulischen Problemen im allgemeinen behauptet: es herrschen „*Scheinklarheiten*“ gegenüber theoretisch und praktisch geprüften Annahmen vor.

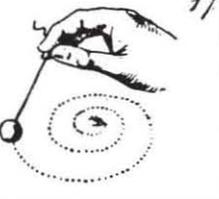
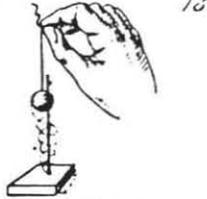
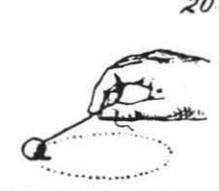
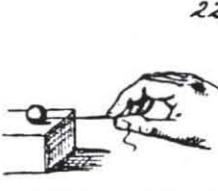
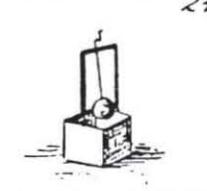
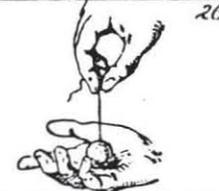
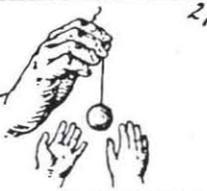
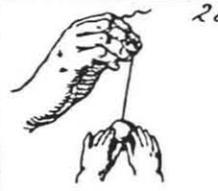
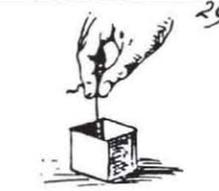
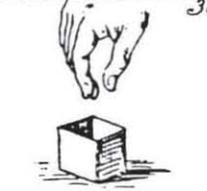
Die getrennte Betrachtungsweise von Zielvorstellungen, Realisationsweisen und Realisationsbedingungen führt auch bei der Bewertung des Experiments im Unterricht in eine Willkürlichkeit der Einschätzung, die dem heutigen Anspruch der wissenschaftlichen Legitimation von Unterrichtsmethodenempfehlungen nicht annähernd gerecht wird.

Ein *Umdenken im Methodenverständnis* wäre dringend notwendig. Zu fordern wäre anstelle eines geschlossenen Unterrichtskonzeptes nach dem Zweck-Mittel-Schema ein *offener Unterricht nach dem Anlaß-Folge-Schema* (vgl. *Einsiedler* 1976 b, S. 23).

Die *bisher* zu beobachtende *Vernachlässigung des Prozeßcharakters des unterrichtlichen Lernens* ist auch ein Grund für die geringen unterrichtstheoretisch fundierten Hinweise, die in der modernen didaktischen Literatur zum Thema „*Unterrichtsexperiment*“ zu finden sind.

Die im Folgenden vorgenommene didaktische Analyse des Experiments im Unterricht ist im Kontext der angedeuteten theoretischen und praktischen Probleme der Unterrichtswissenschaft zu verstehen. Das Untersuchungsanliegen entwickelte sich aus der *beobachteten Diskrepanz* zwischen theoretisch proklamierten didak-

Das erste Spiel des Kindes

 <p>16</p>	 <p>17</p>	 <p>18</p>
<p>Immer enger.</p>	<p>Immer weiter.</p>	<p>Immer höher.</p>
 <p>19</p>	 <p>20</p>	 <p>21</p>
<p>Immer tiefer.</p>	<p>Rrr, kreisrund.</p>	<p>Immer schneller, lll.</p>
 <p>22</p>	 <p>23</p>	 <p>24</p>
<p>Zieh, zieh, zieh.</p>	<p>Bauz! da fällt der Ball.</p>	<p>Bim, baum.</p>
 <p>25</p>	 <p>26</p>	 <p>27</p>
<p>Fort ist der Ball.</p>	<p>Da ist der Ball.</p>	<p>Fang' den Ball.</p>
 <p>28</p>	 <p>29</p>	 <p>30</p>
<p>Falt' den Ball.</p>	<p>Tief hinein gesenkt.</p>	<p>Such' den Ball.</p>

tischen *Zielvorstellungen* und den faktischen *Realisationsweisen* bzw. Realisationsbedingungen des Experimentierens im Grundschulunterricht.

Folgende These war *Ausgangspunkt* für die Formulierung der Fragen, die einer Beantwortung nähergebracht werden sollten:

Zwischen dem Experiment als Lehr-Lern-Strategie (L-L-Strategie) und den didaktischen Intentionen: Wissenschaftsorientierung, Umweltorientierung, Schülerorientierung des (naturwissenschaftlichen) Grundschulunterrichts besteht ein positiver Bedingungs Zusammenhang.

Im Anschluß an diese These wurden folgende drei *Problemfragen* formuliert:

1. Welcher *Realisationszusammenhang* besteht zwischen der didaktischen Leitvorstellung der *Wissenschaftsorientierung* und der *experimentellen L-L-Strategie*?
2. Welcher *Realisationszusammenhang* besteht zwischen der didaktischen Leitvorstellung der *Umweltorientierung* und der *experimentellen L-L-Strategie*?
3. Welcher *Realisationszusammenhang* besteht zwischen der didaktischen Leitvorstellung der *Schülerorientierung* und der *experimentellen L-L-Strategie*?

Die Auswahl dieser drei didaktischen Intentionen ist durch deren *Bedeutsamkeit innerhalb der Innovationsbestrebungen des modernen Sachunterrichts* in der Grundschule und in *sachstrukturellen Merkmalen* der experimentellen L-L-Strategie begründet.

Die Durchsicht der umfangreichen curricularen Reformvorschläge für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule (vgl. *Frey/Lang* (Hrsg.) 1973; *Bloch/Häußler/Jaeckel/Reiß* 1976; *Lauterbach/Marquardt* (Hrsg.) 1976 u. a.) zeigt, daß mit den genannten Leitvorstellungen grundlegende Problemkomplexe bezeichnet sind, deren theoretische Klärung und praktische Anwendung für eine zeitgemäße Reform des Sachunterrichts in der Grundschule entscheidend sind.

Jede der genannten didaktischen Intentionen enthält inhaltliche strukturelle Merkmale, die bei der Merkmalsbeschreibung des Experiments analog aufgefunden wurden (vgl. II. Kap.). Thesenhaft kann dieser Sachverhalt wie folgt formuliert werden:

1. Das Experiment als Methode der exakten (natur-)wissenschaftlichen Forschung ist eine wichtige *methodische Grundlage für einen wissenschaftsorientierten Unterricht*, der in wissenschaftliche Arbeitsweisen einführen soll.
2. Das Experiment als eine *Methode mit operativem Prozeßcharakter* entspricht den epistemisch-aktivistischen Verhaltensmöglichkeiten des Grundschulkindes.
3. Das Experiment als eine *Methode der Umwelterforschung* entspricht dem handelnden (Um-)Weltbegreifen des Kindes.

Der Begriff „*Experiment*“ ist ein sehr *komplexer* Begriff. Die Begriffsinhalte und der Begriffsumfang „*Unterrichtsexperiment*“ sind in der pädagogisch-didaktischen Literatur recht unterschiedlich. Es liegt keine umfassende oder auch nur im Ansatz differenzierte Analyse des Begriffs „*Experiment*“ unter didaktisch-methodischer Merkmals- und Funktionsbestimmung vor. Deshalb schien es mir unumgänglich, vor der Analyse von experimentalspezifischen didaktischen Funktionen eine grundlegende Klärung des Begriffs „*Experiment*“ vorzunehmen.

Unterrichtsmethoden sind stets eingebunden in übergreifende pädagogisch-didaktische und wissenschaftstheoretische Modellvorstellungen (*Einsiedler* 1976,

S. 4 ff.). Das Experiment als Unterrichtsmethode muß einerseits von der zentralen Stellung und der methodischen Bestimmung des Experiments innerhalb der naturwissenschaftlichen Forschung her verstanden werden; andererseits ist nach der *pädagogischen Funktion* dieser unterrichtlichen Aktivität zu fragen.

Pädagogik intendiert stets die Auseinandersetzung mit Zielfragen von Unterricht und Erziehung (Brezinka 1971; Flitner, W. 1966¹¹; Erlinghagen 1960; Dolch 1963 u. a.). Der *sich entwickelnde und zu entwickelnde Mensch steht im Mittelpunkt* pädagogischer Aktionen. Die traditionelle Funktionsbestimmung von Unterricht und Erziehung als Hilfestellung zur Selbstverwirklichung des jungen Menschen kann bei der Funktionsbestimmung von Unterrichtsmethoden deshalb nicht außer acht gelassen werden.

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Untersuchung ist zu fragen, ob, in welcher Hinsicht und in welchem Ausmaß das *Experiment als Lehr-Lern-Weg* hinsichtlich seiner angedeuteten anthropologischen Bedeutungserfassung vorzunehmen ist.

Die *Bestimmung des Verhältnisses Mensch — Experiment — Gegenstand (Welt)* bildet für die Untersuchung auch die Grundlage zur theoretischen Klärung des kindlichen, operativen Aufbaus der „Welt“; das Problem der Gegenstandskonstitution nimmt ja gerade in modernen entwicklungs- und lerntheoretischen Theoriebeständen ein breites Feld der Grundlagenforschung ein (Piaget 1972; 1974; Ausubel 1967 u. a.). Das Experiment als L-L-Strategie erhält aus diesem psychologischen Begründungszusammenhang eine evidente Legitimation. Auf der Basis des anthropologischen Grundverständnisses wird unter Zuziehung unterrichtstheoretischer und lerntheoretischer Konzeptionen eine *grundlegende Bestimmung des Experiments im Unterricht als L-L-Strategie* vorgenommen. Daran schließen sich sachlogische unterrichtspraktische Merkmals- und Funktionsbeschreibungen im Sinne einer Annäherung an die Unterrichtspraxis an. Erst auf der Grundlage der vorgelegten begriffstheoretischen Konzeption haben die angezielten Problemanalysen eine rational begründete, diskussionsfähige theoretische Basis.

Die *empirische Überprüfung* der im Verlaufe der theoretischen Analyse aufgestellten Hypothesen kann innerhalb dieser Untersuchung nur in Form einer Pilot-Studie erfolgen, in der mit Hilfe einer *Fragebogenerhebung* ansatzweise eine Evaluation versucht wurde.

II. Kapitel

„Man kann in den Naturwissenschaften über manche Probleme nicht gehörig sprechen, wenn man die Metaphysik nicht zu Hilfe ruft; aber nicht jene Schul- und Wortweisheit: es ist dasjenige, was vor, mit und nach der Physik war, ist und sein wird.

Nach Analogien denken ist nicht zu schelten: die Analogie hat den Vorteil, daß sie nicht abschließt und eigentlich nichts Letztes will; dagegen die Induktion verderblich ist, die einen vorgesetzten Zweck im Auge trägt und, auf denselben losarbeitend, Falsches und Wahres mit sich fortreißt.“

Johann Wolfgang von Goethe

Forschungsexperiment - Unterrichtsexperiment

1. Das Experiment als Forschungsstrategie

1.1 Allgemeines Begriffsverständnis

Das Wort Experiment kommt vom lat. „*experiri*“, d. h. versuchen, prüfen, erproben, im übertragenen Sinn erfahren, kennenlernen. Im heutigen Sprachgebrauch versteht man unter Experiment die „planmäßige, grundsätzlich wiederholbare Beobachtung von Naturvorgängen unter künstlich hergestellten, möglichst veränderlichen Bedingungen“ (in *Hoffmeister* (Hrsg.) 1955, S. 288).

Der enge Zusammenhang zwischen *Merkmale* des Begriffs „Experiment“ und dem *Zweck* des experimentellen Tuns wird aus folgender Definition deutlich: Das Experiment ist „eine planmäßig veranstaltete Beobachtung; die planmäßige Isolierung, Kombination und Variation von Bedingungen zum Studium der davon abhängigen Erscheinungen mit Hilfe der Gewinnung von Beobachtungen, aus denen sich Regelmäßigkeiten und Gesetzmäßigkeiten ergeben“ (*Schischkoff* in *Stockhammer* 1967, S. 159).

In anderen Definitionen ist die *Funktion* des Experiments im Erkenntnisprozeß genauer beschrieben, so z. B. wenn das Experiment verstanden wird als die „Rückinterpretation sinnlicher Erscheinungsdaten in ein exaktes Bezugssystem vorgängiger Gesetzmäßigkeiten. Der wissenschaftliche ‚metodo‘ besteht im Wechselbezug zwischen Vorentwurf einer Gesetzmäßigkeit („Hypothese“) und Rückkontrolle sinnlicher Daten („Experiment)“ (*Rombach* in *Rombach* (Hrsg.) 1970, S. 375). In diesem Sinne spricht *König* (in *Rombach* (Hrsg.) 1974, Bd. 2, S. 53) von einem „*Hypothesen-Experiment-Falsifikationsgeflecht*“, innerhalb dessen jeder einzelne Faktor eine Rückkoppelung an den anderen fordert: „mißlungene Falsifikationen können zu veränderten Experimenten führen, welche wiederum eine Hypothesenmodifikation erzwingen usw.“. Die experimentelle Methode hat demgemäß eine „*zyklische Struktur*“ (vgl. *Barthel* 1971, S. 37).

Wenn das kritische Verfahren der Naturwissenschaften als ein „experimentelles“ Verfahren bezeichnet wird, heißt das nicht, daß darunter nur das Experiment — im engeren Sinne als experimentelle Anordnung — zu verstehen ist. Der theoretische Entwurf, die *Hypothese*, ist der *epistemische Anlaß* für die Konstruktion und Anordnung des *Experiments*. Der „innere Aufbau“ bildet nach *Dingler* (1928, S. 22) die „Struktur“ des Experiments. Die exakte Messung (beim quantitativen Experiment) beruht „auf der Bildung ideeller Begriffe, welche als einzige absolute Eindeutigkeit ermöglichen. Ferner beruht sie auf der Realisierung dieser Begriffe, die mit stetig wachsender Genauigkeit erfolgt“ (ebd.).

Schon die experimentelle Fragestellung hängt von zahlreichen theoretischen Voraussetzungen ab, und die Interpretation der experimentell gewonnenen Daten ist nur in einem analogen theoretischen Zusammenhang sinnvoll. *Experimente sind „Bausteine“ zu Theorien, nicht deren „Basis“* (vgl. *Rombach* in *Rombach* (Hrsg.) 1974, Bd. 2, S. 33f.).

Durch Experimentieren versucht der Forscher, seine „konstruierte Wirklichkeitserfassung (Theorie)“ (*Rombach*) im Hinblick auf noch fragliche Phänomene „in sinnlich erfahrbare Weise“ auf die Probe zu stellen. Dabei greift er in den „natürlichen“ Zustand der Dinge und in den „natürlichen“ Ablauf der Geschehnisse ein, um seinen begrenzten sinnlichen Erfahrungshorizont zu erweitern; er schafft die Möglichkeiten für eine „*künstliche Wahrnehmung*“ *innerhalb der experimentellen Anordnung*.

Die planmäßige, *künstliche Isolation* von sinnlich wahrnehmbaren Erscheinungen als Voraussetzung für die *Variation, Reproduktion und Kombination* der Beobachtungsbedingungen unterliegt der funktionalen Bestimmung durch das forschende Subjekt. Die Anordnung von *Versuchsreihen* als Serie planmäßiger Beobachtungen geschieht ebenfalls im Sinne der künstlichen Wahrnehmungserweiterung.

Resümee

Überblickt man die Merkmals- und Funktionsbestimmung des Begriffs „Experiment“, so lassen sich *subjektive und objektive Aspekte* bei der Durchführung der experimentellen Methode unterscheiden. Der *Experimentator als Subjekt* hat eine Zielvorstellung (Frage, Hypothese, theoretische Annahme), welche die *Art und Funktion des experimentellen Zugriffs* bestimmt. Der Hypothese entsprechend organisiert der Experimentator die Versuchsanordnung und beobachtet den experimentellen Ablauf. *Objektiv* betrachtet, hat der experimentelle Zugriff folgende *Kennzeichen*:

- er muß planmäßig sein (Hypothese)
- er ist künstlich hergestellt (Isolation und Kombination)
- er ist abänderbar (Variation)
- er ist wiederholbar (Reproduktion)
- er ist kontrollierbar (Kontrolle).

Der Experimentator schafft für eine mehr oder weniger *subjektbezogene* (aber nicht „nur“ subjektive) *Theorie* ein mehr oder weniger *objektbezogenes* (aber nicht „nur“ objektives) *Kontrollinstrument in der experimentellen Anordnung*.

1.2 Etymologische Begriffsanalyse

Das Wort „*Experiment*“ wurde weithin (etwa bis zur Renaissance) *gleichbedeutend mit „Erfahrung“* gebraucht (experimentum = experientia). Für die inhaltliche Er-

schließung und für die erkenntnistheoretische Funktionsbestimmung des Experimentbegriffs ist deshalb die etymologische Betrachtung des Wortes Erfahrung aufschlußreich (vgl. *Grimmsches* Etymologisches Wörterbuch, Bd. II, S. 794 f.). „*Erfahrung*“ meint im ursprünglichen Sinn „Kennenlernen durch Herumfahren, durch Reisen“. Daneben bezeichnet das Wort Erfahrung auch eine „gezielte Erforschung“. In der Verengung des Sprachgebrauchs ist damit folgendes gemeint: die „sinnliche Anschauung oder Wahrnehmung wird von der Erfahrung unterschieden und Erfahrung erst dann eintretend angenommen, wenn jenen ein prüfendes Urteil hinzugekommen ist“. Damit erhält das Wort „Erfahrung“ den Bedeutungsgehalt von prüfen und forschen. „Sagen ließe sich, Erfahrung sei der Eindruck des Äußeren auf unser Inneres, wir erfahren etwas an den Dingen wie an uns selbst. Jedwede Erfahrung lehrt, der Erfahrende, nach des Wortes Urbedeutung, erreicht und hält etwas fest.“ Der genannte „Eindruck des Äußeren auf unser Inneres“ ist jedoch nicht einseitig als Geschehen vom Objekt in Richtung Subjekt zu verstehen: „Es muß jedoch schwer sein, Forschung und Kunde, gleichsam tätiges und leidendes Wahrnehmen überall zu sondern, und beiderlei erfahren fällt oft zusammen.“

Dieser *aktive und zugleich passive Bedeutungsgehalt* spiegelt sich nicht nur im Substantiv „Erfahrung“ wieder, sondern auch in der Verb-Bedeutung. *Grimm* führt dazu folgende Bedeutungsnuancen an:

- einen erfahren = erkunden, erkennen (z. B. einen Menschen)
- etwas erfahren = erforschen, erkunden
- erfahren = bloßes Gewahren und Vernehmen der Dinge ohne Fahren und Forschen im voraus
= an sich selbst erfahren (das Erfahrene ist das Wirkliche, dem nur Gedachten Entgegenstehende)
- sich erfahren = sich erkundigen

Das Adjektiv „erfahren“ bedeutet bewährt, einsichtsvoll, erprobt, erfahren.

Resümee

Aus der etymologischen Analyse des Begriffs „Erfahrung“ ergeben sich folgende Bedeutungsaspekte, die für die erkenntnistheoretische und für die allgemeinanthropologische Grundlegung der „*experimentellen*“ *Erfahrung als Forschungsstrategie bestimmend* sind:

- (1) Zur Erfahrungsgewinnung ist das *Zusammenspiel von Mensch und Welt*, von Erfahrendem und Erfahrenem notwendig.
- (2) Den Menschen führt zu seiner Erfahrung nur der Einsatz von *Sinnen und Geist*.
- (3) Erfahrung entsteht im Menschen durch *Aktivität und Passivität*, durch Tun und Leiden, durch Forschung und das Aufnehmen einer Kunde.
- (4) Das *Erfahrene als das „Wirkliche“* ist zu unterscheiden vom „*nur Gedachten*“. Was erfahren ist, gilt als bewährt, erprobt, allgemein gültig.

1.3 Zum philosophie-historischen Begriffsverständnis

Erfahrung als „Erfahrenheit, Erfahrensein“: dieses Grundverständnis des Wortes „Erfahrung“ und damit die Grundlage für das Verständnis des Begriffs „Experiment“ ist von *Aristoteles* (384—322 v. Chr.) folgendermaßen definiert (vgl. zum

Folgenden: „Experiment“ und „Erfahrung“ in *J. Ritter* (Hrsg.): *Historisches Wörterbuch der Philosophie*. 1972, S. 868ff.):

„Das Wissen der ersten Prinzipien bildet sich wie alles andere Wissen auch: es hebt bei dem für uns bekannteren, nämlich der Wahrnehmung des einzelnen an, führt über das Erinnern der Wahrnehmung und die Abstraktion zur Erfahrung, die als eine Speicherung von identischen oder ähnlichen Eindrücken und als die Bildung eines für vieles Allgemeines aufgefaßt ist. Das Allgemeine der Erfahrung wiederum führt auf das Prinzip.“ (*Aristoteles*, *Anal. Post.* 100a 16f.)

Der *mittelalterliche Aristotelismus* gibt die aristotelischen Kernsätze formelhaft weiter: „experimentum eiusdem rei secundum speciem“ (*Albertus Magnus* 1193 — 1280) und „experientia fit ex multis memoriis“ (*Thomas von Aquin* 1225 — 1275). Noch bei *Hobbes* (1588—1679) heißt es: „memoria multarum rerum experientia dicitur“. Das „Erinnern der Wahrnehmung“ ist demgemäß ein wesentliches Element der Erkenntnisgewinnung durch Erfahrung.

Seit *Francis Bacon* (1561—1626) gibt es neben dem Fortwirken der aristotelischen Bestimmung des Begriffs „experientia“ eine davon abweichende Auffassung: „Erfahrung“ steht bei *Francis Bacon* nicht mehr primär für den *Besitz* menschlicher Fähigkeiten, sondern für den *Prozeß und die Methoden der Aneignung* solcher Fähigkeiten. Der Schwerpunkt der Wortbedeutung „Erfahrung“ hat sich vom Substantiv „experientia“ in Richtung auf das Verb „experiri“ verschoben. *Bacon* unterscheidet die „experientia vaga“ von der „experientia ordinata“. Die „experientia vaga“ als „Gewinnung genereller Sätze von den zufallenden Erlebnissen“ oder als „unsystematisches Herumprobieren“ (*Bacon, F.: Novum Organum* F, 82) ist als wissenschaftliche Forschungsmethode zu verurteilen. An ihre Stelle soll die „experientia ordinata“ als wissenschaftliches methodisches Vorgehen treten.

Zwei Stufen sind bei der Erfahrungsgewinnung durch die experientia ordinata zu unterscheiden:

1. experientia literata

Sie soll „ab experimentis ad axiomata“ führen im Unterschied zum Weg „ab axiomata ad experimentis“. *Bacon* denkt vor allem an die methodisch geleitete Abänderung der Versuchsbedingungen eines bestimmten Experiments.

2. interpretation naturae

Die experimentellen Ergebnisse aufgrund der systematisch geordneten Versuchsreihen ermöglichen eine Einsicht in fundamentale Naturgesetze, die „axiomata“. Aufgrund von Versuchsreihen ist die Naturinterpretation methodisch gerechtfertigt. Schriftliche Aufzeichnungen sind bei dieser neuen experientia (vgl. *Galilei* und *Toricelli*) selbstverständlich geworden. In den Erwägungen *Bacons* bahnt sich die neuzeitliche Unterscheidung zwischen *Erfahrung im allgemeinen Sinn* und dem *engeren naturwissenschaftlichen Verständnis des Terminus „Experiment“* an.

Auch bei *Christian Wolff* (1679—1754) wird die Art des menschlichen Tuns beim Experimentieren charakterisiert als eine Erfahrungsweise, zu der es methodischer Veranstaltungen bedarf („quae versatur circa facta naturae, quae nonnisi interveniente opera nostra contungunt“) (*Cr. Wolff*, *Psychol. empirica*, S. 456). *Wolff* unterscheidet auch erstmals die bloße Beobachtung (*observatio*) von *experimentum*; jene richtet sich auf das Naturgeschehen als solches, dieses greift in das Naturgeschehen ein. Daß die Erfahrung, die der Forscher durch die experimentelle Methode gewinnt, eine vom Menschen erzeugte Erfahrung ist, welche „weder

Philosophie noch Handwerk mehr ist, weil sie beide enthält“ (Weizsäcker, C. Fr. v., 1947, S. 3), hat vor allem Kant (1724—1804) dargelegt.

Kant spricht davon, daß die experimentelle *Naturforschung* sich in den Bahnen eines wohlbestimmten *methodischen Apriori* vollzieht: „Die Naturforscher begriffen, daß die Vernunft nur das einsieht, was sie selbst nach ihrem eigenen Entwürfe hervorbringt, daß sie mit Principien ihrer Urteile nach beständigen Gesetzen vorangehen und die Natur nöthigen müsse, auf ihre Fragen zu antworten, nicht aber sich von ihr allein gleichsam am Leitbände gängeln lassen müsse; denn sonst hängen zufällige, nach keinem vorher entworfenen Plane gemachte Beobachtungen gar nicht in einem nothwendigen Gesetz zusammen, welches doch die Vernunft sucht und bedarf. Die Vernunft muß mit ihren Principien, nach denen allein übereinstimmende Erscheinungen für Gesetze gelten können, in einer Hand und mit dem Experiment, das sie nach jenen ausdachte, in der anderen an die Natur gehen, zwar um von ihr belehrt zu werden, aber nicht in der Qualität eines Schülers, der sich alles vorsagen läßt, was der Lehrer will, sondern eines bestellten Richters, der die Zeugen nöthigt, auf die Fragen zu antworten, die er ihnen vorlegt.“ (Kant, Kritik der reinen Vernunft, Bd. XIII., Akad.-A., S. 3, 10)

Der Mensch als „bestellter Richter“: diese Auffassung der subjektiven Seite beim experimentellen Vorgehen führte u. a. auch dazu, daß das 18./19. Jahrhundert weithin das Experiment als unproblematische Frage an die Natur betrachtete, deren Beantwortung durch den experimentellen Zugriff sicher erfolgen konnte.

Diese weit verbreitete *Erfahrungsgläubigkeit* wurde vor allem durch P. Duhem (1861—1916) in Frage gestellt. Er machte deutlich, daß durch Experimentieren allein keine allgemeingültigen theoretischen Erfahrungen gewonnen werden können. Aus experimentellen Befunden ließen sich weder eine eindeutige Theorie noch die Allgemeingültigkeit einer die experimentellen Befunde deckenden Theorie ableiten. Es gibt kein „reines“ Experiment ohne theoretischen Kontext. „Ein physikalisches Experiment ist die genaue Beobachtung einer Gruppe von Erscheinungen, die verbunden wird mit der Interpretation derselben; diese Interpretation ersetzt das konkret Gegebene, mit Hilfe der Beobachtung wirklich Erhaltene durch abstrakte und symbolische Darstellungen, die mit ihnen übereinstimmen auf Grund der Theorien, die der Beobachter als zulässig annimmt.“ (P. Duhem, 1908, S. 192)

Die theoretische Interpretation der Erscheinungen ist bestimmend für den Gebrauch der Instrumente innerhalb der experimentellen Anordnung. Wenn man die Theorie „vor der Türe des Laboratoriums stehen lassen“ (Duhem) würde, könnte man keine einzige Ablesung interpretieren. Das *aufeinander-Angewiesensein von Theorie und Experiment* ist seit Duhem ein nicht zu Ende diskutiertes Problem der wissenschaftstheoretischen Grundlegung der experimentellen Forschungsmethode geblieben. H. Dingler (1881—1954) (1928 insbes.) und K. Holzkamp (1968 insbes.) haben den Schwerpunkt der Betrachtung auf die nichtempiristische Lehre vom Experiment verlagert.

Resümee

Die philosophischen Erörterungen zum Experiment haben das wissenschaftstheoretische Methodenverständnis gemäß den jeweiligen, zeitgeschichtlich geprägten („passive Genesis“/Husserl) Grundannahmen expliziert und einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung und Durchführung des Experiments als Forschungsmethode geleistet. Auf die breit diskutierte Problematik der Anwendung der experi-

mentellen Methode in den Humanwissenschaften kann in diesem Zusammenhang nur hingewiesen werden (vgl. u. a. *Agyris 1972; Campbell 1957; 1963; Holzkamp 1968; Rosenzweig 1933; Schietzel 1972*).

1.4 Anthropologische Dimensionen im Verständnis der experimentellen Methode

Die vorangegangene Inhalts- und Funktionsanalyse des Experiments enthält Bestimmungen, die für das Verständnis des Menschen als experimentierendes Wesen von grundlegender Bedeutung sind. Die Bestimmung pädagogischer und didaktischer Intentionen und Funktionen des Experiments müssen auf den anthropologischen Grundlagen aufbauen, wenn sie ihrem pädagogischen Anspruch gerecht werden wollen.

Im Folgenden werden *bedeutsame anthropologische Dimensionen des Experiments thesenhaft formuliert* und deren Grundgehalt zu erhellen versucht.

1. These:

Bei der Durchführung der experimentellen Methode (methodos/Vermittlung) erforscht der Mensch als Ich (Subjekt) die Welt als Gegenstand (Objekt), um allgemein gültige Erkenntnisse zu gewinnen.

Die *subjektiven Kriterien als menschliche Fähigkeiten hinsichtlich der Erforschung der Natur* sind:

- *die Fragefähigkeit* (Staunen, ein gewisses Maß an Wissen, Verlangen nach der Enträtselung bzw. Beherrschung der Natur)
- *die Wahrnehmungsfähigkeit* (bewußtes Aufnehmen von Sinneseindrücken, „tägliches und leidendes Wahrnehmen“)
- *die Beobachtungsfähigkeit* (intensives Wahrnehmen, Messen, Vorrichtungen)
- *die Interpretationsfähigkeit* (Erscheinungsdaten auf Ideen rückbeziehen, Beziehungen zwischen Faktoren erkennen).

Zu den *objektiven Kriterien im Hinblick auf die Erschließbarkeit und Erforschbarkeit der Natur* durch den Menschen gehören:

- *die planmäßige Isolation, Kombination, Variation von Bedingungen* (Eingreifen in den natürlich ablaufenden Vorgang, künstlich hergestellte Vorgänge bzw. Bedingungen; Aspektcharakter)
- *die Kontrollierbarkeit und Systematisierbarkeit der Beobachtungsdaten* (Messen und systematische Erfassung von Erscheinungsdaten, technische Vervollkommnung)
- *die Reproduzierbarkeit* (gleiche Anordnung der Bedingungen für einen kausalen Vorgang).

Diese Analyse der experimentellen Grundstruktur zeigt Mensch und Welt, *Subjekt und Objekt als die beiden Pole auf, in deren Spannungsverhältnis sich das Experiment vollzieht*. Der Mensch als Subjekt im Gegenüber zur Welt als Objekt beschreitet den Weg des Experimentierens, um die Welt als Gegenstand in Bezug zu sich selber zu bringen. Durch das methodische Arrangement des Experimentierens versucht der Mensch, die Welt zu begreifen, weil sie sich ihm nicht unmittelbar erschließt. Das Experiment bildet die Vermittlung zwischen Mensch und Welt. Unter dieser Voraussetzung, daß die Welt dem Menschen nicht unmittelbar zugänglich ist und

der Mensch über den Methodos des Experimentierens die Welt erfahren kann, muß das *Experiment als eine Wesenshandlung des Menschen* bezeichnet werden. Das experimentelle Vorgehen im einzelnen ist geprägt vom jeweils vorhandenen *Grundverständnis von Mensch und Welt* (vgl. Abb. 1).

Im wesentlichen lassen sich innerhalb der möglichen Grundhaltungen *zwei gegensätzliche Ausprägungen* feststellen:

(1) *Der Mensch kann der Welt liebend begegnen.*

Er kann die Welt erfahren, als solche auf sich zukommen lassen, ihre Anmutung annehmen. Der Mensch ist aufnahmebereit, er hat den Willen zur Annahme des anderen, den Willen zur Erkenntnis der Welt. Er nimmt die Welt wahr; er stellt sich der Begegnung mit der Welt. Er sieht die Welt an, aber er will sie nicht unbedingt in den Griff bekommen.

Experimentieren im Sinne eines Eingreifens in den natürlichen Geschehensablauf, also experimentierend im *neuzeitlichen* Sinne, wird sich ein so eingestellter Mensch der Welt gegenüber nicht verhalten.

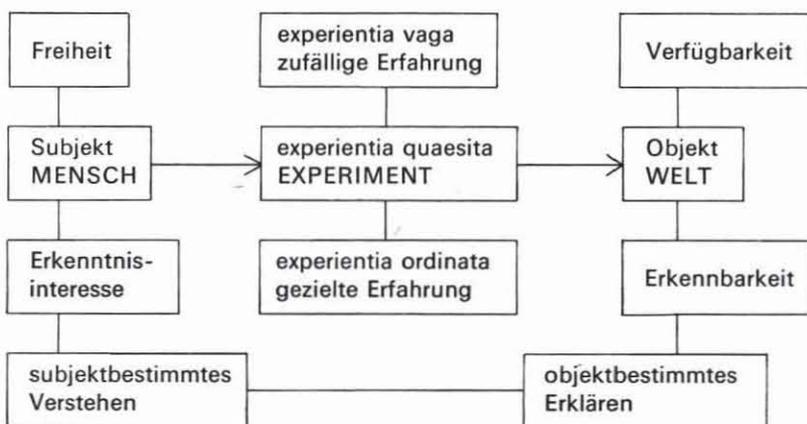


Abb. 1: Das Experiment in seiner Funktion für den Mensch-Welt-Bezug

(2) *Der Mensch hat den Willen zur Beherrschung der Welt.*

Er will sich die Dinge verfügbar machen. Er will die ihm entgegenstehende, objektive Welt begreifen, besitzen; er will sie kennen und wissen, um sie in seinen Dienst stellen zu können. Der Mensch wartet auf die Erfahrung der Welt nicht mehr vertrauensvoll, vielmehr sucht er diese selbst durch sein Denken und Tun zu veranstalten. Der Enträtselungswille des Menschen in bezug auf die Welt ist zum Beherrschungswillen geworden, zum Willen zur Macht.

In dieser Grundhaltung experimentieren bedeutet dann „Macht über die Natur ausüben. Besitz der Macht ist dann der letzte Beweis der Richtigkeit des wissenschaftlichen Denkens. Die Grenzen der Anwendbarkeit gewisser Begriffe oder Gesetze zeigen sich uns daher in der Gestalt der Undurchführbarkeit gewisser Experimente.“ (Weizsäcker 1947, S. 3)

Grundbedingung für die oben dargelegten beiden Grundhaltungen des Menschen gegenüber der Welt — auch beim Experimentieren — ist auf der Seite des Men-

schen, des Subjekts, die *menschliche Freiheit*. „Freiheit aber ist eine Vorbedingung des Experiments. Erst wo nicht Umstände, Triebe oder Sitten mein Handeln und Denken bestimmen, sondern meine freie Wahl, kann ich Experimente machen.“ (ebd., S. 6) Der Freiheit in der subjektiven Beziehung entspricht auf der objektiven Seite das *Offensein der Welt auf den Menschen hin*: „Ein Experiment kommt nur zustande, weil und insoweit die Natur ihrerseits wahrnehmbar, denkbar und behandelbar ist . . . Würde nichts wahrgenommen, so wäre zwar die experimentelle Wissenschaft nicht möglich, würde aber alles wahrgenommen, so wäre sie nicht nötig.“ (ebd., S. 4)

2. These:

Das Experiment ist für den Menschen als Leib-Geist-Wesen eine wesensgemäße (sinnlich-geistige) Vermittlung zwischen ihm und der Welt.

Sinnliche Erfahrungen und abstrakte Voraussetzungen bzw. Einsichten gehören wesentlich zum experimentellen Grundvollzug. Weil der Mensch wesentlich im „Zwischen“ von Sinnlichkeit und Geistigkeit steht, können wir sagen, daß das experimentelle Tun wesentlich menschliches Tun ist, wenn es sich in diesem Spannungsverhältnis vollzieht.

Nach *F. Bacon* (Novum Organum I), der diesen Gedankengang erstmals differenziert zum Ausdruck brachte, kann die durch die Wissenschaft verbesserte Zukunft der Menschheit weder aus den Kräften des Geistes (*mentis viribus*) noch aus den mechanischen Experimenten (*mechanicis experimentis*) allein, sondern nur aus der innigen *Verbindung von gezielter sinnlicher Erfahrungsgewinnung (experimentum) und Vernunft* erwartet werden (*experimentalis scilicet et rationalis*). Weder Verstandesbemühungen noch Sinneswahrnehmungen in „reiner“ Prägung (sofern es überhaupt eine solche Isolation gibt), weder Rationalismus noch Empirismus (postulierter „reiner“) Prägung entsprechen dem menschlichen Erkenntnisvermögen. Sinnhafte Welt und geistige Welt, Theorie und Empirie werden in der experimentellen Erfahrung miteinander konfrontiert. Der menschliche Geist bestimmt den experimentellen Eingriff als „Rückkontrolle sinnlicher Daten“ (*Rombach*) für einen theoretischen Vorentwurf, sein Hypothesengeflecht. Die „Natur“ ist der „Zeuge“ für den experimentierenden Menschen als „Richter“.

In der experimentellen Erfahrung nehmen sinnliche und geistige Aktivitäten — Wahrnehmen, Denken und Handeln — einen gleichwertigen Rang ein. „Es genügt auch nicht, daß zur Wahrnehmung eine der beiden aktiven Verhaltensweisen hinzukommt: nur Denken oder nur Handeln. Im ersten Fall entsteht Philosophie, im zweiten Handwerk. Die neuzeitliche Naturwissenschaft ist das Kind einer Ehe zwischen Philosophie und Handwerk. Erst die Dreieit Denken, Handeln und Wahrnehmen macht das Experiment möglich.“ (*Weizsäcker* 1947, S. 9)

Resümee

Das *Erklären*, das „mehr den sachlogischen Aspekt der bewußt auf Erwerb oder Vermittlung von Wissen gerichteten Erkenntnisbemühung hervorhebt“ (*Reiter in Rombach* (Hrsg.) 1974, Bd. 1, S. 36), ist die *der experimentellen Methode angemessene Erkenntnisform*. Aber der Aufweis des anthropologischen *Grundverständnisses* der experimentellen Methode kann nur *verstehend* geschehen, d. h. durch die Betrachtung der „subjektbezogenen Voraussetzungen und Konsequenzen“ (ebd.).

Die subjektbezogene und die objektbezogene Dimension des Experiments dürfen nicht voneinander isoliert betrachtet bzw. vollzogen werden. Der Mensch als Experimentator stellt die Frage, die das Experiment beantworten helfen soll. Aber das im Experiment befragte Objekt gibt die Antwort über die experimentelle Vermittlung. Die Frage an die „Natur“ darf keine Scheinfrage sein. Sache und Person, Subjekt und Objekt dürfen beim Experimentieren nicht gegeneinander ausgespielt werden. Sachlichkeit ist auch in dieser Vollzugsgestalt des menschlichen Selbstvollzugs eine Ermöglichung der personalen Selbstverwirklichung.

2. Das Experiment als Unterrichtsexperiment

2.1 Allgemeines Begriffsverständnis

In den meisten *pädagogischen Handbüchern und Lexika* kommt der Begriff „Experiment“ nicht gesondert vor. Manchmal steht beim Begriff „Experiment“ der Verweis auf „Erfahrung“, und damit erfolgt eine Bestimmung im Sinne der philosophiegeschichtlichen Tradition. Ist der Terminus „Experiment“ durch einen eigenen Artikel vertreten, dann mit dem Zusatz „psychologisches“. Das Experiment wird dann beschrieben als bedeutsame sozialwissenschaftliche Forschungsmethode neben den deskriptiven Forschungsmethoden (*Weis in Rombach* (Hrsg.) 1970).

In einigen Handbüchern findet sich im Sachregister zum Stichwort „Experiment“ der Verweis auf Ausführungen innerhalb der Abhandlung der Begriffe „Empirie“, „Erfahrung“, „Verhalten“ (u. a. *Wulf* (Hrsg.) 1974) und „empirische Forschungsmethoden“ (u. a. *Roth, L.* (Hrsg.) 1976). Dabei wird das Experiment als bedeutende bzw. entscheidende Methode innerhalb der empirischen Forschung definiert, welches je „nach wissenschaftstheoretischem Ansatz“ verschiedene Formen annehmen kann. Eine spezifische Definition als unterrichtsmethodischer Faktor ist dabei nicht angesprochen, vielmehr die wissenschaftstheoretische Funktion des Experiments auf die pädagogische Forschung übertragen.

In einer kleineren Gruppe von pädagogischen Handbüchern wird das Experiment unter *unterrichtsmethodischem Aspekt* aufgeführt.

Eggersdorfer (1928) zeigt innerhalb seiner Lehrformen-Analyse *ähnliche Strukturen zwischen dem Lehrversuch und dem Forschungsversuch* auf. Beide sind „kein ziellos probierendes Experimentieren. Voraus gehen hier und dort *Beobachtungen*, die einen *Fragenkomplex* aufwerfen. *Hypothetische Überlegungen* führen dann dazu, den Vorgang im *Experiment* zu *isolieren*, möglichst zu vereinfachen und einer durchsichtigen, stets wiederholbaren *Einzelbeobachtung* zu unterstellen. Die Ergebnisse dieser Beobachtung führen schließlich zum *Gesetz*, das seinerseits wieder zur Deutung der ursprünglichen Schwierigkeiten verwendet wird.“ (ebd., S. 389)

Die *Hauptschritte des experimentellen Vorgehens*:

- Beobachtungen machen
- Fragen stellen
- Hypothesen bilden
- ein Experiment planen und durchführen
- eine experimentabhängige Einzelbeobachtung mehrfach deuten

sind also nach *Eggersdorfer* auch in der zeitlichen Abfolge zwischen dem Forschungsversuch und dem Lehrversuch analog.

Zu diesem *Problem der Analogie zwischen Forschungsversuch und Unterrichtsversuch* sind in der pädagogischen Literatur der UdSSR und der DDR zahlreiche und umfangreiche Abhandlungen erschienen (vgl. *Barthel* 1971; *Hörz* 1975; *Janke* 1976; *Parthel/Wahl* 1966; *Pietsch* 1952; 1973; *Rossa* 1976 u. v. a.). Die didaktische Funktionsbestimmung des Unterrichtsexperiments wird in der UdSSR und in der DDR in engem Bezug zur leninistisch-marxistischen Theorie unternommen.

In der Bundesrepublik Deutschland sind erst im Zusammenhang mit der Diskussion um die Reform des naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts (im Anschluß an die Post-Sputnik-Ära im angloamerikanischen Raum) curricular- und praxisorientierte Überlegungen zum Experiment im Grundschulunterricht entstanden.

Die prinzipiell strukturelle Gleichheit der didaktischen Phasen des Unterrichtsexperiments und der Methodologie des Forschungsexperiments wird dabei durchwegs postuliert. *Unterschiede* werden allerdings hinsichtlich „*Inhalt und Anzahl der Schritte der experimentellen Tätigkeit*“ (*Rossa* 1976, S. 450) zugestanden.

Die *einfachste Variante*, die man noch als Forschungsmethode bezeichnen kann, läuft nach *Klein* (1975, S. 378) über *zwei Stufen* ab:

- (1) Der Schüler entdeckt mit Hilfe von Experimenten neue Fakten (einzelne Stoffeigenschaften, einzelne Besonderheiten chemischer Reaktionen).
- (2) Er trifft auf der Grundlage der nun bekannten Fakten eine wissenschaftliche Verallgemeinerung.

In der Diskussion um die Anzahl der experimentellen Schritte wird die Frage entscheidend, was *inhaltlich* unter den Begriffen „*Experiment*“, „*experimentelle Tätigkeit*“ und „*experimentelle Methode*“ zu verstehen ist.

Nach *Rossa* (1976, S. 450) unterscheiden sich die Auffassungen „nach wie vor stark voneinander“. Die Begriffe sind *unterschiedlich weit gefaßt* und *überschneiden sich* gegenseitig. *Rossa* schlägt im Anschluß an *Hörz* vor, den Begriff der experimentellen Methode nicht unzulässig auszuweiten. Nur die „*Organisation* von Erscheinungen unter solchen Bedingungen, die ein Moment des Wesens zeigen, das theoretisch gefunden werden muß“ (ebd., S. 450f.), sollte als experimentelle Methode bezeichnet werden. Die „*Formulierung eines Problems in die experimentelle Methode einbeziehen*“ würde bedeuten, daß die „*Spezifik theoretischer und empirischer Tätigkeit unzulässig*“ verwischt würde.

Gemäß unserer eigenen theoretischen Bestimmung der experimentellen Methode als „*Hypothesen-Experiment-Falsifikationsgeflecht*“ können wir uns der von *Rossa* vorgenommenen definitorischen Explikation nicht anschließen. Denn auch beim Einsatz des Forschungsexperiments als Unterrichtsexperiment bleiben die wissenschaftstheoretischen Grundannahmen für die methodische Strukturierung bestimmend.

Aus didaktischer Sicht hat *Kotter* (1976) versucht, *Unterschiede zwischen dem Forschungsexperiment und dem Unterrichtsexperiment* herauszustellen. Der „*Versuch in der Lehre*“ habe gegenüber dem „*Versuch in der Forschung*“ eine eigenständige und spezifische Funktion, da er nicht dem Erforschen von etwas „*Neuem*“, sondern der Erklärung, Vermittlung und Veranschaulichung eines Unterrichtsstoffes diene (ebd., S. 88). Diese Bestimmung des Experiments als Vermittlungsmethode von bereits entdeckten Sachverhalten geschieht *einseitig aus der Sichtweise des Lehrenden*. Die anweisende bzw. hilfestellende Funktion des *Lehrers* für Frage-

stellung, Planung, Durchführung und Auswertung des Versuchs ist durch den pädagogisch-didaktischen Bezugsrahmen gegeben. Aber damit ist nur die eine Seite des Experiments als Lehr-Lern-Weg angesprochen. Bei entsprechender methodischer Durchführung bedeutet das Experimentieren für den *Schüler* doch die Entdeckung von etwas Neuem; auch Experimentieren im Unterricht kann eine echte Forschungssituation darstellen. Die forschende Haltung ist eine Grundeinstellung des Experimentators; das Experiment ist eine Methode der Forschung: diese Bestimmungen gelten in spezifischem, aber nicht wesentlich anderem Sinn auch für das Experiment in der Lehre.

Das unterrichtsspezifische Merkmal der experimentellen Methode: *die Dienstfunktion bei der Wissensvermittlung*, d. h. die Bestimmung des Unterrichtsexperiments beim „Vorstellen einer Sache“ (Kopp 1974⁵, S. 187) bzw. als „unmittelbarer Weg der Wissensaneignung“ (Klingberg o. J., S. 369), ist insbesondere hinsichtlich der Forderung nach einer wissenschaftsadäquaten Wissensvermittlung (Inhalts- und Prozeßorientierung) in Korrelation zur forschungsspezifischen Funktion des Experiments zu sehen. Wissensaneignung und Methodenaneignung, Wissensziele und Könnensziele implizieren einander.

Das Experiment im Unterricht als „*Anschauungsmittel*“ (Menne 1974, S. 27) zu bezeichnen, entspricht deshalb nicht seiner unterrichtsmethodischen Funktion. Es ist in Forschung und Lehre ein Weg, eine Methode, Erkenntnisse empirisch zu überprüfen, um dann Kenntnisse zu festigen und neue Erkenntnisse hypothetisch abzuleiten. Die Bezeichnung „*Erkenntnismittel*“ (Martin 1973, S. 20) im Sinne von „Weg der Erkenntnisgewinnung“ würde der sachlogischen Funktion eher gerecht. Der „*kombiniert theoretische und experimentelle Handlungsablauf*“ (Barthel 1971, S. 36) der experimentellen Methode, die „Rückkoppelung zwischen den tatsächlich beobachteten und den durch Ableitung aus der Hypothese vorausgesagten Effekten“ (ebd.) ist auch beim didaktischen Einsatz des Experiments unabdingbar.

Daß Barthel das Experiment im Unterricht definitorisch als „*Lehr- und Lernmittel*“ festlegt, kann nicht von der sachstrukturellen Funktionsanalyse des (Unterrichts-)Experiments her verstanden werden, sondern von der „Ableitung“ der didaktischen Intentionen des Experiments im Schulunterricht „aus den Bildungs- und Erziehungszielen“; das Schulexperiment hat „die Aufgabe, erzieherisch auf die Schüler einzuwirken“ (ebd., S. 37).

Eine direkte Ableitung der Funktionsbestimmung des Schulexperiments von übergeordneten Zielvorstellungen ist ideologieverdächtig und bringt u. a. die Gefahr, daß die sachlogische Eigenstruktur der experimentellen Methode vernachlässigt oder sogar angesichts übergeordneter Zielvorstellungen umgedeutet wird. So spricht Barthel einerseits von der im Schulunterricht eingesetzten experimentellen Methode als einer „*echten Forschungssituation*“ mit „zyklischer Struktur“ (ebd., S. 38); andererseits bezeichnet er das im Unterricht eingesetzte Experiment als „*Lehr-Lern-Mittel*“, das Erkenntnisse in Form von Beobachtungsdaten „*vermitteln*“ soll (ebd., S. 14).

Kerschensteiner (1928³) wird mit seiner Kennzeichnung des *Unterrichtsexperiments als „Methode der Untersuchung“* der Sachstruktur der experimentellen Methode eher gerecht. Als maßgeblicher Vertreter der Arbeitsschulpädagogik betont er die Schüler-Selbsttätigkeit auch beim Experimentieren im Unterricht: der *Schüler* soll, wenn immer möglich, *selbst* Untersuchungen durchführen. „Die Variation des

zu untersuchenden Elements einer komplexen Erscheinung und die damit verbundene Beobachtung im Wandel oder in der Konstanz der Erscheinung“ (ebd., S. 127) ist nicht nur experimentalmethodisch wichtig; sie ist auch bedeutsam „behufs größter Ausnützung des naturwissenschaftlichen Unterrichts für den Erziehungszweck“ (ebd., S. 131). Denn „gerade das Ausdenken der Variation und das Beobachten der Wirkung der selbstgewollten systematischen Änderung eines Elements hat nicht bloß den größten Reiz, sondern auch die größte erzieherische Wirkung“ (ebd., S. 127). Die pädagogisch-didaktische Funktionsbestimmung des Experiments im Schulunterricht ist bei *Kerschensteiner* im Gegensatz zu *Barthel* und *Rossa* nicht „außer-methodisch“ vorgegeben; sie ist der experimentellen Methode immanent.

W. A. Lay (1907) beklagt in seiner „Methodik des naturgeschichtlichen Unterrichts“ die Tatsache, daß die Fachliteratur zum naturgeschichtlichen Unterricht „viel zu viel eine Literatur des Stoffes statt der Methode“ (ebd., S. 60) sei. *Lays* „pädagogisches Grundprinzip der Tat“ beruht auf seiner *Betonung der Wichtigkeit des motorischen Elements* bei der Wahrnehmung. Deshalb fordert er auch Beobachtungen und Versuche als Grundlage und Ausgang des naturgeschichtlichen Unterrichts: „Um gültige objektive Wahrnehmungen zu machen, muß man beobachten, und wenn eine unzuverlässige Beobachtung nur möglich ist, wenn gewisse Nebenumstände des Vorgangs ausgeschaltet werden, so beobachtet man unter vereinfachten Umständen, d. h. man stellt einen Versuch an.“ (ebd., S. 43) Gemäß *Lays* sensualistischer Psychologie mit „starker kinästhetischer Komponente“ (*Aebli* 1963, S. 33) reiht *Lay* das *Experimentieren* unter die *Formen des körperlichen Ausdrucks* ein, neben dem Modellieren, der Tierpflege und der Pflanzenpflege (*Lay* 1907). Das Experiment wird als eine physische Aktivitätsform bestimmt, als Handeln mit Gegenständen und Geräten, im weiteren Sinn als Reaktion des Subjekts auf die Wirklichkeit. Von einer veränderten psychologischen Grundlage her ist *Piaget* innerhalb seiner kognitionspsychologischen Untersuchungen zu analogen Schlußfolgerungen gelangt.

Resümee

Die exemplarische Analyse der pädagogisch-didaktischen Literatur hat aufgezeigt, daß das Experiment innerhalb des *Gesamtkomplexes „Unterrichtsmethode“* eingeordnet wird. Ein genau bestimmter Stellenwert und eine präzise definitorische Einordnung in die Skala der Unterrichtsverfahren ist nur bei wenigen Vertretern der Pädagogik zu finden. Insbesondere die innovatorischen Tendenzen im naturwissenschaftlichen Fachbereich des grundlegenden Sachunterrichts erfordern eine grundlegende *Neubestimmung* hinsichtlich der unterrichtsspezifischen Merkmals- und Funktionsbeschreibung des Experiments.

2.2 Die unterrichtstheoretische Bestimmung des Experiments als Lehr-Lern-Strategie

Die Uneinheitlichkeit bzw. der definitorische Mangel des Terminus „Unterrichtsexperiment“ einerseits und die aspektreiche, aber ebenfalls uneinheitliche bzw. ungenaue Funktionsbeschreibung des Unterrichtsexperiments andererseits lassen eine neue unterrichtstheoretische Begriffsbestimmung notwendig erscheinen.

Die vorliegende Bestimmung des Experiments als Forschungsstrategie und deren etymologische, philosophie-historische und anthropologische Explikationen einerseits sowie relevante Aussagen der modernen Unterrichtstheorie, die Lehr-Lern-

Theorie andererseits sollen die begriffsbestimmenden Faktorenkomplexe darstellen.

Der moderne Trend zur Verwissenschaftlichung des Unterrichts (*Rumpf* 1971; *Himmerich* 1976 u. a.) hat die *Unterrichtslehre* im traditionellen Sinn durch die *Unterrichtstheorie* ersetzt bzw. ergänzt. Die Unterrichtstheorie wird im wesentlichen von den beiden Teilgebieten *Lehrtheorie* (*Antenbrink* 1973; *Bruner* 1966; *Grzesik* 1976; *Klauer* 1973 u. a.) und *Lerntheorie* (*Gagné* 1969; *Schulz-Hageleit* 1971; *Tewes* 1976 u. a.) gebildet. Unterricht als „Lern- und Führungshilfe“ (*Katzenberger* 1973, S. 403) braucht als Orientierungsgrundlage für den Unterrichtenden ein System von Lehrfunktionen in lehrtheoretischen Modellen, eine Lehrtheorie (*Himmerich* 1976, S. 11; *Ruprecht* 1972; *Schröter* 1972, S. 39).

Der Gegenstand unterrichtlichen Handelns ist die Lernorganisation als Arrangement von Lernbedingungen für den Lernenden (*Flehsig* 1975, S. 181 f.). Der in der Theorie und in der Unterrichtspraxis feststellbare *Wandel von der Lehrperspektive zur Lernperspektive* legt das Hauptaugenmerk auf die „lernerschließende Funktion des Lehrens“ (*Looser* 1966, S. 190). Lerntheorien bekommen dadurch einen bedeutenden Stellenwert in der Unterrichtstheorie, wenn auch die „*Lernsituation in der Schule eine Lehrsituation*“ (*Hentig* 1973) ist. Das selbständige Lernen soll — wo immer und wie immer möglich — durch das Lehren als Konstruktion zieladäquater externer Lernbedingungen im Schulunterricht gefördert werden. Grundlegend ist die *Ausrichtung der Lehrtheorie an den spezifischen Möglichkeiten institutionalisierter Lehr-Lern-Bedingungen* und der Alters- bzw. Umweltdeterminiertheit der Lernprozesse (*Eigler* u. a. 1976, S. 203).

In diesem Zusammenhang ist die notwendige Komplexreduktion ein großes Problem, ebenso die im Hinblick auf die Praxis notwendige systematische *Korrelation der Lehrvariablen mit den Lernvariablen* (*Einsiedler* 1976 a, S. 101 f.). Die schulische Lernsituation als Lehrsituation, „Lernen unter der Bedingung von Lehren“ (*Eigler* u. a.), ist ein komplexes Phänomen, das sowohl hinsichtlich der Lehraktivitäten als auch hinsichtlich der Lernaktivitäten mehrdimensional strukturiert ist.

Einen *Teilbereich der Lehr-Lern-Theorie* stellen die *Lehr-Lern-Strategien* dar. In inhaltlich ähnlicher Bedeutung werden die Begriffe „Lehr-Lern-Muster“ und „Lehr-Lern-Form“ gebraucht.

Der allgemeine Strategiebegriff hat als definitorische Merkmale die zukunftsorientierte Planungsfunktion (*Oerter* 1971, S. 35) und die zielgerichtete, „raumzeitliche Anordnung von Handlungen“ (*Roskopf* 1958, S. 4). Die Aspekte der *Zielorientierung* und *Regelmäßigkeit* in der Abfolge sind auch grundlegend für den unterrichtstheoretischen Strategiebegriff.

Lehrstrategien sind von *Lernstrategien* zu unterscheiden. „Lehrstrategien sind Regelmäßigkeiten bei der Organisation von Lernen, die sich aus der Zweckmäßigkeit verschiedener Vorgehensweisen bei verschiedenen Zielen, Inhalten und Lernenden ergeben.“ (*Einsiedler* 1976 a, S. 125, nach *Taba* 1969, S. 257)

Lehrstrategien sind demgemäß die detaillierte Planung des gesamten *Lehr-Lern-Ablaufs*. *Einsiedler* (ebd.) bestimmt die Lehrstrategien als eine „Teilmenge der Lehrmethoden“, als „systematisch geplante Kombination von Lehr- und Lernaktivitäten zur kognitiven Strukturierung von Unterricht“. Als „zusammenhängende Muster von Steuerungsmaßnahmen“ sind Lehrstrategien „Pläne von Lehr-Lern-Abfolgen“.

Lernstrategien sind die gemäß der internen Realisationsbedingungen ablaufenden *Lernaktivitäten und Lernabfolgen*. Lernstrategien als lehrstrategieadäquate Lernprozesse sind nur *analytisch* zu bestimmen (Eigler u. a. 1976, S. 203). An äußeren Handlungen („externen Operationen“) kann m. E. indiziert werden, welche Lernprozesse intern ablaufen (vgl. u. a. Aebli 1963; 1971; Aebli/Montada/Steiner 1975; Lüer 1973; Piaget 1972; 1974).

Das Problem der adäquaten Zuordnung von Konstrukt- und Indikatorebene der Lernaktivitäten ist deshalb so schwierig zu lösen, weil das Lernen ein mehrdimensionaler Vorgang ist, bei dem simultan „kognitive *Inhalte* (meist Inhalte der Schulfächer), kognitive *Prozesse*, mit Hilfe derer die Inhalte erworben werden, und *motivationale Bedingungen* (Einstellungen und Motive)“ (Eigler u. a. 1976, S. 200) einander implizieren. Inhalte, Prozesse und Motivationen „bestimmen ihrerseits auch die Funktionen von Lehren in einer Theorie mehrdimensionaler Zielerreichung“ (ebd.). Die Auswahl und Anordnung der Lehraktivitäten müssen den erwarteten bzw. angestrebten mehrdimensional bestimmten Lernaktivitäten innerhalb einer Lehr-Lern-Strategie entsprechen (vgl. Abb. 8, Seite 62).

Eine *neue unterrichtstheoretische Standortbestimmung des Experiments* bzw. der experimentellen Methode kann *an diesen Erklärungs- bzw. Beschreibungszusammenhang anschließen*.

Die Vielfalt der Bezeichnungen für das Experiment im Unterricht ist teilweise in der jeweils unterschiedlichen didaktischen Funktionsbestimmung begründet; teilweise ist die in der didaktischen Literatur vorgenommene Terminierung eine Verlegenheitslösung oder oberflächlicher Begriffsgebrauch.

Im Anschluß an die bisher dargestellten theoretischen Aussagen und Annahmen zum Experiment und an die Funktionsbeschreibung der Lehr-Lern-Theorie soll das *Experiment im Unterricht definitorisch als Lehr-Lern-Theorie* festgelegt werden.

Die Legitimation für diese definitorische Bestimmung ist die *strukturelle Analogie zwischen den Merkmalen bzw. Funktionen der Lehr-Lern-Strategie und der experimentellen Methode*.

In Abb. 3 (Seite 56/57) sind den Analogiekriterien die jeweilige Bestimmung bei der experimentellen Methode und bei der Lehr-Lern-Strategie zugeordnet. Die Vielzahl der Analogiekriterien und ihre inhaltliche Bedeutsamkeit für die Merkmals- und Funktionsbestimmung des Experiments als Lehr-Lern-Strategie rechtfertigen es, das Unterrichtsexperiment als „*experimentelle Lehr-Lern-Strategie*“ (L-L-Strategie) zu bezeichnen.

2.3 Unterrichtspraktische Bestimmungen des Experiments als Lehr-Lern-Strategie

Lernstrategien können als Makrostrategien oder als Mikrostrategien beschrieben werden (Einsiedler 1976, S. 126). Dementsprechend kann auch die experimentelle L-L-Strategie als Lehr-Lern-Abfolge makrostrategisch oder mikrostrategisch bestimmt werden.

Makrostrategien sind durch „Groß-Schrittigkeit“ in der Anordnung der *L-L-Phasen* gekennzeichnet. Sie beziehen sich auf das Gesamtarrangement der L-L-Organisation in inhaltlicher Hinsicht und bezüglich der zeitlichen Verlaufsplanung (Riedel 1973, S. 24). Der Prozeßcharakter, die hierarchische Phaseneinteilung, die zyklische Struktur, die Aktivitätskombination und der extern-interne Operationszusammenhang sind u. a. als Kriterien der strukturellen Analogie zwischen der experimentellen Methode und der experimentellen L-L-Strategie festgestellt wor-

den. Diese eben angeführten Kriterien sind grundlegend für die Beschreibung der experimentellen L-L-Strategie als Makrostrategie.

Der Übersichtlichkeit wegen wird die makrostrukturelle Beschreibung der experimentellen L-L-Strategie in schematischer Anordnung vorgenommen:

— Abb. 4 (Seite 58) zeigt die *wissenschaftstheoretische Phaseneinteilung* der experimentellen Methode: vom grundlegenden Zweischnitt Hypothese—Experiment, der zyklische Struktur aufweist, wird als häufigste Schrittabfolge der Vierschritt mit hierarchischem Prozeßcharakter dargestellt.

Innerhalb der einzelnen Phasen vollziehen sich *Aktivitätenkombinationen unterschiedlicher Art* mit intern-externem Operationszusammenhang.

— Abb. 5 (Seite 59) zeigt die *unterrichtsmethodisch ausgerichtete Formulierung* der Schrittfolgen für den Grundschulunterricht.

— Abb. 6 (Seite 60) zeigt *detaillierte Muster* der experimentellen L-L-Strategie als Makrostrategie.

Mikrostrategien sind durch „Klein-Schrittigkeit“ in der Abfolge der *Lehr-Lern-Elemente* gekennzeichnet. Sie „bestehen aus Fragen, Impulsen, Aufgabenstellungen usw. des Lehrers und Antworten, spontanen Beiträgen und sonstigen Aktivitäten des Schülers“ (Einsiedler 1976, S. 24).

Makrostrategien und Mikrostrategien können definitorisch und formal voneinander abgegrenzt werden; die Problematik ihrer *Interdependenz* innerhalb des konkreten Unterrichts wird im Fortgang dieser Untersuchung beispielhaft erläutert werden.

Nicht methodenstrukturell, sondern lerntheoretisch im Sinne der deskriptiven *strukturellen Aufgliederung* aller zum Experimentieren notwendigen *Lernaktivitäten* (Neff 1977, S. 11 ff.) ist innerhalb eines amerikanischen Curriculums für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule das experimentelle Verfahren als „Schlüsseloperation“ der Naturwissenschaften analysiert worden (vgl. Abb. 7, Seite 61). Die Interpretation dieses „Komponentenaufnisses“ als *hierarchische Prozeßstruktur* für die unterrichtliche L-L-Abfolge ist problematisch.

Die Zielorientierung, die Ergebnisorientierung, die Zweckmäßigkeit, die anthropologische Mehrdimensionalität und die subjektiv-objektive Bestimmtheit sind aus der Gesamtheit der Analogiekriterien grundlegend für die Beschreibung der *experimentellen L-L-Strategie als Mikrostrategie*. Die anthropologische Mehrdimensionalität als Interdependenz der intellectual skills, verbal informations, cognitive strategies und motor skills (Egler u. a. 1976, S. 186) und die subjektiv-objektive Bestimmtheit lassen eine prinzipiell nur *hypothetische Beschreibung mikrostrategischer Merkmale* zu (Einsiedler 1976a, S. 128; Grzesik 1976, S. 113ff.). Die situative Bestimmtheit der L-L-Situation, insbesondere die Unstetigkeiten der Lehrer-Schüler-Interaktionen verursachen große Schwierigkeiten bei der Planung der Mikro-Lehr-Lern-Elemente im Sinne einer hierarchischen Abfolge. Die Prinzipien der Zielorientierung, der Ergebnisorientierung und der Zweckmäßigkeit sollten alle Einzelaktivitäten der Lernenden und des Lehrenden bestimmen.

In Abb. 8 und 9 (Seite 62/63) wurde der Versuch unternommen, den makrostrategischen Phasen der L-L-Schritte mikrostrategische Lehraktivitäten bzw. Lernaktivitäten zuzuordnen. Es ist eine überblicksmäßige, von unterrichtspraktischen Vollzügen abstrahierende Darstellung (vgl. Bäuml 1976, S. 580ff.; Bauer u. a. 1972; Eichmüller 1976, S. 286f.; Lürer in Frey u. a. 1973, S. 137; Neff (Hrsg.) 1977; Riedel 1973 u. a.).

Resümee

Die makro- und mikrostrukturelle Bestimmung der *Lehr-* bzw. *Lernaktivitäten* innerhalb der experimentellen L-L-Strategie läßt die *Vielfalt der unterrichtlichen Handlungsmöglichkeiten* beim Einsatz dieses Lehr-Lern-Verfahrens deutlich werden.

Die definitorische Bestimmung des Experiments im Unterricht als L-L-Strategie eignet sich zur grobschrittigen wie auch zur minutiösen *Planung von Unterrichtsverläufen*, was unterrichtstheoretischen Forderungen und unterrichtspraktischen Erfordernissen entgegenkommt.

Des weiteren ist die analytische Trennung der Lehraktivitäten von den Lernaktivitäten einer *sachgemäßen* unterrichtstheoretischen Betrachtungsweise des Experiments förderlich. Sie verhindert einseitige Bestimmungen der didaktischen Funktion des Experiments, wie z. B. die aus einer einseitigen lehrtheoretischen Perspektive erfolgende Ablehnung des Experiments im Grundschulunterricht (vgl. Schietzel 1939 und 1973).

Die empirische bzw. phänomenologische Erfassung von Gegenständen und deren Bestimmung als Einzelelemente innerhalb eines Systems sind bedeutsame Aktivitäten der wissenschaftlichen Theoriebildung. Theoretische Systeme sind keine Aggregate, sondern *strukturelle* Gefüge von Einzelelementen.

Die Bestimmung der strukturellen *Ähnlichkeiten* zwischen der experimentellen Methode und der L-L-Strategie ist die theoretische Grundlage der definitorischen Festlegung des Experiments im Unterricht als L-L-Strategie. Diese wiederum bildet die systematisch-theoretische *Basis* für unterrichtstheoretische Vergleiche, Unterscheidungen, Entscheidungen und Begründungen wie z. B. in den folgenden Kapiteln (III, IV, V) hinsichtlich des Realisationszusammenhanges zwischen didaktischen Intentionen des Grundschulunterrichts und der experimentellen L-L-Strategie.

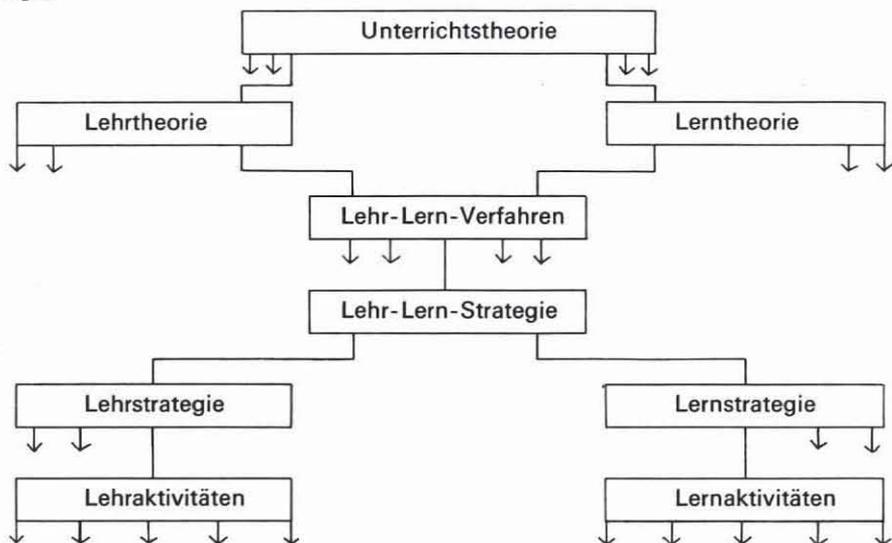


Abb. 2: Der Stellenwert der Lehr-Lern-Strategie innerhalb der Unterrichtsmethode

experimentelle Methode	Analogiekriterien	Lehr-Lern-Strategie
Teilmenge aller Forschungsmethoden	Teilmenge	Teilmenge aller Lehrverfahren
Forschungsprozeß als Problemlösungsprozeß	Prozeßcharakter	Denk- bzw. Informationserarbeitungsprozeß als operativer Problemlösungsprozeß
Regelmäßigkeit in der Abfolge der experimentellen Schritte	hierarchische Phaseneinteilung	Regelmäßigkeit in der Abfolge von Lehr-Lern-Schritten
Rückkoppelung sinnlich beobachteter Daten an den theoretischen Vorentwurf	zyklische Struktur	Rückkoppelung von beobachteten Lernaktivitäten an die theoretisch geplanten Lernaktivitäten
Erkenntnisinteresse epistemisches Verhalten	Zielorientierung	Lernbereitschaft epistemisches Verhalten
experimentelle Anordnung als „objektives“ Kontrollinstrument einer subjektbezogenen Theorie	Ergebnisorientierung	„objektiv“ überprüfbare Lernergebnisse als Kontrolle der zieladäquaten Lehrstrategie

Abb. 3: Die strukturelle Analogie zwischen der experimentellen Methode und der Lehr-Lern-Strategie (1. Teil)

experimentelle Methode	Analogiekriterien	Lehr-Lern-Strategie
systematisch geplante Kombination von Beobachtungsaktivitäten	Aktivitätenkombination	systematisch geplante Kombination von Lehr-Lern-Aktivitäten
gezielt angestrebte Erfahrungsgewinnung	Zweckmäßigkeit	gezielt angestrebtes Lernen
interne Hypothesenbildungen als Grundlage für externe Versuchsanordnungen	intern-externer Operationszusammenhang	die primär externen Lehraktivitäten sind Grundlage für meist primär interne Lernaktivitäten
Wechselwirkung zwischen Sinnen und Geist, Wahrnehmen, Denken und Handeln	anthropologische Mehrdimensionalität	Wechselwirkung zwischen den kognitiven, emotionalen und psychomotorischen Dimensionen
Hypothesen-Experiment-Falsifikationsgeflecht	Konstrukt- und Indikatorzuordnung	Differenz zwischen dem analytisch bestimmten und dem realen Lehr-Lern-Prozeß
Realisationsform des Mensch-Welt-Bezugs	subjektiv-objektive Bestimmtheit	Realisationsform des schüler- und gegenstandsbestimmten Lernprozesses

Abb. 3: Die strukturelle Analogie zwischen der experimentellen Methode und der Lehr-Lern-Strategie (2. Teil)

Dingler/ König u. a.	Holzkamp 4 Formalstufen des Experimentierens	Parthey/Wahl Phaseneinteilung der experiment. Methode	Barthel Phaseneinteilung der experimentellen Methode
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">intern-externer Operationszusammenhang</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">zyklische Struktur</div> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">experimentelle Überprüfung (experimentum)</div> </div>	<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">theoretischer Vorentwurf (hypothesis)</div> </div>	Gewinnen einer experimentellen Fragestellung	Erfassen eines experimentell zu lösenden Problems
	<div style="display: flex; flex-direction: column;"> <div style="margin-bottom: 10px;"> <p><i>2. Formalstufe</i> herstellende Realisationshandlung (eigentliche experimentelle Planungsstufe)</p> </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <p><i>3. Formalstufe</i> Analyse des „Experimentellen Lebensraumes“ (Betrachtung der experimentellen Handlung in Abhängigkeit vom Forscher)</p> </div> <div> <p><i>4. Formalstufe</i> Bewertung der experimentellen Befunde (nach Abschluß des Realisationsversuchs— Realisationskontrolle)</p> </div> </div>	Formulieren einer experimentell überprüfbaren hypothetischen Aussage	Bereitstellen und Inbeziehungsetzen von Vorwissen Erarbeiten einer Hypothese und/oder hypothetischer Aussagen
Versuchsanordnung	Planung der Experimentieranordnung		
Durchführen des Experiments	Formulieren der Beobachtungsaufgabe Durchführen des Experiments		
Formulieren der Beobachtungsdaten	Formulieren der Beobachtungsergebnisse		
Konfrontierung mit der experimentell überprüfbaren hypothetischen Aussage	Konfrontierung mit der hypothetischen Aussage		
Entscheiden über Wahrheit oder Falschheit der Hypothese	Entscheiden über Wahrheit oder Falschheit der Hypothese		

Abb. 4: Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie als Makrostrategie: wissenschaftstheoretisch orientierte Phaseneinteilung

Methodische Schritte nach <i>Barthel</i>	Didaktische Phasen nach <i>Pietsch</i>	Lehr-Lern-Abfolge nach <i>Eichmüller</i>
<p><i>1. Vorbereitung des Experiments</i></p> <p>theoretisch</p>	<p><i>1. Fragestellung (Problem)</i></p>	<p><i>1. Stufe der Meinungsbildung</i></p> <p>Aufreißen des Problemgrundes Formulierung der Problemfrage Formulierung der Hypothesen (staunen, vermuten)</p>
<p>technisch</p> <p>theoretisch</p>	<p><i>2. Planung (Projektion)</i></p> <p>gedankliche und materielle Vorbereitung</p>	<p><i>2. Stufe des Konstruierens</i></p> <p>Anordnung des Experimentiergerätes (planen)</p>
<p><i>2. Durchführung des Experiments</i></p>	<p><i>3. Durchführung (Observation)</i></p> <p>sensomotorische Durchführung, ergebnisorientierte Protokollierung</p>	<p><i>3. Stufe des Laborierens</i></p> <p>Zusammenbau der Apparatur Ablauf des Geschehens Feststellen eines Naturverhaltens (feststellen)</p>
<p><i>3. Auswertung des Experiments</i></p>	<p><i>4. Auswertung (Interpretation)</i></p> <p>Deutung Darstellung</p>	<p><i>4. Stufe des Schließens</i></p> <p>Ergebnisfeststellung Erkenntnis Erkenntnisprobe Integration in einen größeren Zusammenhang</p>

Abb. 5: Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie als Makrostrategie: *unterrichtspraktisch* orientierte Phaseneinteilung für den Grundschulunterricht

Schrittfolgen nach:	
<i>Barthel</i> 1971, S. 40	<i>Janke</i> 1976, S. 479
(1) Erfassen eines experimentell zu lösenden Problems	1. Vorbereitung a) Entwicklung des Problems
(2) Bereitstellen und Inbeziehungsetzen von Vorwissen, das eine hypothetische Lösung des Problems zulässt	b) Motiv für das Experiment
(3) Erarbeiten einer Hypothese und oder hypothetischer Aussagen	c) Vermutung bzw. Voraussage zum Ergebnis bzw. zum Ablauf
(4) Planung der Experimentieranordnung: physikalisch-chemische Grundlagen, Geräte, Apparate, Apparaturen, Chemikalien/Arbeitsschutzhinweise	2. Technische Seite a) Entwicklung der Apparatur b) Funktion der Teile c) Funktion des Systems
(5) Formulieren der Beobachtungsaufgabe(n) lokale Kennzeichnung der Haupteffektträger, Betrachten der Ausgangsstoffe	3. Beobachtungsaufgabe(n)
(6) Auslösen, Regulieren, Abbrechen der Reaktion, Beobachten der Effekte	4. Durchführung
(7) Fixieren, Ordnen und Aussondern der beobachteten Effekte	5. Beobachtungsergebnis
(8) Konfrontierung mit der hypothetischen Aussage	6. Auswertung a) Ableitung des Urteils b) Konfrontierung (1 c und 5) c) Ergebnis der Konfrontierung d) Begründung
(9) Deuten der Ergebnisse und Formulieren von Aussagen über den Wahrheitswert der Hypothese bzw. deren experimentell überprüfbareren Folgerungen	
(10) (falls notwendig) Formulieren neuer Aufgaben, die sich bei der Diskussion des Wahrheitswertes der Hypothese bzw. deren Folgerungen ergeben	

Abb. 6: Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie: unterrichtspraktisch orientierte, detaillierte Phaseneinteilung

Die Lösung eines Problems durch Experimentieren

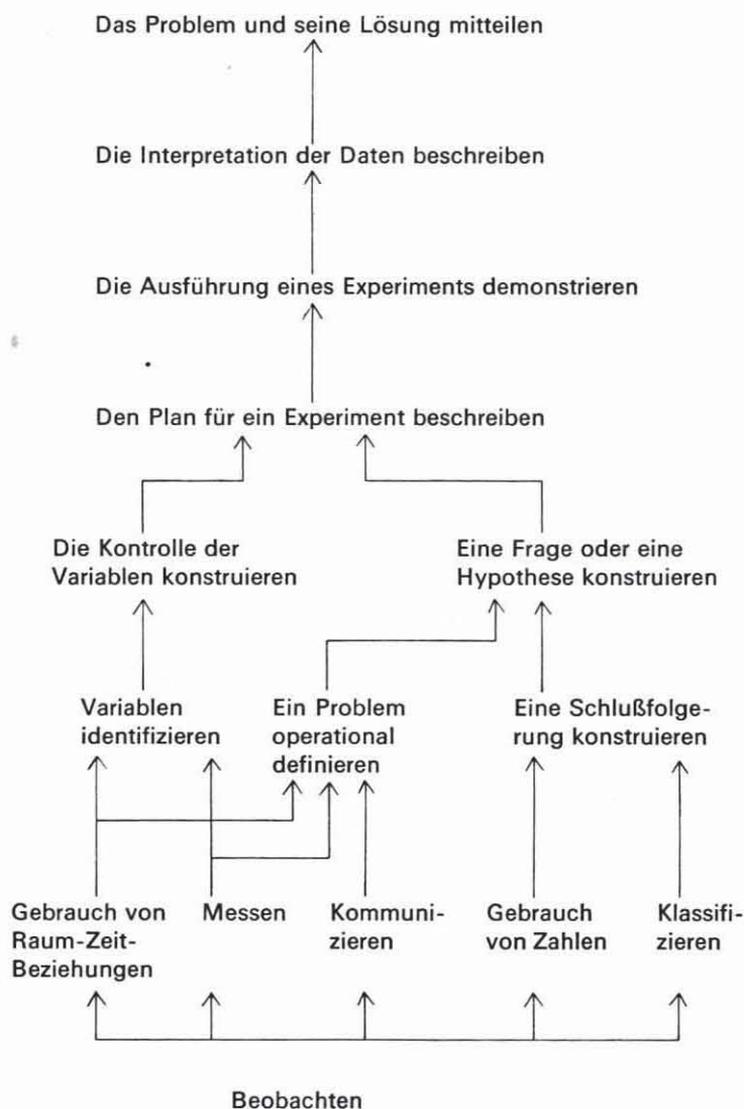


Abb. 7: Schema der Verfahrensstruktur von „Science — A Process Approach“ (nach R. A. Bernoff und A. Uffelmann), zitiert in Griebel (Hrsg.) 1971, S. 125

Schrittfolge der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	mikrostrategische Lehraktivitäten
<i>1. Fragestellung</i> (Problem)	Eine Problemsituation schaffen, zum Staunen anregen, Informationen bereitstellen, Zusammenhänge herstellen, Vermutungen anstellen lassen, zur Formulierung von Problemfragen Hilfestellung geben u. a.
<i>2. Planung</i> (Projektion)	Mit den Schülern die Zielsetzung besprechen, mögliche Organisationsformen darstellen, benötigte Arbeitsmittel bereitstellen, mögliche Vorgehensweisen besprechen, Beobachtungsaufgaben festlegen u. a.
<i>3. Durchführung</i> (Observation)	Die Schüler zum Umgang mit dem Material anregen, an die Beobachtungsaufgabe erinnern, auf genaue Beobachtung hinweisen, individuelle Lernhilfen geben u. a.
<i>4. Auswertung</i> (Interpretation)	Beobachtungen mitteilen lassen, zum genauen Verbalisieren anregen, zum Vergleich von experimentellem Vorgang, experimentellem Ergebnis und der Problemfrage anhalten, zu Erklärungsversuchen auffordern, in größere Wissenszusammenhänge einordnen u. a.

Abb. 8: Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie als Mikrostrategie: mikrostrategische Lehraktivitäten

Schrittfolgen der experimentellen Lehr-Lern-Strategie	mikrostrategische Lernaktivitäten
<i>1. Fragestellung</i> (Problem)	Probleme erkennen, Fragen formulieren, staunen, vermuten, Informationen organisieren, Schlußfolgerungen konstruieren, Konsequenzen voraussagen, vertraute Phänomene erklären, Kausal-aussagen machen, unterscheiden u. a.
<i>2. Planung</i> (Projektion)	Hypothesen konstruieren, Probleme operational definieren, Konsequenzen aus der Hypothese deduzieren, Wege zur empirischen Kontrolle der Hypothese erfinden, Variablen identifizieren, Modelle entwickeln, Mannigfaltigkeit der Erscheinungen ordnen, vergleichen, isolieren, erfinden, Entscheidungen treffen u. a.
<i>3. Durchführung</i> (Observation)	Das Experiment ausführen, demonstrieren, beobachten, messen, differenziert wahrnehmen, Variablen kontrollieren, Raum-Zeit-Beziehungen gebrauchen; fachspezifische Techniken einsetzen; Einzelheiten erkennen; Strukturen erfassen, mit Experimentiergeräten und Experimentiergegenständen umgehen, manuell operieren u. a.
<i>4. Auswertung</i> (Interpretation)	Daten beschreiben, verbalisieren, protokollieren, interpretieren, kategorisieren, klassifizieren, systematisieren, logisch schließen, Form und Funktion von Erscheinungen verknüpfen, grafische Darstellungen lesen und anfertigen, Beziehungszusammenhänge sehen, die Voraussage bestätigen oder falsifizieren, transferieren, abstrahieren, die Hypothese prüfen, Probleme lösen u. a.

Abb. 9: Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie als Mikrostrategie: mikrostrategische Lernaktivitäten

III. Kapitel

„Die Natur hat uns das Schachbrett gegeben, aus dem wir nicht hinaus wirken können noch wollen, sie hat uns die Steine geschnitzt, deren Wert, Bewegung und Vermögen nach und nach bekannt werden:

nun ist es an uns, Züge zu tun, von denen wir uns Gewinn versprechen; dies versucht nun ein jeder auf seine Weise und läßt sich nicht gern einreden.

Ferner bedenke man immer, daß man immer mit einem unauflösbaren Problem zu tun habe, und erweise sich frisch und treu, alles zu beachten, was irgend auf eine Art zur Sprache kommt, am meisten dasjenige, was uns widerstrebt; denn dadurch wird man am ersten das Problematische gewahr, welches zwar in den Gegenständen selbst, mehr aber noch in den Menschen liegt.“

Johann Wolfgang von Goethe

Das Experiment im Dienste der Wissenschaftsorientierung des grundlegenden Sachunterrichts

1. Die Wissenschaftsorientierung als Zielvorstellung des grundlegenden Sachunterrichts

Grundschulreform
als Unterrichtsziel-
Reform

Die seit 1969 (Grundschulkongreß Frankfurt) laufende Lehrplanrevision des Grundschulunterrichts bemüht sich primär um die Klärung und Systematisierung der unterrichtlichen Zielsetzungen. Lehrinhalte und Lehrverfahren nehmen im Vergleich zur Zielsetzung einen nachgeordneten Stellenwert auf der Rangskala curricularer Reformbemühungen ein (vgl. *Rexer* in *Kuhn* u. a. 1976, S. 73; *Lauterbach* in *Lauterbach/Marquardt* (Hrsg.) 1976, S. 41 ff.). Die *Zielorientierung* ist auch im Grundschulunterricht selbst *vorrangiges Prinzip* des didaktischen Handelns. Die Unterrichtsverfahren stehen im Dienste der rationalen und effektiven Lernzielerarbeitung; andererseits kann ihnen ein eigenständiger Zielcharakter nicht abgesprochen werden (vgl. *Bäumel* 1976, S. 498; *Lind* 1975, S. 38f.; *Kopp* 1972, S. 52; *Vogt* u. a. 1974, S. 158f.).

Die didaktische Forderung nach der Wissenschaftsorientierung des Grundschulunterrichts ist in einer Vielfalt von Motiven begründet und ist infolgedessen durch *unterschiedliche Nuancen* und Ausprägungen in Theorie und Praxis gekennzeichnet, auf die hier nur *exemplarisch* verwiesen werden soll. In unserer wissenschaftsoptimistischen Industriegesellschaft ist die Forderung nach der *Verwissenschaftlichung*

des Lehr- und Lernprozesses zu einem Hauptprinzip curricularer Lehrplanerstellung und lernorganisatorischer Handlungsanweisungen geworden. Schulisches Lernen hat dem Axiom zu folgen, daß effektives Lernen stets ein wissenschaftliches Lernen sein müsse. Die Lehr- und Lernaktivitäten haben wissenschaftlichen Ansprüchen zu genügen. Die Lehrer sollen innerhalb einer wissenschaftlichen Ausbildung die Wissenschaft kennenlernen als einen selbständigen, unabschließbaren systematischen Erkenntnisprozeß, der alle Schulstufen bestimmen kann. Die Wissenschaftlichkeit qualifiziert den modernen schulischen Lernbegriff (vgl. *Hentig* 1971, S. 127; *Kanz* in *Rombach* (Hrsg.) 1974, Bd. 2, S. 137 u. a.).

Wissenschaftlichkeit auf allen Schulstufen

Die wissenschaftsgemäße Vermittlung der *Lehrinhalte*, wissenschafts-adäquate *Methoden* und die Gewinnung einer positiven *Einstellung* zur „Wissenschaft als Phänomen und Daseinsmacht“ (*Kanz*) sind Aufgabe insbesondere des grundlegenden Sachunterrichts. Angezielt ist dabei die Erarbeitung eines modernen Umweltverständnisses auf wissenschaftlicher Grundlage (*Bloch* u. a. 1976; *Sprissler* 1976, S. 159f.; *Wenzel* in *Herget/Götz/Siepmann* (Hrsg.) 1975, S. 53). Die Wissenschaftsorientierung bezieht sich also nicht nur auf die Vermittlung von elementarisierten wissenschaftlichen Inhalten, Methoden und Konzepten, sondern auch auf die Vermittlung von wissenschaftlichen Einstellungen. Die am traditionellen Heimatkundeunterricht kritisierte unreflektierte Emotionalität soll durch *Rationalität und Objektivität* ersetzt werden (*Tütken* 1970, S. 19). Die Einübung in sachbestimmte Einstellungen, in Sachlichkeit, bildet neben den konzept- und verfahrensorientierten Curriculumansätzen die dritte elementare Komponente wissenschaftlicher Zielorientierung im Grundschulunterricht.

Wissenschaftsorientierung des grundlegenden Sachunterrichts

sachbestimmte Einstellungen, Inhalte und Verfahrensweisen

Grundlegend für diese Reformbestrebungen ist die Forderung des *Deutschen Bildungsrates* (Strukturplan 1970, S. 138) nach der Orientierung des Schulunterrichts an den Inhalten und Methoden der Wissenschaften. Begründet wurde diese Forderung durch die Analyse der Bedingungen in der modernen Gesellschaft und der „Bedingtheit und Bestimmtheit“ der Bildungsgegenstände durch die Wissenschaften.

Die Forderung der Wissenschaftsorientierung des Schulunterrichts wird durch die Einteilung des Unterrichts in fachliche Bereiche analog der wissenschaftlichen Systematik zu realisieren versucht. Die *Gleichsetzung von Wissenschaftsorientierung und Fachorientierung* ist allgemein gebräuchlich. „Für die meisten Lehrplanautoren scheint die Gliederung und Strukturierung des Sachunterrichts nach Fachprinzipien die einzige Möglichkeit zu sein, einen wissenschaftsorientierten Unterricht zu realisieren. Alternativen, wie z. B. ein Ausgehen von Lebenssituationen und Problemstellungen der Kinder, die durchaus in wissenschaftlich adäquater Weise diejenigen Inhalte aus verschiedenen Disziplinen heranziehen, die zur Lösung dieses Problems zutragende Funktionen haben, kommen nicht in den Blickwinkel.“ (*Marquardt* in *Lauterbach/Marquardt* (Hrsg.) 1976, S. 102)

Wissenschaftsorientierung als Fachorientierung

Mehrperspektivität
der Phänomene

Die disziplinentorientierte, fachwissenschaftlich geprägte Realisationsform der Wissenschaftsorientierung als Fachorientierung wird nicht nur von der fächer- und stufenübergreifenden lebenspraktischen Verpflichtung des (grundlegenden) Sachunterrichts (vgl. Burk 1977; Eckhardt 1974 u. a.) her *kritisch* gesehen, sondern auch im Hinblick auf die Entwicklung der modernen (Natur-)Wissenschaften. Denn „die so scharf erscheinenden Grenzen entspringen ja viel weniger der tatsächlichen Arbeitsweise als vielmehr der schulmäßigen Systematisierung der Forschungsperspektiven. Der wissenschaftlich Arbeitende kann naturgemäß immer nur einen Teilaspekt eines Gegenstandes in hinreichender Weise bearbeiten, sonst wäre er ein Alleskönner. Aus dieser notwendigen Beschränkung kann daher nicht Engstirnigkeit gefordert werden. Spezifische Methoden und Betrachtungsweisen werden nun aber unter dem Formenschild bestimmter Fächer gelehrt, und je weiter die einzelnen Naturwissenschaften fortgeschritten sind, desto schwieriger wird es für einen einzelnen Menschen, einen komplexen Gegenstand gleichzeitig durch alle verschiedenen Betrachtungsweisen so umgreifend wie möglich zu erfassen . . . Für die Kinder der Primarstufe bedeutet der Gegenstand, das Phänomen, den unterrichtlichen Zentralpunkt, nicht die Fachspezifität, nicht der übergreifende Aspekt.“ (Sprissler 1976, S. 155) Das heißt nicht, daß fachliches Wissen keinerlei Funktion im Unterricht innehat; vielmehr sollten auf der Grundlage fachspezifischer Erkenntnisse die Gegenstände der kindlichen Erfahrungswelt in ihrer Mehr-Perspektivität begreifbar gemacht werden.

1.1 Die Zielsetzung der wissenschaftsadäquaten Lehr-Lern-Inhalte

elementarisiertes,
wissenschafts-
gemäßes Sach-
wissen

Gemäß dem innovatorischen didaktischen Ansatz der Wissenschaftlichkeit soll (natur-)wissenschaftliches Sachwissen als wissenschaftliche Substanz in *elementarer* Form an die Grundschüler vermittelt werden. Das Bemühen um eine stufenübergreifende Kontinuität der Lernprozesse (*Deutscher Bildungsrat*, Strukturplan 1970, S. 133) läßt keine prinzipiellen, nur *graduelle Unterschiede* hinsichtlich des Abstraktionsniveaus der Lerninhalte zu, und die „Wissenschaftsorientiertheit von Lerngegenstand und Lernmethode gilt für den Unterricht auf jeder Altersstufe“ (ebd., S. 133).

fundamentale Be-
griffe und Konzep-
tionen

Dieser Forderung liegt die Annahme zugrunde, daß sich das Erkenntnisvermögen der Wissenschaftler nur graduell vom Erkenntnisvermögen des Kindes unterscheidet. Der konzeptorientierte curriculare Ansatz geht von dem Tatbestand aus, daß jede Wissenschaft ihr Theoriegefüge auf *fundamentalen Begriffen* aufbaut, die einen Phänomenbereich begrifflich erklären und strukturieren. Key ideas, fundamental ideas (*Bruner*), basic concepts (*Spreckelsen*) erschließen als „Schlüsselbegriffe“ und „Modellvorstellungen“ die durch die wissenschaftlichen Disziplinen oder Fachbereiche erklärten Sachverhalte. Die „Struktur einer Disziplin“ (*Bruner*) soll erschließend für die L-L-Gegenstände sein. Grundbegriffe und fundamentale Einsichten wirken bei der Beschreibung und Erklärung der Unterrichtsgegenstände *elementar-erschließend und elementar-ordnend*.

Die L-L-Gegenstände werden in ihrem Stellenwert innerhalb der wissenschaftlichen Bezugssysteme betrachtet. Nach Bruner (1961, 1966, 1970) haben die Curricula eine spiralförmige Konstruktion aufzuweisen, d. h. die aufzubauenden Begriffe bzw. Konzepte sollen nach einer anfänglichen elementaren Einführung im Laufe der Grundschulzeit auf einem je höheren Reflexionsniveau erneut angewendet, erweitert und ausdifferenziert werden.

spiralförmige Stoffanordnung

Fachspezifische und fächerübergreifende Basiskonzepte sind richtungweisend für die exemplarische Auswahl und für die systematische Anordnung der Lehrinhalte. Der Erwerb solcher elementarer und fundamentaler Basiskonzepte, z. B. das Interaktionskonzept, das Energieerhaltungskonzept und die Teilchenvorstellung (*Spreckelsen* und Mitarbeiter im Anschluß an das amerikanische Projekt unter der Leitung von Karplus 1971), soll dem Kind zur Beschreibung und Deutung der von Natur und Technik geprägten Umwelt dienen. Die „strukturspezifischen Grundbegriffe“ (SCIS) und fächerübergreifenden Basiskonzepte (*Spreckelsen*) sollten als vorzügliche Organisationsprinzipien von L-L-Prozessen gelten.

elementare Basiskonzepte

Konzeptdeterminierte Curricula für den naturwissenschaftlichen Unterricht wollen die Frage des Kindes nach dem „Wie“ und „Warum“ der beobachteten Naturphänomene beantworten helfen. Die *Beobachtungen* und *Beschreibungen* dienen der Erläuterung und *Interpretation* des Beobachteten.

Gewonnene Resultate in Form von Schlüsselbegriffen und Modellvorstellungen sind grundlegend für neue Fragestellungen und Experimente. Die Kinder sollen in konzeptdeterminierten sachkundlichen Bildungsprogrammen erfahren, „daß das angesammelte Beobachtungsmaterial erst in einem geeigneten Begriffsnetz und entsprechendem Interpretationsmodell Bedeutung gewinnt“ (*Kleinschmidt* 1970, S. 215f.). Konzeptdeterminierte Curricula für den naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht sind u. a. (vgl. *Bloch* u. a. 1976):

Modellvorstellungen

- NUG: Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule (*Spreckelsen*), Braunschweig 1969
- SCIS: Science curriculum improvement study (*Thier*), Berkeley Cal. 1962
- COPIES: Conceptual oriented program for elementary science (*Shamos*), New York 1965

konzeptorientierte Curricula

Die Kinder können in einem konzeptorientierten Sachkundeunterricht für sich selbst „neue Begriffe entdecken, zu einer Präzisierung im Ausdruck erzogen werden und bereits erarbeitete Begriffe in ihrem semantischen Stellenwert erkennen. Haben die Kinder einmal den Sinn grundlegender Begriffe wie Objekt, Subjekt, Interaktion und Relativität hinreichend genau erfaßt, so können sie später neue Erfahrungsbereiche leichter geistig assimilieren und in dieses Begriffsnetz einbetten. In der Grundschule sollte das Fundament für eine derartige naturwissenschaftliche Bildung geschaffen werden.“ (*Kleinschmidt* 1970, S. 215)

wissenschaftliche Modellvorstellungen als „Hilfskonstruktionen“	<p>Auf die pädagogisch-didaktische Gefahr bei der unterrichtlichen L-L-Organisation gemäß wissenschaftlicher Strukturen, Konzepten, Schlüsselideen und Grundbegriffen, <i>wissenschaftliche Aussagen als „Wesensaussagen“</i> („Ontologieverdacht“/Nestle) zu sehen, d. h. nicht mehr aspekthaft-beschreibend, wurde in der didaktischen Literatur mehrfach hingewiesen (Nestle 1974, S. 53; Nelson 1970 (orig. 1968), S. 31 f.; u. a.). Bereits den Grundschulkindern sollte deutlich gemacht werden, daß wissenschaftliche Modellvorstellungen vom Menschen entwickelte und auch vom Menschen veränderbare Hilfskonstruktionen des Denkens mit <i>erfahrungserschließender und erfahrungsorganisierender Wirkung</i> sind. „Die Struktur einer Disziplin ist lediglich die Realisierung einer Möglichkeit zur Beschreibung der Realität und keinesfalls eine Nachschöpfung idealer Strukturen.“ (Nestle 1974, S. 53) Diese Struktur muß auch aus dem soziokulturellen Kontext, in dem sie konstruiert wurde, verstanden werden.</p>
Problem: Sprache und Denken des Grundschulkindes	<p>Ein noch nicht gelöstes Problem ist die Frage, ob die in einem konzeptorientierten naturwissenschaftlichen Unterricht vermittelten Vorstellungen auch dem <i>Denken und Sprachvermögen des Grundschulkindes</i> optimal entgegenkommen. Nach Giehl (1971) sollte der Unterricht den Kindern die Modellvorstellungen und Fachsprachen als strukturierte Denkhilfen des Wissenschaftlers darstellen und deren Unterschied zur Vorstellung und Sprache des Laien deutlich machen. Bei dieser Gegenüberstellung von primärer und sekundärer Erfahrungsgewinnung (wissenschaftlicher und alltäglicher) sollte der Lehrer <i>deduktiv vorgehen</i> und „die Kinder an dem in symbolisierter Form vorliegenden Gesetz die Struktur wissenschaftlichen Denkens im Unterschied zum common sense“ (Thiel in Nelson 1972², S. 33) erkennen lassen.</p>
Unterschied: wissenschaftliches Denken — common sense	<p>Anders sucht M. Wagenschein (1962, S. 195) dieses Grundproblem naturwissenschaftlicher Didaktik zu lösen. Die in formalisierten Fachsprachen vorliegenden Modellvorstellungen der Wissenschaft sollten nur so dem Kind vermittelt werden, daß es auch etwas von den <i>Bedingungen</i> erfährt, unter welchen die Menschen zu <i>diesen Modellvorstellungen</i> gelangen. Wenigstens exemplarisch soll auf induktivem Wege der Erkenntnisprozeß der Wissenschaften mit- bzw. nachvollzogen werden, damit die Sichtweisen, Fragestellungen und Arbeitsverfahren der wissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung als Bestimmungsfaktoren der wissenschaftlichen Ergebnisse erkannt werden. Wagenschein verwendet für den <i>Zusammenhang von induktiv und deduktiv organisiertem wissenschaftsorientiertem Unterricht</i> das Bild der Brücke: „Die tragenden Pfeiler stellen die auf induktivem Weg gewonnenen Erkenntnisse, Fähigkeiten und Einsichten dar, und die durch ein deduktives Verfahren vermittelten Informationen bilden die verbindenden und ergänzenden Brückenbogen.“ (Thiel in Nelson 1972², S. 33)</p>
induktive Vermittlung	<p>1.2 Die Zielsetzung der wissenschaftsadäquaten Lehr-Lern-Verfahren</p> <p>Die Vermittlung der wissenschaftsadäquaten Methoden des Wissenserwerbs wie disziplinspezifische und disziplinübergreifende Kategorien</p>

zur Informationsgewinnung, Informationsdarstellung und Informationserarbeitung ist angesichts der immensen Wissensexplosion und der teilweise auch raschen Überholbarkeit der wissenschaftlichen Erkenntnisse ein *komplementäres Leitziel zur Konzeptvermittlung* (vgl. *Deutscher Bildungsrat, Strukturplan 1970, S. 33f. u. a.*). „Um der Gefahr des Veraltens zu entgehen, muß die Erziehung in den Naturwissenschaften auf Informationen aufbauen, die dauernden Wert haben, und auf Strategien des forschenden Lernens (strategies of inquiry), die eine Anpassung des Wissens an neue Anforderungen möglich machen.“ (*Hurd in Tütken/Spreckelsen 1971, S. 55*) So ist in fast allen neueren Curricula eine Abkehr von den „reinen“ Wissenszielen zugunsten der Prozeßziele unverkennbar (vgl. *Beck/Claussen 1976; Bloch u. a. 1976 u. a.*).

komplementäres
Leitziel zur Kon-
zeptvermittlung

Mit der *Betonung des prozessualen Aspekts* im naturwissenschaftlichen Unterricht wird den Lernstrategien nicht nur ein instrumentaler Wert zur Erreichung von Zielsetzungen zugesprochen, sondern auch ein *eigenständiger Zielcharakter*. Das entdeckende Lernverfahren (inquiry approach, discovery learning), bei dem in erster Linie auf Schülerversuche aufgebaut wird, fördert kognitive und emotionale Leistungsdispositionen eines problemlösenden Verhaltens und intendiert gleichzeitig das Erkennen wissenschaftlich reflektierter Zusammenhänge (*Riedel 1973, S. 28; Ausubel in Neber 1975², S. 46*).

prozessuale Lern-
ziele mit eigen-
ständigem Ziel-
charakter

Entdeckungsstrategien haben fächerübergreifenden Charakter mit hohem kognitionsförderndem Anspruch. Das Prinzip der wissenschaftsorientierten Auswahl der L-L-Verfahren in primarschulspezifischen curricularen Ansätzen fordert für seine Realisation aber vor allem die Einübung in fachspezifische, fachwissenschaftliche Fähigkeiten und Fertigkeiten als Arbeitsweisen, die strukturspezifische Sachkenntnis im naturwissenschaftlichen Bereich gewährleisten. In der einschlägigen Fachliteratur begegnen uns eine Anzahl von Bezeichnungen, die teilweise austauschbar verwendet werden, z. B. Verfahrensweisen, fachspezifische Techniken, fachspezifische Fertigkeiten, fachspezifische Fähigkeiten, strukturgemäße Verfahren, fachlich-funktionale Lernziele, sach- und fachgemäßer Materialumfang (vgl. *Bäuml 1976, S. 581 ff.*). Verfahrensorientierte Curricula für den naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht sind u. a. (vgl. *Bloch u. a. 1976*):

Entdeckungs-
strategien

- SAPA: Science — a process approach (*Mayer*), Washington 1962
- ESS: Elementary science study (*Jenner*), Massachusetts 1960
- 5/13: Science 5/13 (*Ennever*), Bristol 1967

verfahrensorientierte
Curricula

Die *Verfahrensstrukturen* der wissenschaftlichen Disziplinen gelten im verfahrensorientierten curricularen Ansatz *als Lernziele*.

Das in der Bundesrepublik Deutschland bekannteste und teilweise adaptierte amerikanische Elementarschulcurriculum „Science — a process approach“ (SAPA) ist aufgebaut auf der Grundlage einer hierarchisch geordneten Folge von Qualifikationen, die als Lernziele von den Schülern auch in der festgelegten Reihenfolge und Qualitätsstufe erlernt werden sollen (vgl. Abb. 7, Seite 61). Diese Lernziele

Experimentieren als komplexe Verhaltensqualifikation

sollen Verhaltensziele als Elemente naturwissenschaftlicher Denk- und Handlungselemente darstellen. Dabei ist das Lernziel „*Experimentieren können*“ die *höchstkomplexe Qualifikation*, die analytisch in eine Reihe von Teilfertigkeiten zerlegt wurde, die als Komponenten verfügbar sein müssen. Die Teilfertigkeiten, z. B. das Messen, Zahlbeziehungen gebrauchen, Klassifizieren, Hypothesen aufstellen, Schlußfolgern, wurden nach dem Grad ihrer Komplexität unterschieden und in eine hierarchische Ordnung gebracht (Pfeildiagramm), so daß die einfacheren Fertigkeiten jeweils die Voraussetzung für die komplexeren darstellen. Der Unterricht soll gemäß dieser hierarchischen Ordnung erfolgen, denn „komplexere Leistungen rangieren höher und treten zeitlich gesehen später auf, nachdem zuvor jene Teilfertigkeiten erlernt wurden, die sie unbedingt zur Voraussetzung haben“ (Griebel (Hrsg.) 1971, S. 22).

disziplinspezifische Prägung der Arbeitsweisen

Dieses von der *Gagnéschen* Lerntheorie geprägte Konzept eines primär methodenorientierten, fächerübergreifenden Unterrichts läßt die Frage unberücksichtigt, ob die Eigenart der Fächer prinzipiell vernachlässigt werden darf (Knoll in Bauer u. a. 1972, S. 173). Es gibt auch eine *disziplinspezifische Prägung* der fächerübergreifenden naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen. Experimente innerhalb des Physik/Chemieunterrichts und Experimente des Biologieunterrichts unterscheiden sich z. B. u. a. durch den ethisch vertretbaren Grad des Eingriffs in die natürlichen Zusammenhänge.

Experiment als grundlegendes Verfahren des naturwissenschaftlichen Unterrichts

Das *Experiment* als eine Methode der Falsifikation ist gemäß diesem den naturwissenschaftlichen Curricula durchwegs zugrundeliegenden Wissenschaftsverständnis (vgl. Bloch u. a. 1976) auch das *grundlegende Verfahren eines naturwissenschaftlich orientierten Unterrichts*. Andere naturwissenschaftliche Techniken und Arbeitsweisen können als Teilfertigkeiten des komplexen experimentellen Verfahrens betrachtet werden (s. o.), wie das in den naturwissenschaftlichen Lernzielkatalogen angeführte Sammeln, Betrachten, Beobachten, Vergleichen, Identifizieren, Analysieren, Ordnen, Konstruieren, Untersuchen, Planen, Isolieren, Tabellieren, Messen, Zählen, Verbalisieren, Benennen, Kategorisieren, Klassifizieren, Hypothesen entwickeln, Schlüsse ziehen, Beziehungen herstellen, Modelle bilden u. a.

1.3 Die Zielsetzung der wissenschaftsadäquaten Lehr-Lern-Einstellungen

Die Notwendigkeit von Einstellungen und Wertorientierungen als Ziel-dimension des affektiven Lernbereichs wird in den jüngsten curricularen Überlegungen und Konzeptionen zum grundlegenden Sachunterricht auch für den naturwissenschaftlichen Fächerbereich postuliert.

„Kaum eine Präambel in einem Lehrplan oder ein Vorwort zu einem bestimmten Curriculum klammert diesen Bereich aus. Andererseits sind die Versuche, gezielte Maßnahmen zur Erreichung bestimmter Einstellungen zu setzen, außerordentlich spärlich.“ (Häussler in Bloch u. a. 1976, S. 5) Die Aussagen zu Lernzielsetzungen im Strukturplan für das Bildungswesen (für die Bundesrepublik Deutschland, 1970)

beziehen sich neben Wissens- und Prozeßzielen auch auf sog. „Allgemeine Lernziele“, unter denen neben der Ausbildung von Verantwortungsgefühl die kooperativen Verhaltensweisen im Gegensatz zu konkurrierenden Verhaltensweisen und die Förderung des kritischen Urteilsvermögens besonders betont werden.

„Allgemeine Lernziele“

Nach Bloch u. a. (1976, S. 5) sind die Forderungen nach einem kritischen Urteilsvermögen, Kooperation und Verantwortung bei den neueren Curricula der „Environmental Studies“ (z. B. „Man and the Environment“ oder *Freises* „problemorientierte Einheiten“) mit ihren deutlichen gesellschaftskritischen Anklängen wenigstens in Ansätzen erfüllt. In den amerikanischen Curricula ist die Zielsetzung „scientific attitudes“ eingeplant. Damit sind Einstellungen von Außenstehenden gegenüber der Wissenschaft und sogenannte *wissenschaftliche „Tugenden“* der Naturwissenschaftler gemeint, die als *wissenschaftsgemäße Haltungen* dem Schüler durch den Unterricht vermittelt werden sollen, z. B. Forschungsinteresse, Frageverhalten, Sachlichkeit, Kritikbereitschaft und Kritikfähigkeit, Aufgeschlossenheit, Rationalität. Das *Interesse am forschenden Umweltbezug* und eine *rational-kritische Einstellung* sind grundlegend für ein positives Verhältnis zur wissenschaftlichen Arbeit und zu den wissenschaftlichen Ergebnissen. Auch die Erziehungsziele der früheren Bildungspläne (vgl. *Kerschensteiner* u. a.) sind in diesem Zusammenhang anzuführen. Die Methoden der Untersuchung, der genauen Beobachtung und des Experimentierens sollen Bildungsziele wie die „Tugenden“ der Gründlichkeit, Gewissenhaftigkeit, Sauberkeit, Redlichkeit, Ehrlichkeit, Kooperationsbereitschaft, Rücksichtnahme heranbilden (vgl. *Freise* 1972, S. 313).

„scientific attitudes“

Einstellungsziele und Verhaltensdispositionen stehen nicht nur im Dienste des modernen emanzipatorischen Reforminteresses; sie sind eine elementare Zielkomponente des wissenschaftsorientierten Unterrichts (*Tütken* 1970). „In der Folge des Heimatkundeunterrichts bedeutet das die Aufhebung der unreflektierten Emotionalität durch Sachbezogenheit.“ (*Marquardt* in *Lauterbach/Marquardt* 1976, S. 100)

Einstellungsziele

Rationalität, Objektivität, epistemisches Verhalten, Kritikfähigkeit und Vertrauen auf wissenschaftliche Verfahren sowie die Wertschätzung eines intersubjektiv überprüfaren Wissens bilden die Schwerpunkte dieses Zielsetzungskomplexes. Sachbestimmte Einstellungen und kritisches Urteilsvermögen sind die Basis für eine kritisch-prüfende Sachauseinandersetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht.

kritisch-prüfende Sachauseinandersetzung

Resümee

Die *Wissenschaftsbestimmtheit des Lebens in der modernen Industriegesellschaft* fordert in den Zielkatalogen des Grundschulunterrichts fachlich-inhaltliche und fachlich-prozessuale Lernziele, wenn der Schulunterricht auf eine kritisch-konstruktive Lebensbewältigung vorbereiten will. Diese didaktische Leitvorstellung hat der Grundschulunterricht *propädeutisch* zu realisieren. Fach(wissenschaft)liche Pro-

wissenschafts-
adäquate fachlich-
inhaltliche und
fachlich-prozessuale
Lernziele

Wissenschafts-
bestimmtheit des
Lebens

pädeutik erfüllt keinen Selbstzweck, sondern steht, wie die Wissenschaften selbst, im Dienste der Umwelterkundung und Lebensbewältigung. „Die Bedingungen des Lebens in der modernen Industriegesellschaft erfordern, daß die Lehr- und Lernprozesse wissenschaftsorientiert sind . . . Wissenschaftsorientierung der Bildung bedeutet, daß die Bildungsgegenstände, gleich ob sie dem Bereich der Natur, der Technik, der Sprache, der Politik, der Religion, der Kunst oder der Wissenschaft angehören, in ihrer *Bedingtheit* und *Bestimmtheit durch die Wissenschaften erkannt* und entsprechend vermittelt werden. Der Lernende soll in abgestuften Graden in die Lage versetzt werden, *sich eben diese Wissenschaftsbestimmtheit bewußt zu machen und sie kritisch in den eigenen Lebensvollzug aufzunehmen.*“ (Deutscher Bildungsrat/Strukturplan 1970, S. 33)

Wissenschaftlichkeit
als Umgangsweise
mit der Wirklichkeit

In diesem Sinne bezieht sich das Prinzip der Wissenschaftsorientierung auf alle Schulfächer und bestimmt nicht nur den naturwissenschaftlichen Fächerbereich. Die „wirklichkeitsstrukturierende“, „wirklichkeitsdeutende“ und „wirklichkeitserzeugende“ wissenschaftliche Tätigkeit (*Henningsen*) soll durch einen wissenschaftsorientierten Schulunterricht dem lernenden jungen Menschen vermittelt werden und *Wissenschaftlichkeit, d. h. das Mühen um Rationalität und Objektivität* als „Weise des Umgangs mit der Wirklichkeit“ (*Henningsen*), eingeübt werden. Die Schule muß sich um die Organisation der externen Realisationsbedingungen für diese didaktische Leitvorstellung bemühen. Wissenschaftsorientierter Unterricht intendiert *drei elementare Tendenzen*:

wissenschafts-
adäquates Ver-
stehen von Sach-
verhalten

- (1) Die Vermittlung fachwissenschaftlicher Konzeptionen soll das *wissenschaftsadäquate Verstehen von Sachverhalten* der Umwelt ermöglichen. Wissenschaftliche Konzeptionen sind durch Schlüsselbegriffe und Modellvorstellungen konstituiert und repräsentieren die logische Struktur der jeweiligen Wissenschaft. Curricula, die aufgrund dieser wissenschaftlichen Komponente konzipiert sind, werden als begriffsorientierte, strukturorientierte oder verfahrensorientierte Curricula bezeichnet.

Die *psychische Dimension*, die bei der Realisation dieser Komponente der didaktischen Leitvorstellung Wissenschaftsorientierung im L-L-Prozeß primär angesprochen wird, ist die *kognitive Dimension*.

wissenschafts-
adäquater Erwerb
von Umwelterfah-
rungen

- (2) Die Vermittlung *wissenschaftlicher Methoden* soll den *adäquaten Erwerb von Umwelterfahrungen* ermöglichen. Wissenschaftliche Verfahrensweisen sind durch eine Anzahl von Teilfertigkeiten im Experiment als der komplexesten wissenschaftlichen Verfahrensweise repräsentiert und konstituieren die *prozessuale* Struktur der empirischen Wissenschaften.

Curricula, die aufgrund dieser wissenschaftlichen Komponente konzipiert sind, werden als *verfahrensorientierte oder methodenorientierte* Curricula bezeichnet.

Die *psychische Dimension*, die bei der Realisation dieser Komponente der didaktischen Leitvorstellung Wissenschaftsorientierung im L-L-

Prozeß primär angesprochen wird, ist die *psychomotorische Dimension*.

- (3) Die Vermittlung *wissenschaftlicher Einstellungen* soll wissenschaftsadaquate Rationalität und Objektivität *im Umgang mit der Umwelt* ermöglichen.

Wissenschaftsgemäße Einstellungen sind durch die Wertschätzung intersubjektiv überprüfbarer Wissens geprägt und repräsentieren das Vertrauen auf wissenschaftliche Erklärungsweisen der Sachverhalte.

Curricula, die aufgrund dieser wissenschaftlichen Komponente konzipiert sind, *liegen explizit nicht vor; aber implizit* sind nahezu in allen Lehrplänen Formulierungen von Aufgaben und Leitzielen enthalten, welche diese dritte Komponente eines wissenschaftsorientierten Unterrichts betonen.

Die *psychische Dimension*, die bei der Realisation dieser Komponente der didaktischen Leitvorstellung der Wissenschaftsorientierung im L-L-Prozeß primär angesprochen wird, ist die *emotionale Dimension* (vgl. Abb. 13, Seite 85).

wissenschafts-
adäquate Einstel-
lungen im Umgang
mit der Umwelt

2. Das Experiment als wissenschaftsorientierte Lehr-Lern-Strategie

2.1 Das Experimentieren als wissenschaftsorientierte Inhaltsvermittlung

Die Verwirklichung der didaktischen Leitvorstellung der Wissenschaftsorientierung erfordert eine adäquate L-L-Organisation. Die experimentelle L-L-Strategie kann als eine angemessene L-L-Methode für die Vermittlung wissenschaftsorientierter Inhalte angesehen werden. Diese These wird im Folgenden erläutert und begründet.

Für die wissenschaftsadaquate *inhaltliche* Planung und Gestaltung der L-L-Prozesse ist unter dieser wissenschaftsorientierten Bestimmung folgender Orientierungsraster gegeben: Die Unterrichtsinhalte sollen die wissenschaftslogisch strukturierten Theoriegefüge als Erklärungsmodelle der realen Sachverhalte repräsentativ vermitteln. Wissenschaftliche Modellvorstellungen sind als Basiskonzepte im Sinne von „Hilfskonstruktionen“ (*Giehl*) zur logischen Erklärung der Wirklichkeit in elementarer, dem Schüler verständlicher und den wissenschaftlichen Ergebnissen nicht widersprechender Weise anzubieten. Fachsprachliche *Grundbegriffe* und fachsprachliche *Aussagen* sollen die disziplinierte Gegenstandsbeschreibung der Wissenschaft bewußt machen und propädeutisch auf die mit steigender Abstraktionsfähigkeit der Schüler zunehmend detaillierte Darstellung der wissenschaftlichen Theoriegefüge verweisen.

Das Spiralcurriculum (*Bruner; Spreckelsen*) als systematische Auswahl und Anordnung der L-L-Inhalte mit spiraligem Aufbau, d. h. inhaltlich steigendem Abstraktionsniveau der Schlüsselbegriffe und fundamentalen Einsichten, soll der Forderung nach einer fach- und schülergemäßen Elementarisierung wissenschaftlicher Inhalte gerecht

wissenschafts-
adäquate Planung
des L-L-Prozesses

werden. Die *Lerngegenstände* werden in ihrer „Bedingtheit und Bestimmtheit durch die Wissenschaft“ (*Deutscher Bildungsrat*) durch die *fachlich orientierte Anordnung* (Lehrplangestaltung) auch in ihrer Methodenabhängigkeit gesehen.

wissenschafts-
orientierte
L-L-Aktivitäten

Innerhalb einer nach solchen Prinzipien gestalteten L-L-Organisation sind im Hinblick auf die Erarbeitung der Unterrichtsinhalte eine große Anzahl von *L-L-Aktivitäten* erforderlich. Schüler und Lehrer setzen sich mit den Inhalten auseinander, indem sie Gegenstände und Sachverhalte wahrnehmen, entdecken, sammeln, beobachten, beschreiben, benennen, ordnen, darstellen, vergleichen, erkennen, Fragen stellen, unterscheiden, vermuten, Hypothesen aufstellen, erklären, interpretieren, überprüfen, abstrahieren, transferieren, deduzieren, strukturieren, konstruieren, systematisieren, klassifizieren, relationale Beziehungen sehen, die Abhängigkeit der Erkenntnisse von bestimmten Fragestellungen und Untersuchungsmethoden erkennen u. a. Diese mehr oder weniger komplexen L-L-Aktivitäten vollziehen sich zwar nicht bei jedem „Thema“ und bei jeder sachunterrichtlichen Zielsetzung gleichermaßen. Aber es gibt auch keine Auseinandersetzung mit Sachverhalten, die ohne den Einsatz einer bestimmten Anzahl der angeführten Aktivitäten erkenntnisfördernd und erkenntnisaneignend erfolgen könnte.

Experimentieren als
komplexe wissen-
schaftsgemäße
L-L-Aktivität

Überblickt man die Liste dieser L-L-Tätigkeiten, so ist die *Ähnlichkeit mit den mikrostrukturellen Bestimmungen der experimentellen L-L-Strategie* auffallend (vgl. Abb. 9, Seite 63). Innerhalb der einzelnen Phasen der experimentellen L-L-Strategie sind die oben angeführten Tätigkeiten mit unterschiedlicher Einsatzbreite unabdingbare Bestandteile der Durchführung.

In der wissenschaftstheoretischen Bestimmung wurde das Experiment als „Hypothesen-Experiment-Falsifikationsgeflecht“ mit zyklischer Struktur aufgewiesen (vgl. Abb. 4, Seite 58). Eine Hypothese als Annahme innerhalb eines Theoriegefüges wird auf ihren „Wahrheits“-Gehalt mit Hilfe des Experiments im Rahmen dieses Theoriegefüges untersucht. Die beim Experiment beobachteten sinnlichen Daten werden durch die Rückkoppelung an den theoretischen Vorentwurf interpretiert. Wissenschaftliche Begriffe und Konzeptionen sind also die theoretische Basis für das Experiment als empirische Forschungsmethode. Die Herleitung von „experimentellen Sätzen“ aus „theoretischen Sätzen“ als 1. Formalstufe des Experimentierens ist nach *Holzkamp* (vgl. Abb. 4, Seite 58) die Basis für die 2. Formalstufe des Experimentierens als „herstellende Realisationshandlung“. Ebenso ist die Bewertung der experimentellen Befunde nach Abschluß des „Realisationsversuchs“ nicht ohne Rückkoppelung an den theoretischen Vorentwurf sinnvoll.

Das bedeutet, daß die Durchführung der experimentellen L-L-Strategie die *Kenntnis wissenschaftstheoretischer Inhalte* (Begriffe und Konzepte) zur *Voraussetzung* hat bzw. entscheidend zur Erarbeitung und Vertiefung wissenschaftlicher theoretischer Inhalte beiträgt. Denn Experimente als Prüfinstrumente sind nur im Zusammenhang mit den zu prüfenden Inhalten sinnvoll zu planen und durchzuführen. Die

theoretische Vorbereitung des Experiments und die theoretische Auswertung des Experiments sind an Theoriegefüge gekoppelt, die durch Begriffe, Aussagen und Relationen konstituiert werden. Die *Konstruktebene (hypothesis)* wird durch die *Indikatorebene (experimentum)* verifiziert oder falsifiziert (vgl. Abb. 3, Seite 56/57). Hypothetischer Vorentwurf und experimentelle Überprüfung müssen auch beim unterrichtlichen Einsatz des Experiments korrelieren, wenn das Experiment seiner wissenschaftstheoretischen Bestimmung entsprechen soll.

Korrelation von hypothetischem Vorentwurf und experimenteller Überprüfung

Für die experimentelle L-L-Strategie gilt ein entsprechender Zusammenhang. *Lehrstrategisch vermittelte wissenschaftliche Erkenntnisse* in Form von Begriffen, Konzepten, Einsichten und Systemen sollen durch die primär *lernstrategische*, d. h. vom Schüler vorgenommene, *experimentelle Überprüfung* wenigstens exemplarisch hinsichtlich ihrer Bedingtheit und Bestimmtheit durch die wissenschaftliche Untersuchungsmethode erkannt werden. Das Experiment als grundlegende Forschungsmethode der Naturwissenschaften ist für den naturwissenschaftlichen Unterricht deshalb unbedingt in seiner spezifischen Bedeutung für die Erarbeitung wissenschaftlicher Erkenntnisse erfahrbar zu machen. Durch die experimentelle L-L-Strategie kann dem Schüler begrifflich gemacht werden, wie der Mensch im experimentellen Zugriff die Gegenstände und Sachverhalte auf ihre Merkmale und Relationen hin untersucht und zu Kenntnissen und Einsichten über die „Natur“ (Umwelt) gelangt. Für den Schüler selbst werden *durch die experimentelle L-L-Strategie wissenschaftliche Begriffe subjektiv „entdeckbar“* und in ihrem theoriespezifischen semantischen Stellenwert und Gehalt erkennbar. Schlüsselbegriffe wie Objekt, Interaktion, Relativität (vgl. *Karplus* bzw. *Spreckelsen*) sind nur über die methodische Vermittlung *durch die experimentelle L-L-Strategie* in ihrer inhaltlichen Bestimmung *operational erfaßbar*. Die experimentelle L-L-Strategie ist ein prozessuales Grundelement für den naturwissenschaftlichen Bildungsweg.

subjektives Neu-Entdecken wissenschaftlicher Begriffe und Sachverhalte

Diese Einschätzung des Experiments im Unterricht wurde auch in der *Fragebogenerhebung* deutlich (vgl. Anhang, Seite 190 ff.). Lehrkräfte des 3. und 4. Schuljahres gaben dem Experiment innerhalb der *Stoff-erarbeitungsphase* des Unterrichts einen *exponierten Stellenwert* (vgl. Anh., Frage 7, Seite 196). Die *Lernwirksamkeit* der experimentellen Unterrichtsform für die Erkenntnisgewinnung wurde *stark betont* (vgl. Anh., Frage 16, Seite 200). Der Lerneffekt der experimentellen Unterrichtsform wurde für den Wissenserwerb höher eingeschätzt als für die Schulung fachspezifischer Fähigkeiten (vgl. Anh., Frage 20 und Frage 22, Seite 201). Die *gemeinsame Planung* von Experimenten und die *Durchführung* von Experimenten *bei bestimmten Stoffen* und *bei bestimmten Fragestellungen* werden deshalb von Unterrichtspraktikern besonders hervorgehoben (vgl. Anh., Frage 8, Seite 197, und Frage 17, Seite 200).

angemessene Einschätzung des Experiments im Unterricht durch die Lehrkräfte

Unterrichtspraktiker und Unterrichtstheoretiker sind gemäß dem Vorgegangenen der Überzeugung, daß „grundlegende Einsichten, Gesetzmäßigkeiten, Regeln und Begriffe vom Lernenden nicht rezeptiv erworben, sondern in einer angeleiteten, konstruktiv-produktiven

Erwerb von grundlegendem Wissen durch Experimentieren

kritisch-prüfende
Sachauseinander-
setzung durch Ex-
perimentieren

Sachauseinandersetzung selbst entdeckt, geprüft und formuliert werden (sollen) ... Insbesondere für die *Bereitschaft zur konstruktiven Auseinandersetzung mit einem Sachverhalt*, aber auch für die Disponibilität von Kenntnissen und Einsichten in neuen Situationen dürfte ein Zusammenhang von Lernbedingungen Voraussetzung sein, der am ehesten bei einem Lehr- und Lernverfahren entdeckenden Lernens zu realisieren ist.“ (Riedel 1973, S. 291 f.)

Die Anwendung der experimentellen L-L-Strategie fördert im Sinne der inhaltsorientierten Wissenschaftsorientierung die kritische Auseinandersetzung mit wissenschaftlich konstruierten Beschreibungssystemen von den Sachverhalten der Umwelt, wenn der Lehrende die lehrstrategischen Aktivitäten bei der experimentellen L-L-Strategie im Sinne einer *Anleitung zur kritisch-prüfenden Sachauseinandersetzung* gestaltet. Dann wird dem Schüler auch die *Methodengebundenheit aller Erkenntnis erfahrbar*.

Der exemplarische Einsatz der experimentellen L-L-Strategie leistet einen wertvollen Beitrag dazu, daß die Kinder fähig werden, „Informationen von anderen so zu interpretieren, als ob sie diese selbst entdeckt hätten. Den Erwerb dieses funktionalen Verständnisses für naturwissenschaftliche Grundbegriffe kann man als ‚naturwissenschaftliche Bildung‘ (Karplus) bezeichnen.“ (Kleinschmidt 1970, S. 218)

sachgemäße Modell-
vorstellungen

Die naturwissenschaftlichen Lerngegenstände können über den Einsatz der experimentellen L-L-Strategie *sachgemäß als Modellvorstellungen* und nicht als ein für allemal festgelegte Regelgebilde „gelernt“ werden. Das ist auch bedeutsam im Sinne eines „erziehenden Unterrichts“; denn die „Welt“ ist kein Katalog von schlicht zu lernenden Daten, Fakten und Begriffen. Die Gegenstandsstruktur ist nicht steril-eindimensional festlegbar, sondern in einem mehr oder weniger offenen Untersuchungs- und Deutungsprozeß jeweils neu festzustellen (vgl. Neff 1977, S. 15 ff.).

Relativierung der
Problematik: Aus-
wahl der Lehrinhalte

Beim Einsatz der experimentellen L-L-Strategie im naturwissenschaftlichen Unterricht wird das trotz vieler Bemühungen bisher ungelöste (vielleicht allgemein unlösbare) *Problem* der relevanten *Auswahl der Lehrinhalte* teilweise relativiert, weil der Akzent auf den prozessualen Aspekt der naturwissenschaftlich orientierten Lernprozesse gelegt wird, was angesichts der Tatsache bedeutsam ist, daß bisher innerhalb der Fachwissenschaften die „Überwindung wissenschaftsgeschichtlich verständlicher Autonomiebestrebungen zugunsten einer konstruktiven Zusammenarbeit“ (Riedel) nicht gelungen ist. „Nicht nur, daß zwischen den Fachvertretern der Disziplinen ein Konsens z. B. über die Relevanz eines Gegenstandes kaum zu erreichen ist und auch problematisch sein dürfte, sondern vor allem, weil in den Fachwissenschaften die didaktische Fragestellung bisher geradezu ausgeklammert wurde.“ (Riedel 1973, S. 293)

2.2 *Das Experimentieren als wissenschaftsorientierte Verfahrensschulung*

Wenn zur Forderung nach wissenschaftsorientierten Inhalten die komplementäre Forderung nach wissenschaftsorientierten Methoden tritt,

dann ist damit die Erwartung verbunden, daß das Einüben elementarer Forschungsmethoden beim Lernenden *selbständigen Kenntniserwerb und kritische Einsicht in die Methodenabhängigkeit* aller menschlichen Erkenntnis ermöglicht. Die formal-prozessualen Aspekte in der Lernzielbestimmung für den naturwissenschaftlichen Unterricht korrelieren mit den inhaltlich-materialen Bestimmungen. Dabei werden die fachspezifischen Arbeitsweisen, Verfahren, Fähigkeiten und Fertigkeiten nicht primär als instrumentale Lernziele, etwa im Sinne der Arbeitsschulpädagogik, hinsichtlich ihrer unterrichtsmethodischen Funktion gemäß der Formel „von der tätigen Anschauung zum Begriff“ (vgl. *Kerschensteiner*) verstanden. Sie haben einen *eigenständigen Zielcharakter* und einen Selbstzweck als prozessuale Lernziele. *Konkret-praktische Tätigkeiten* wie fachspezifische Techniken und Fertigkeiten und *abstrakt-geistige Vollzüge* wie Denk- und Problemlösungsstrategien sind *nicht nur Vermittlungsmethoden* von Kenntnissen, *sondern auch Ermittlungsmethoden* von Einsichten in Sachzusammenhänge. Die innovatorischen Bestrebungen für den grundlegenden Sachunterricht fordern gemäß dem Prinzip der Wissenschaftsorientierung eine Methodenreform. „Unter den Methoden werden diejenigen bevorzugt, die als Vorformen wissenschaftlicher Verfahren gelten können. Diese Methoden sind nicht nur ein Mittel zum Zweck der Aneignung der Inhalte, sondern haben als Lernverfahren und -prozesse ihren Wert in sich, da sie Verhaltensweisen und Fähigkeiten einschulen, die für die Ausbildung einer wissenschaftlichen Forschungshaltung bestimmend sind. Besonderer Wert wird auf die Methoden gelegt, die problemlösendes Denken, selbständiges Arbeiten und Kooperationsfähigkeit schulen.“ (*Neuhaus 1974, S. 174*)

eigenständiger Zielcharakter der prozessualen Lernziele

Die *Methoden des Erwerbs wissenschaftlicher Erfahrung* können und sollen bereits vom Grundschulkind *im Prinzip* beherrscht werden. Die naturwissenschaftliche Bildung gilt auch in diesem Zusammenhang als Elementarbereich der allgemeinen Bildung: „Wer ‚Bildung des Denkens‘ sagt, meint ‚Bildung von Operationen‘, und wer ‚Bildung von Operationen‘ sagt, meint ‚Aufbau von Operationen‘. Der *Aufbau von Operationen* vollzieht sich im Laufe des *Suchens und Forschens*.“ (*Aebli 1963, S. 94f.*)

elementarer Erwerb einer fundamentalen Bildung

Wissenschaftsorientiertes Lernen vollzieht sich durch möglichst selbständiges Forschen und Konstruieren. Aufgabe des Lehrers ist es, *Lernhilfen* in Gestalt von Informationsgaben und Methodenhinweisen bereitzustellen, damit die Schüler im Sinne der allen schulischen Lernprozessen immanenten pädagogisch-didaktischen Zielsetzung *beobachtend* und *experimentierend* „angeleitet entdecken“ können. Die Bestimmung der Art, der Menge und des zeitlichen Einsatzes der Lernhilfen ist ein lehrtheoretisches Zentralproblem (vgl. *Einsiedler 1975, S. 649; Bäuml 1974, S. 135f.*). Die *Affinität des „entdecken-lassenden“ Lehrverfahrens zur experimentellen L-L-Strategie* ist durch die für beide Strategien charakteristische Technik des selbständigen Findens von Erkenntnissen bestimmt. Methodenorientierter naturwissenschaftlicher Unterricht hat sich in einem „induktiv-deduktiven Verfahrenszirkel“ (*Tütken/Spreckelsen*) zu vollziehen. Die *experimentelle*

selbständiges Forschen und Konstruieren mit lehrstrategischen Lernhilfen

entdecken-lassende Strategien

zentrale Funktion der experimentellen Methode

Methode als „Königsweg der Wissenschaft“ (König) hat eine zentrale Funktion innerhalb der wissenschaftsadäquaten Strategien der Informationsgewinnung, Informationsbearbeitung und Informationsdarstellung einzunehmen.

Entsprechend dem Forschungsverhalten des Naturwissenschaftlers, das durch eine große Anzahl mehr oder weniger *komplexer intellektueller und manueller Aktivitäten* konstituiert wird, hat auch der in die wissenschaftliche Forschungsart einzuführende Schüler eine Reihe von Teilfertigkeiten zu erlernen. Bei der Einübung in die experimentelle Methode als zentrale wissenschaftliche Forschungsstrategie kommen u. a. folgende Aktivitäten in unterschiedlicher Kombination und Gewichtung zur Anwendung:

beobachten, analysieren, Hypothesen aufstellen, vergleichen, voraussagen, untersuchen, planen, konstruieren, isolieren, messen, zählen, verbalisieren, tabellieren, Schlüsse ziehen, Beziehungen herstellen, Modelle bilden u. a.

Diese Fähigkeiten und Fertigkeiten sind *Verhaltensziele der experimentellen L-L-Strategie*. Als Leistungsdisposition ist jede dieser aufgeführten Tätigkeiten durch verschiedene Qualitätsstufen charakterisiert. Der Lernende sollte über einen quantitativ und qualitativ hohen Anteil dieser Aktivitäten verfügen, wenn er die experimentelle Strategie als Problemlösungsstrategie anwenden will.

In Abb. 7 (Seite 61) ist die *experimentelle Verfahrensstruktur* dargestellt, die für das verfahrensorientierte Curriculum SAPA ermittelt wurde.

Diese Grafik zeigt nur eine *Grobstruktur* der Verfahrenshierarchie. „Jeder der dort angeführten Prozesse wird wiederum in eine Reihe von Teilfertigkeiten gegliedert, die als aufeinander aufbauende Lernziele dargestellt werden. Für die Erreichung der grundlegenden Verfahrensweise ‚beobachten‘ beispielsweise werden 18 sequentiell geordnete Lernziele benötigt. Auf die Gesamtzahl der zu erlernenden Verfahrensweisen ergeben sich 191 Lernziele, die in ihren Abhängigkeiten und Beziehungen zueinander in einer Hierarchie festgehalten werden. Diese Hierarchiekette dürfte, gemessen an den Lernzielkatalogen, was ihre Komplexität und ihre Strukturierung bis ins kleinste Detail anbelangt, einmalig sein.“ (Klewitz/Mitzkat in *Halbfas/Maurer/Popp* (Hrsg.) 1976, S. 76)

Die einfacheren Prozesse sollen nach *Gagné* (1965, S. 4) schon in der Grundschule teilweise voneinander getrennt und in systematischer Weise erlernt werden. Die *Koordination der Einzelaktivitäten zum Gesamtverlauf* der experimentellen Methode mit operativem, hierarchischem Prozeßcharakter (vgl. Abb. 3, Seite 56/57) ist dabei ein immanent angestrebtes Lernziel, das im Grundschulunterricht nur ansatzweise realisiert werden kann. Aber die Strukturmerkmale der Mehrschrittigkeit des experimentellen Forschungsprozesses, die Aktivitätenkombination, die zyklische Struktur und der intern-externe Operationszusammenhang können, wenn auch (den internen und externen Operationsbedingungen entsprechend) nur *in unterschiedlichen Qua-*

komplexe und zahlreiche intellektuelle und manuelle Aktivitäten

Koordination von Einzelaktivitäten zum Gesamtverlauf

litätsstufen, erarbeitet werden. Die experimentelle Methode als eine zentrale Methode innerhalb der „Trias Subjekt-Methode-Objekt“ (*Wagenschein*) kann eine *fundamentale Methodenerfahrung* im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht darstellen (*Eckhardt* 1974, S. 116; *Wagenschein* 1965, S. 309).

Im Bewußtsein der Unterrichtspraktiker nimmt die experimentelle Methode, wie auch *Piaget* feststellt (vgl. Kap. I), noch nicht den ihrer didaktischen Funktion als wissenschaftsorientierte Methode entsprechenden Rangplatz ein. Innerhalb unserer *Befragung von Grundschullehrkräften* (vgl. Anh.) wurde die *Funktion des Experiments für die Wissensvermittlung im Vergleich zur Methodenaneignung durchwegs exponiert höher eingeschätzt*. In der Einschätzung der Bedeutsamkeit von Versuchen im Unterricht für die *Verwirklichung von Unterrichtsprinzipien*, für die Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und für die Gewinnung eines naturwissenschaftlichen Methodenverständnisses wurde letztere Bestimmung erstaunlich geringer beurteilt (vgl. Anh., Frage 23, Seite 202). Auch der Effekt der experimentellen Unterrichtsform für die Schulung fachspezifischer Fähigkeiten erhielt gegenüber Lernmotivation und Wissenserwerb einen nachgeordneten Rang. Vielleicht ist diese geringe Einschätzung teilweise auch dadurch erklärlich, daß im Bewußtsein der Unterrichtspraktiker die Probleme der Verfrühung und „Verfälschung“ bzw. das Experimentieren als „Spielerei“ besonders stark haften (vgl. Anh., Frage 15, Seite 199).

Prozeßfertigkeiten werden heute oft gewertet als Lernziele mit eigenständigem Zielcharakter, durch die auch der *schulische Lernprozeß als Prozeß der Kenntnisfindung* gestaltet werden sollte. Das Lehren des Prozesses läßt auch das Lernen als lebenslang andauerndes Bemühen (long-life-learning) bewußt werden (vgl. *Skowronek* 1969, S. 159).

In diesem Zusammenhang wäre ein Umdenken innerhalb der Unterrichtspraxis notwendig, das aber durch die in den vorliegenden innovatorischen Lehrplänen gegebenen Handlungsanweisungen eher verhindert wird. Dem Experiment haftet in seiner kritisch-emanzipatorischen Verwendung die aktive Auseinandersetzung mit der Wirklichkeit an. Es ist dann Problemsuche, Lösungsentwurf, Verwirklichung und kritische Reflexion von Handlung und Ergebnis. Die *Gefahr*, daß die beim Experiment einzusetzenden Aktivitäten nur einen „Nachvollzug von Vorschriften“ (*Matthiesen*) und die experimentelle L-L-Strategie nur ein „*Dressurprodukt*“ (*Schietzel*) darstellen, darf nicht übersehen werden. Die einfache Übertragung bzw. Vermittlung des naturwissenschaftlichen experimentellen Verfahrens in die Unterrichtspraxis ist auch nicht das Ziel eines verfahrensorientierten naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts. Die *behutsame Anleitung der Schüler* zum selbständigen Nachforschen und zu selbständiger Antwortsuche soll *vorbereitende Elementarakte wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung* initiieren. Die experimentelle Methode als wissenschaftliche Arbeitsmethode ist ein Weg, der vom Staunen und Sich-Wundern (vgl. *Wagenschein*) über Naturphänomene zu deren Klärung führen kann. Das Wesentliche im verfahrensorientierten naturwissen-

Einschätzung des Unterrichtsexperiments durch die Lehrkräfte

Notwendigkeit eines Umdenkens in der Unterrichtspraxis

Gefahr: experimentelle L-L-Strategie als Dressur-Produkt

schaftlichen Unterricht sind „nicht die in der Tat nur induktiv zu gewinnenden Messungsergebnisse irgendwelcher Vorgänge, sondern die Einsicht in die *Methoden* und der Nachvollzug der großen Hypothesen“ (Klafki 1957, S. 366).

2.3 Das Experimentieren als wissenschaftsorientierte Einstellungsanbahnung

Verhaltensdispositionen für ein wissenschaftsgemäßes Verhalten – vermittelt durch Experimentieren

Sollen positive Einstellungen zur Wissenschaft und Verhaltensdispositionen für ein wissenschaftsgemäßes Verhalten angebahnt werden, so muß die Wissenschaftlichkeit als Umgangsweise mit der Wirklichkeit den Unterrichtsstil mitbestimmen. Diese grundsätzliche Forderung der didaktischen Intention der Wissenschaftsorientierung kann durch den Einsatz der experimentellen L-L-Strategie angemessen erfüllt werden.

Das Experimentieren als eine nach logischen Regeln sich vollziehende Umgangsweise mit der Wirklichkeit erfordert rationale Planung und rationale Interpretation.

Das *Erkenntnisinteresse*, das sich in einem epistemischen Verhalten äußert (vgl. Kap. V), ist eine unabdingbare Voraussetzung der experimentellen Methode, weil es deren Zielsetzung mitbestimmt. Der Einsatz der experimentellen Methode verfolgt aber auch stets einen ganz bestimmten Zweck: aufgrund der *Wertschätzung eines empirisch bzw. intersubjektiv geprüften Wissens* wird das Experiment gezielt innerhalb des Prozesses der Wissens- bzw. Erfahrungsgewinnung eingesetzt.

sachlich-kritische und zugleich vertrauende Einstellung

Die anthropologische Mehrdimensionalität der Erfahrungsgewinnung ist auch ein Strukturmerkmal der experimentellen Methode; ohne die affektive Komponente als Anbahnung sachlich-kritischer und zugleich vertrauender Einstellung zu wissenschaftlichen Forschungsmethoden kann die experimentelle Methode ihre wissen-„schaffende“ und wissensprüfende Funktion nicht erfüllen.

im Grundschulunterricht: angemessene Einstellungsanbahnung

Deshalb ist die sachgemäß durchgeführte experimentelle Methode auch eine effektive Realisationsweise wissenschaftsadäquater Verhaltensdispositionen innerhalb des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Gerade im Grundschulunterricht, in dem die Grundlage für wissenschaftsgemäßes Denken und Handeln im Dienste der Umweltbewältigung gelegt werden soll, bietet die experimentelle Methode als Methode der kritisch-prüfenden Sachauseinandersetzung ein *breites Übungsfeld für angemessene Verhaltensschulung* und angemessene Einstellungsanbahnung.

Die Durchführung der experimentellen L-L-Strategie mit den ihr eigenen Merkmalen des wissenschaftlichen Forschungsprozesses ist von wissenschaftsadäquaten Haltungen und Verhaltensweisen geprägt.

Epistemisches Verhalten, sachlich-kritische Einstellung, Interesse an intersubjektiv überprüfbarem Wissen und Vertrauen in die Effektivität wissenschaftsmethodischer Forschung als „Tugenden“ der Wissenschaftler sind Bedingungsfaktoren für die Planung, Durchführung und Ergebnisfeststellung der experimentellen Methode in der wissenschaftlichen und in der unterrichtsimmanenten Forschung.

Resümee

Die analytische Deskription der didaktischen Leitvorstellung Wissenschaftsorientierung machte deutlich, daß ein *wissenschaftsorientierter (Grundschul) Unterricht* gemäß den *drei Zielkomponenten* der wissenschaftsadäquaten Inhaltsvermittlung, der wissenschaftsadäquaten Methodenanwendung und der wissenschaftsadäquaten Einstellungsanbahnung zu konzipieren ist. Die adäquate Gestaltung des L-L-Prozesses richtet sich auf die *drei elementaren Dimensionen des L-L-Prozesses*.

Eine vergleichende Analyse ergab, daß die für die Realisierung der einzelnen Zielkomponenten geforderten L-L-Aktivitäten und die bei der Durchführung der *experimentellen L-L-Strategie* einzusetzenden *L-L-Aktivitäten* qualitativ und quantitativ *ähnlich* sind.

Der Vergleich der makro- bzw. mikrostrukturellen Elemente der experimentellen L-L-Strategie mit den Merkmalen der einzelnen Zielkomponenten ließ auch die Affinität zwischen den jeweiligen inhaltlichen Zielsetzungen und der kognitiven, psychomotorischen und emotionalen Lerndimension erkennen.

In Abb. 10, 11 und 12 (Seite 82/84) werden die *elementaren Kriterien* dieses Begründungszusammenhanges im Überblick dargestellt. Die tabellarische Anordnung erleichtert die rasche Erfassung der relationalen Kriterien für die Begründung der Annahme eines Realisationszusammenhanges zwischen der Zielkomponente der Wissenschaftsorientierung und der experimentellen L-L-Strategie.

<p>Kriterien wissenschaftsadäquater Inhaltsvermittlung als Zielkomponente der Wissenschaftsorientierung</p>	<p>Forderung an eine dieser Zielsetzung adäquate L-L-Organisation</p>	<p>Realisationszusammenhang mit der experimentellen L-L-Strategie</p>
<p>Leitgedanke: Die Lehr-Lern-Inhalte sollen die Bestimmtheit der Lehrgegenstände durch die Wissenschaften repräsentieren</p>	<p>Leitgedanke: Auswahl, Anordnung, Vermittlung wissenschaftsadäquater Lehrinhalte sollen repräsentativ, elementar, fundamental sein</p>	<p>Leitgedanke: Die experimentelle L-L-Strategie ist eine angemessene Realisationsweise der Zielsetzung einer wissenschaftsadäquaten Inhaltsvermittlung</p>
<p>wissenschaftliche Beschreibung und Erklärung von Sachverhalten</p> <p>wissenschaftliche Konzeptionen als wissenschaftslogisch strukturierte Theoriegefüge</p> <p>disziplinspezifische und disziplinübergreifende Strukturen und Konzepte</p> <p>wissenschaftliche Begriffe und Aussagen</p>	<p>elementare, wissenschaftsadäquate Beschreibungs- und Erklärungsmodelle</p> <p>sachstrukturelle Unterrichtsplanung gemäß wissenschaftlicher Konzeptionen</p> <p>fachspezifische und fachübergreifende Unterrichtsinhalte (Fachsystematik und interdisziplinäre Orientierung)</p> <p>Verwendung der Fachsprache (Begriffe, Aussagen, Formeln)</p>	<p>wissenschaftstheoretische Inhalte (Begriffe, Konzepte, Einsichten, Systeme) als Voraussetzung des Experiments (experimentelle Methode als „Hypothesen-Experiment-Falsifikationsgeflecht“)</p> <ul style="list-style-type: none"> — Herleitung von „experimentellen Sätzen“ aus „theoretischen Sätzen“ — interne Hypothesenbildung als Grundlage für externe Versuchsanordnungen; wissenschaftstheoretische Inhalte (Begriffe, Konzepte, Einsichten, Systeme) als Ergebnis des Experiments (Experiment Prüfinstrument auf „Wahrheits“-Gehalt der Aussagen) — durch das Experiment ermöglichtes Erfassen von Merkmalen und Relationen zwischen Gegenständen und Sachverhalten (subjektives „Entdecken“) <p>funktionales Verständnis wissenschaftlicher Begriffe und Zusammenhänge, da diese in Abhängigkeit von Bedingungen und Art des experimentellen Zugriffs interpretiert werden müssen</p>

Abb. 10: Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhanges zwischen der Zielkomponente der wissenschaftsadäquaten Inhaltsvermittlung und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie

Kriterien wissenschaftsadäquater Methodenanwendung als Zielkomponente der Wissenschaftsorientierung	Forderungen an eine dieser Zielvorstellung adäquate L-L-Organisation	Realisationszusammenhang mit der experimentellen L-L-Strategie
Leitgedanke: Die L-L-Methoden sollen den Wegen wissenschaftsadäquater Erkenntnisgewinnung entsprechen	Leitgedanke: Der Unterricht soll elementare, wissenschaftliche Forschungsmethoden einüben	Leitgedanke: Die experimentelle L-L-Strategie ist eine angemessene Realisationsweise der Zielsetzung einer wissenschaftsadäquaten Einstellungsanbahnung
wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als dynamischer Problemlösungsprozeß wissenschaftlicher Forschungsprozeß als nach bestimmten methodischen Regeln ablaufender Prozeß disziplinspezifische und disziplinübergreifende Untersuchungsverfahren und Forschungstechniken die experimentelle Methode als zentrale und komplexe naturwissenschaftliche Forschungsstrategie	wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als adäquate prozessuale Lernziele Einübung in den wissenschaftsadäquaten, methodisch geregelten Problemlösungsprozeß fachspezifische und fächerübergreifende Arbeitsweisen, Fähigkeiten (abstrakt geistige Vorzüge) und Fertigkeiten (konkret praktische Tätigkeiten) die experimentelle Methode als fundamentale Methode des naturwissenschaftlichen Unterrichts	Die experimentelle Methode als zentrale Forschungsstrategie der empirischen Wissenschaften (gezielt angestrebte Erfahrungsgewinnung) — hierarchische Phaseneinteilung des Forschungsablaufs durch eine regelmäßige Abfolge der experimentellen Schritte (Formalstufen des Experimentierens) — intern-externer Operationszusammenhang — Koordination von mehr oder weniger komplexen Einzelaktivitäten (Teilfertigkeiten) zum Gesamtverlauf des experimentellen Forschungsprozesses — experimenteller Zugriff als kritisches Prüfinstrument für die intersubjektive Überprüfbarkeit des Wissens

Abb. 11: Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhanges zwischen der Zielkomponente der wissenschaftsadäquaten Methoden-anwendung und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie

<p>Kriterien wissenschafts- adäquater Einstellungsanbahnung als Zielkomponente der Wissen- schaftsorientierung</p>	<p>Forderungen an eine dieser Ziel- vorstellung adäquate L-L-Organ- isation</p>	<p>Realisationszusammenhang mit der experimen- tellen L-L-Strategie</p>
<p>Leitgedanke : Für wissenschaftlichen Fortschritt positive Einstellungen gegenüber der Wissenschaft notwendig</p>	<p>Leitgedanke : Der L-L-Prozeß soll wissenschafts- gemäße Haltungen und Ver- haltensweisen fördern</p>	<p>Leitgedanke : Die experimentelle L-L-Strategie ist eine ange- messene Realisationsweise der Zielsetzung wissenschafts-adäquater Einstellungsanbahnung</p>
<p>wissenschaftliche „Tugenden“ (scientific attitudes) als wissen- schaftliche Forschungseinheiten</p> <p>leitendes Erkenntnisinteresse als Voraussetzung für die Wahl der Forschungsmethode</p> <p>epistemisches Forschungsverhalten als entscheidender Bestimmungs- faktor der Wissenschaft</p> <p>(relativer) Objektivitäts- bzw. Gültigkeitsanspruch</p>	<p>wissenschaftsgemäße Einstellun- gen und Verhaltenspositionen</p> <p>kritisch-rationale Einstellung zur Forscher- und Methodenabhän- gigkeit der wissenschaftlichen Erkenntnis</p> <p>selbständiges Suchen, Forschen und Konstruieren aufgrund eines epistemischen Verhaltens</p> <p>Wertschätzung intersubjektiv-über- prüfbareren Wissens</p>	<ul style="list-style-type: none"> — epistemisches Verhalten (Erkenntnisinteresse, Frageverhalten, Aufgeschlossenheit) als Vor- aussetzung und Zielorientierung der experi- mentellen Methode — positive Einstellung (Vertrauen) zur empiri- schen/experimentellen Forschungsmethode als eine Voraussetzung für den effektiven Einsatz der experimentellen Methode zum Zweck der Erfahrungsgewinnung — sachlich-kritische Einstellung und rationale Planung des experimentellen Zugriffs als Be- dingung für die sachliche (objektangemes- sene) Beobachtung des experimentellen Vor- gangs als „objektives“ Kontrollinstrument einer subjektiven Theorie — Kritikbereitschaft und Kritikfähigkeit als eine Verhaltensdisposition für die angemessene Interpretation der experimentell gewonnenen Beobachtungsdaten und für die kritische Reflexion der experimentellen Ergebnisse be- züglich ihrer Methodenabhängigkeit

Abb. 12: Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhanges zwischen der Zielkomponente der wissenschafts-adäquaten Einstellungsanbahnung und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie

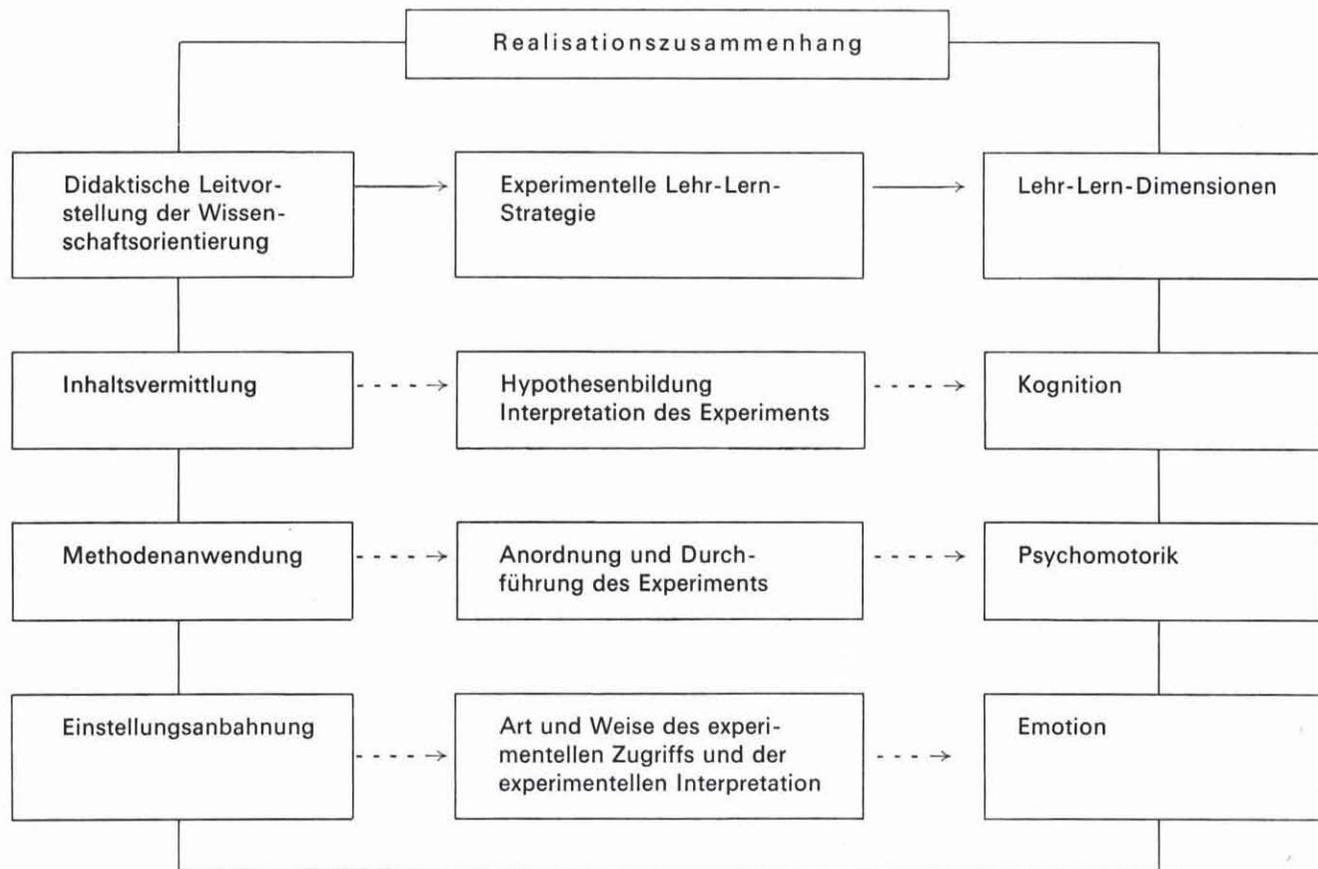


Abb. 13. Strukturmodell des Realisationszusammenhanges zwischen den durch die didaktische Leitvorstellung der Wissenschaftsorientierung angestrebten Lehr-Lern-Dimensionen und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie

3. Unterrichtsmodelle

3.1 Thema: Spiele mit dem Baukasten — welche Gesetzmäßigkeiten wir dabei beachten

Empfohlene Jahrgangsstufe: 1—4

Fachbezug: Physik/Technik

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
<i>I. Fragestellung</i>	
freies — gelenktes Unterrichtsgespräch	Dein kleiner Bruder, deine kleine Schwester . . . freuen sich über einen Holzbaukasten. Warum ist das Spielen mit Bauklötzen interessant ?
<i>II. Planung</i>	
gelenktes Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen, — was wir beim Spielen mit Baukästen beachten, — welche Gesetzmäßigkeiten das Gelingen oder Miß- lingen von Bauvorhaben bestimmen.
<i>III. Durchführung der Experimente</i>	
freie SS-Versuche in Alleinarbeit bzw. in Partnerarbeit	V ₁ : Inhalte von Holzbaukästen/Plastikbausortimenten betrachten: — die Einzel-Bauteile spielerisch-experimentierend vergleichen V ₂ : Baumaterialien wie bei V ₁ ; zusätzlich Materialien aus der schulischen Umwelt (Lineal, Buch, Bleistift, Kreiden): — Häuser/Türme möglichst hoch bauen — Tunnel/Brücken möglichst breit bauen V ₃ : Baumaterialien wie bei V ₁ — Aufgabenstellung: Bau einer Kugelbahn, auf der die Kugel (Tischtennisball) möglichst lange rollt — gelenktes, spielerisches Experimentieren
SS-Versuche in Gruppenarbeit oder als SS-Demonstrations- versuch	
<i>IV. Auswertung</i>	
erarbeitendes Lehrverfahren bzw. entdeckendes Lernverfahren	LZ ₁ : Form (Farbe), Gewicht, Aussehen, Oberfläche . . . der einzelnen <i>Bauelemente</i> sind <i>unterschiedlich</i> . — Was ich mit den einzelnen Bauteilen bauen kann, ist (auch) von <i>Form, Gewicht, Oberfläche</i> und <i>Anordnung</i> der Bauelemente abhängig. LZ ₂ : Beim Bau von Türmen/Häusern bzw. Tunnels/ Brücken muß man berücksichtigen: — <i>Form, Gewicht, Oberflächenbeschaffenheit</i> der Bauelemente — <i>Anordnung</i> der Bau„steine“ aneinander/aufeinander — <i>Rutschfestigkeit, Standfestigkeit, Gleichgewicht</i> hängen von vielen <i>Gesetzmäßigkeiten</i> ab. LZ ₃ : Beim Bau einer Kugelbahn muß berücksichtigt werden: — <i>seitliche Begrenzung, Breite der Bahn, Richtungs- änderung (Kurven), Niveausenkung (steil — flach)</i> — bei Bau„fehlern“ rollt die Kugel nicht weiter oder springt aus der Bahn.

Didaktische Intention: Technische Gesetzmäßigkeiten bei spielerischen Bauexperimenten erfassen

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: kindgemäße Umgangserfahrungen als sachorientierte Problemstellung aufgreifen

SS: sich Gedanken über alltägliche Umgangserfahrungen machen

L: Hilfestellung zur experimentellen Planung geben

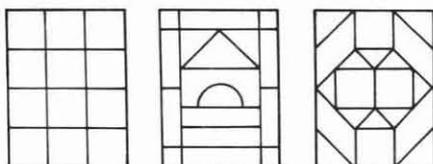
SS: experimentelle Fragestellung und adäquate Versuchsanordnungen vorschlagen

L: — die SS zum Umgang mit den Materialien anregen
 — Beobachtungsaufgaben stellen
 — individuelle Experimentier- bzw. Beobachtungsaufgaben stellen

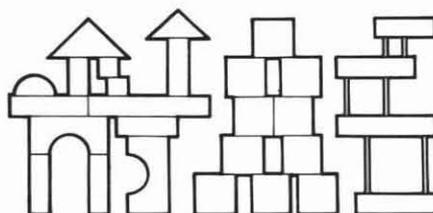
SS: — möglichst vielseitig mit den zur Verfügung gestellten Baumaterialien umgehen
 — gemachte Beobachtungen und Erfahrungen zu verbalisieren versuchen
 — Versuchsreihen planen und durchführen

L: — die Oberbegriffe für die einzelnen Materialeigenschaften anbieten und Eigenschaften zuordnen lassen
 — auf den Zusammenhang zwischen Form, Materialeigenschaften und Funktion hinweisen
 — zur Formulierung von aus den Versuchen ableitbaren Gesetzmäßigkeiten anregen

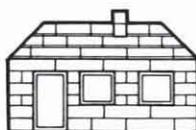
SS: — die einzelnen Bauteile mit unterschiedlichen Materialeigenschaften kennzeichnen
 — die Baumöglichkeiten (Funktion der Materialien) mit den Eigenschaften der einzelnen Materialien in Beziehung setzen
 — Gesetzmäßigkeiten aufgrund der gemachten Erfahrungen ableiten



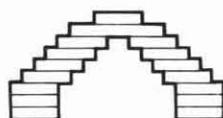
Baukästen und Bausteine



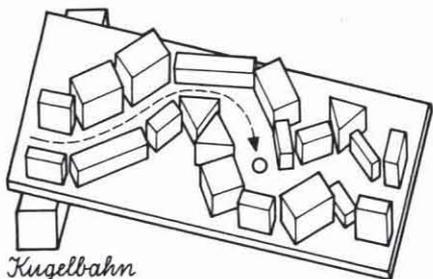
Türme



Häuser



Brücken, Tunnel



Kugelbahn

3.2 Thema: Wie wir aus Herbstlaub Bilder machen können

Empfohlene Jahrgangsstufe: 1—4 Fachbezug: Kunsterziehung/Physik/Chemie/Biologie

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung	
Lehrgespräch bzw. Unterrichtsgespräch	Herbstlaub ist bunt und schön — aber nur für kurze Zeit. Können wir etwas von seiner Schönheit erhalten?
II. Planung	
gelenktes Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen, — wie wir die schönen <i>Formen</i> der Blätter und — wie wir die <i>Farbe</i> der Blätter erhalten können.
III. Durchführung der Experimente	
SS-Versuche in Alleinarbeit	V ₁ : Blätter mit dicker Deckfarbe bestreichen — Tinte mit Schwämmchen auftragen — auf saugfähiges Zeichenpapier legen, ein zweites Papier darüberlegen, das bestrichene Blatt abdrücken — analoge Druck-Versuche auf verschiedenen Ge- weben und Papiersorten — mehrere Abdrücke harmonisch in einem Bild gruppieren
SS-Versuche in Gruppenarbeit	V ₂ : Herbstblätter auf Zeichenblatt legen und mit dünnem Papier bedecken — mit Wachsmalkreiden bei verschiedenem Druck darübermalen V ₃ : Herbstblätter auf Zeichenpapier harmonisch an- ordnen — durch ein Sieb Deckfarbe (flüssig) mit Zahn- bürste „rieseln“ lassen (Farbmischungen) — Herbstblätter sorgfältig abheben V ₄ : Herbstblätter, Laubzweige mit Haarspray besprühen — Laubzweige in Vase stellen (Mischung aus $\frac{1}{3}$ Glycerin und $\frac{2}{3}$ Wasser) — Herbstblätter zwischen klebenden Cellophanfolien möglichst luftdicht einschließen
IV. Auswertung	
L-Demonstrations- versuche gelenktes Unterrichtsgespräch entdeckendes Lernverfahren	LZ _{1/2} : Die aufgestrichene Farbe drückt sich auf das Papier. ab. Wir erhalten eine <i>farbige Reproduktion</i> . — Nicht alle Papiersorten/Gewebearten nehmen Farbe <i>gleichmäßig</i> auf. LZ ₃ : Die Farbe „regnet“ in feinen Tropfen auf jene Teile des Zeichenblattes, die nicht mit Blättern bedeckt sind. — <i>Je feiner der Farbregen, desto genauer die Umrißzeichnung der Blätter.</i> LZ ₄ : Der Haarspray legt sich <i>luftdicht um das Herbstblatt</i> . Er <i>schützt es vor dem Verfaulen</i> . — <i>Die Zweige saugen sich mit dem Gemisch aus Wasser und Glycerin voll und „versteinern“.</i> — Je luftdichter die Folie die Blätter umgibt, desto besser bleibt ihre Farbe erhalten.

Didaktische Intention: Durch bildnerischen experimentellen Umgang mit Herbstblättern grundlegende Gesetzmäßigkeiten der Reproduktion bzw. Konservierung von Stoffen erfassen

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: eine problemorientierte Sach-situation schaffen

SS: sich mit der Problemstellung identifizieren

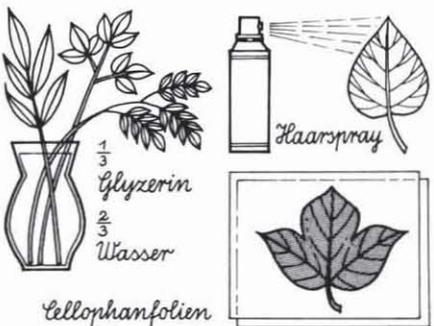
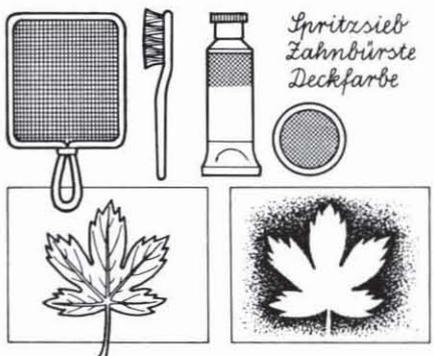
L/SS: mit den SS die Zielsetzung und Erprobungsmöglichkeiten besprechen

L: — den SS Material zur Versuchs-planung und Versuchsdurchführung zur Verfügung stellen
— die SS zur Variation der Experi-mente anregen
— den SS sachliche Hilfestellung zur Erprobung geben

SS: — das bereitgestellte Material problem-und sachgemäß verwenden
— auf die Versuchsergebnisse achten und über unterschiedliche Versuchs-ergebnisse kritisch reflektieren
— Sorgfalt zur Durchführung der Ein-zelarbeiten aufbringen

L: — auf den Zusammenhang zwischen einzelnen Tätigkeiten und der Problemstellung hinweisen
— die Funktion der einzelnen Re-produktions- bzw. Konservierungs-maßnahmen erklären (lassen)
— die Zusammenhänge zwischen Material/Materialverwendung und Konservierungsart aufzeigen

SS: — die Ergebnisse der einzelnen ex-perimentellen Tätigkeiten mit der Problemstellung vergleichen
— den Unterschied zwischen Re-produktion und Konservierung erfassen
— die Abhängigkeit der Konser-vierungsergebnisse vom verwendeten Material und den angewandten Techniken feststellen



3.3 Thema: Wie wir verschiedene Töne erzeugen

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3—4

Fachbezug: Physik/Musik

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung freies bzw. gelenktes Unterrichtsgespräch	Unsere Umgebung ist voller Geräusche. Auch wir selbst erzeugen täglich unterschiedliche Töne und Geräusche. Woran liegt es, daß wir (verschiedene) Töne erzeugen können?
II. Planung Lehrgespräch	Wir untersuchen, — mit welchen Materialien und wie verschiedene Töne/ Geräusche entstehen, — wie hohe und tiefe Töne entstehen, — wie wir uns selbst Musikinstrumente bauen können.
III. Durchführung der Experimente SS-Versuche in Alleinarbeit bzw. in Partnerarbeit SS-Demonstrations- versuche L-Demonstrations- versuche SS-Versuche in Alleinarbeit	V₁: Viele Materialien (Umweltgegenstände, Musikinstrumente): — unterschiedliche Tätigkeiten zur Ton/Geräusch- erzeugung ausführen (reiben, hämmern, schlagen, zerreißen, zerknüllen, anstoßen, zupfen . . .) — Ratespiel, welche Geräusche mit welcher Tätig- keit erzeugt werden V₂: Trommel, Waschpulvertonne durch Beklopfen, Gitarresaiten durch Zupfen, Weinglas durch leichtes Anschlagen mit Löffel zum „Tönen“ bringen — Glas mit Wasser füllen, langsam verringern — jeweils mit Löffel anstoßen — Draht/Gummiband über Leiste spannen und zupfen — Abstand zwischen Leiste und Spann-Enden verringern V₃: Aus Umweltmaterialien Musikinstrumente basteln — Joghurtbecher mit Fuß (Loch hineinbohren) z. B. als Trompetenmundstück verwenden — Karton/Plastikröhrchen als Tonröhren verwenden — Tonexperimente durchführen, auch durch Ein- bohren von Löchern in Röhren
IV. Auswertung gelenktes Unterrichtsgespräch erarbeitendes Verfahren Lehrerinformationen	LZ₁: <i>Geräusche/Töne</i> können mit <i>verschiedenen Materialien</i> und mit <i>unterschiedlichen Tätigkeiten</i> erzeugt werden. — Die Materialien, auf denen Geräusche/Töne erzeugt werden, heißen <i>Klangkörper</i> . LZ₂: Trommel, Gitarre, Weinglas sind Klangkörper, die durch <i>Anschlag in Schwingungen</i> versetzt werden. <i>Schwingungen erzeugen Geräusche/Töne: einen Schall.</i> — Mit einem <i>langen Band</i> entstehen <i>tiefe Töne</i> ; mit einem <i>kurzen Band</i> entstehen <i>hohe Töne</i> . — Je weniger Flüssigkeit — je mehr Luft im Glas ist, desto höher wird der Ton. LZ₃: Töne entstehen durch Schwingungen der <i>Luftsäule</i> <i>im Instrument</i> . — Die <i>Tonhöhe</i> hängt von Lippenspannung und Rohrlänge ab. — Die <i>Tonqualität</i> hängt u. a. vom Material des Klangkörpers ab.

Didaktische Intention : Durch spielerisches Experimentieren und experimentierendes Lernen musikalisch-physikalische Grunderfahrungen machen

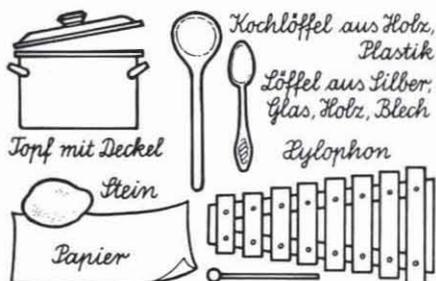
Lehr-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Lern-Aktivitäten

Medien

L: Impulse zum Hinterfragen alltäglicher Erfahrungen geben



SS: die Problemstellung motivational und sachlich erfassen

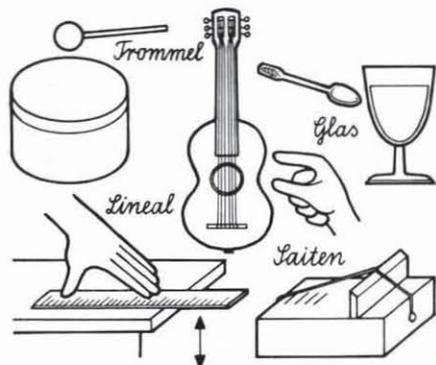
L/SS: die SS-Vermutungen zur Formulierung von experiment-bezogenen Untersuchungsfragen hinlenken

L: — die SS zur Geräusch/Tonerzeugung auffordern
— Hilfestellung zum genauen Hinhören und Vergleichen der erzeugten Schallprodukte geben
— Klanginstrumente zur Verfügung stellen

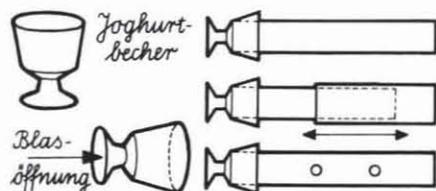


SS: — die bereitgestellten Experimentiermaterialien vielseitig verwenden und weitere Materialien dazusuchen
— theoretische bzw. praktische Vorschläge zur Schallerzeugung machen
— Aufgabenstellungen zum richtigen Hinhören formulieren

L: — Hilfestellung zur gedanklichen Verarbeitung der gemachten Erfahrungen geben
— die SS zum präzisen Verbalisieren anregen
— Einzelwissen in größere Zusammenhänge einordnen



SS: — Zusammenhänge zwischen den eigenen Erklärungen und den L-Informationen herstellen
— die gemachten Erfahrungen sachangemessen verbalisieren
— Vergleiche zwischen den im Unterricht gemachten Erfahrungen bzw. gewonnenen Einsichten und dem vorher vorhandenen Wissen bzw. Alltagswissen herstellen



3.4 Thema: Wir basteln eine Puppe, die sich — wie wir — gut bewegen, die stehen und sitzen kann

Empfohlene Jahrgangsstufe: 2—4

Fachbezug: Biologie/Technik/Menschenkunde

Experimentelle
Lehr-Lern-Strategie
Unterrichtsformen

Lehr-Inhalte
Lern-Ziele

I. Fragestellung

Gelegenheitsunterricht
oder
Unterrichtsgespräch

Es gibt verschiedene Puppen und Spielfiguren. Mit allen kann man spielen, aber Bewegungen, wie wir Menschen sie machen, kann man nur mit ganz bestimmten Puppen ausführen. Wie sind diese Puppen gebaut?

II. Planung

Gelenktes
Unterrichtsgespräch

Wir untersuchen,
— warum Puppen beweglich sind,
— warum Puppen (wie wir) stehen können,
— warum Puppen (wie wir) sitzen können.

III. Durchführung der Experimente

SS-Versuche
in Alleinarbeit

V1: SS spielen mit mitgebrachten Puppen, sie sortieren aus einem Angebot jene Materialien aus, die man zum Puppenbasteln verwenden kann

- ordnen Puppen/Spielfiguren nach beweglich — nicht beweglich/starr (Stoffpuppe — Hartplastikpuppe)
- sortieren jene Materialien aus, die dann an der fertig gebastelten Puppe beweglich sind (Stoff, Rumpf, Arm . . .)

SS-Demonstrations-
versuche

V2: Aus Puppen/Spielfiguren jene auswählen, die stehen können
— versuchen, einer ohne Rückhalt umfallenden Stoffpuppe (Kasperlfigur) ein „Gerüst“ (Skelett) einzubauen (mit Lineal als Mittelstück, Draht für 4 Extremitäten, Holz/Plastikstäbe)

SS-Versuche
in Partnerarbeit

V3: Aus Puppen/Spielfiguren jene aussortieren, die sitzen können
— versuchen, eine Stoffpuppe so zu verändern, daß sie selbständig sitzen kann: mit Drahtverbindungen in das „Gerüst“ Gelenke einbauen (aus Plastilin-kugeln, Gummikugeln . . .)
— analog zwischen Armen und Rumpf

IV. Auswertung

impulsgebendes
Lehrverfahren

LZ1: Zum Basteln von Puppen/Spielfiguren kann man viele Materialien verwenden.

- Soll sich die Puppe/Spielfigur bewegen können, muß man *biegsame Stoffe* verwenden.

LZ2: Puppen/Spielfiguren aus *verschiedenen Materialien sind unterschiedlich beweglich*, z. B. die Stoffpuppe ist biegsamer als die Gummipuppe.

- Wenn wir ein *Gerüst* („Skelett“) einbauen, hat die Stoffpuppe *Halt und Stütze*.

LZ3: Vom Stehen zum Sitzen (ohne anzulehnen) können nur jene Puppen gebracht werden, die zwischen Rumpf und Beinen *Gelenke* haben.

- Wie in unserem Körper müssen bei der Puppe/ Spielfigur *zwischen allen unabhängig voneinander beweglichen Teilen Gelenke* eingebaut werden.

Didaktische Intention: Durch Basteln einer Puppe biologische Gesetzmäßigkeiten des menschlichen Körperbaues erfassen

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: die SS zum Vergleich der Bewegungsmöglichkeiten von Puppen/Spielfiguren und dem Menschen anregen

SS: Vergleiche anstellen und die Problemstellung erfassen

L: zur Formulierung präziser Fragestellungen auffordern

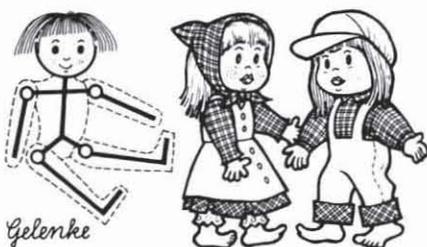
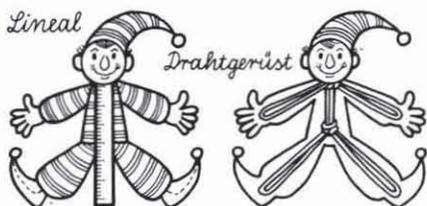
SS: mit dem L zusammen Frageaspekte zum Sachproblem formulieren

L: — eine Materialsammlung bereitstellen
— zum Umgang mit den Puppen/Spielfiguren bzw. den Materialien Aufgaben stellen
— jeweils neu auf den Zusammenhang zwischen erprobendem Umgang und Aufgabenstellung hinweisen

SS: — problemgemäß mit den Materialien umgehen
— Variationsmöglichkeiten der Lösungsversuche für die Aufgabenstellung erfinden
— die eigenen Lösungsversuche kritisch mit der Aufgabenstellung vergleichen

L: — die Erprobungsaufgabe mit den Erprobungsergebnissen vergleichen lassen
— den Zusammenhang zwischen Materialeigenschaften und Funktionseigenschaften herstellen lassen
— biologische Fachbegriffe anbieten

SS: — die Erprobungsergebnisse kritisch im Hinblick auf die Aufgabenstellung überdenken
— Materialeigenschaften für die Funktion „biegsam“, „beweglich“ aufzählen können
— die Analogie zwischen der Körperbauweise des Menschen und den Spielfiguren erfassen



3.5 Thema: Wie wir beim Spielen mit Magneten die geheimnisvollen Kräfte des Magneten feststellen können

Empfohlene Jahrgangsstufe: 2–4

Fachbezug: Physik/Magnetismus

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung Unterrichtsgespräch Gelegenheitsunterricht	Es gibt Spielzeug, das sich beim Spielen seltsam verhält, z. B. Tierfiguren, die aneinander haften bleiben. Warum können sich Gegenstände gegenseitig anziehen oder aneinander haften bleiben und warum geht das bei anderen Gegenständen wiederum nicht?
II. Planung Lehrgespräch —	Wir untersuchen, — warum verschiedene Gegenstände voneinander angezogen werden, — welche Gegenstände (aus welchen Stoffen oder wie besonders beschaffen) sich anziehen und welche nicht, — warum Gegenstände auch durch andere Stoffe hindurch bewegt werden können.
III. Durchführung der Experimente Versuchsmaterialien bereitstellen (vom L vorbereitet) SS-Versuche in Alleinarbeit L-Demonstrationsversuch SS-Versuche in Partnerarbeit	V ₁ : Verschiedene Materialien und eine Anzahl von Magneten handelnd-experimentierend miteinander in Verbindung bringen — freie SS-Experimente mit dem zur Verfügung gestellten Material V ₂ : Eisennägel auf verschiedenartiges Material legen (Glasplatte, Holzbrettchen, Pappkarton, Kunststoffolie); erproben, ob die Magnetkraft durch diese Stoffe hindurchwirkt und die Eisennägel bewegt — Schiffchen, mit Eisennägeln gefüllt (oder aus Blechteilen gebaut), in einer mit Wasser gefüllten Glaswanne von oben — von unten her fortzubewegen versuchen V ₃ : Verschiedene Stab- und Hufeisenmagnete in unterschiedliche Stellung zueinander bringen und die beobachteten Wirkungen überprüfen
IV. Auswertung Unterrichtsgespräch L-Informationsdarbietung	LZ ₁ : Magnete können nur Gegenstände aus ganz bestimmten Stoffen anziehen oder festhalten. — Nicht alle Magnete haben an allen Stellen gleich viel Kraft. — Die <i>starken Enden der Magnete heißen Pole</i> . LZ ₂ : <i>Magnete können bestimmte Gegenstände, und zwar Gegenstände, die mit Eisen (teilen) verarbeitet sind, mit großer Kraft anziehen.</i> — Die Magnetkraft dringt auch durch andere Stoffe hindurch, ausgenommen durch Eisen. — Der Magnet besitzt eine <i>Fernkraft</i> . LZ ₃ : Der Magnet kann auch <i>Gegenstände abstoßen</i> . — Beim Stabmagneten z.B. reagieren die beiden Enden, die Pole heißen, unterschiedlich. — Jeder Magnet hat 2 verschiedene Pole. — <i>Gleiche Pole stoßen sich ab. Ungleiche Pole ziehen sich an.</i>

3.6 Thema: Experimente mit dem (Regen)Schirm — was wir dabei über die Luft erfahren

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3—4

Fachbezug: Physik/Technik

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
<i>I. Fragestellung</i> freies bzw. gelenktes Unterrichtsgespräch	Wir verwenden Schirme im Winter und im Sommer, zum Abhalten von Sonne und Regen, aber auch zu anderen Zwecken. Warum verwenden die Menschen den Schirm auch als Fallschirm?
<i>II. Planung</i> Impulsunterricht	Wir untersuchen, wie sich Schirm und Luft zueinander verhalten, — wenn der Schirm geschlossen ist, — wenn der Schirm aufgespannt ist.
<i>III. Durchführung der Experimente</i> SS-Demonstrations- versuche bzw. L-Demonstrations- versuche	V ₁ : Verschiedene Schirme: Regenschirm, Sonnenschirm, Papierschirmchen auf dem Eisbecher, Fallschirm — im Original bewegen, fallen lassen und auf Fotos (in Funktion) betrachten — aufgespannt — zusammengefalzt V ₂ : Zeitungen, Taschentücher, Geschirrtücher, Seidenpapier, Schmuckpapier zu Boden fallen lassen — in verschiedene Größen (Flächen) gefaltet — zusammengeknüllt (auf möglichst kleinen Raum) V ₃ : Mit einem Pappkarton — längs/quer — ihn vor den Körper haltend — gehen, laufen, schnell gehen, Roller fahren mit einem Regenschirm — aufgespannt/geschlossen — ihn vor den Körper haltend — gehen, schnell gehen, laufen, Roller fahren
<i>IV. Auswertung</i> impulsgebendes Lehrverfahren L-Informationen	LZ ₁ : — Der aufgespannte Schirm fällt langsamer zu Boden als der zusammengelegte Schirm. — Der <i>aufgespannt fallende Schirm muß mehr Luft (-Teilchen) zur Seite drücken als der auf engen Raum zusammengelegte Schirm</i> (Fallschirmspringen). LZ ₂ : Beim Vergleich (Zeit messen) von ausgebreitet und zusammengeknüllt fallendem Papier ist die Fallgeschwindigkeit unterschiedlich. — <i>Je größer die Fläche, desto langsamer fällt das Papier zu Boden</i> , weil dann die zu überwindende Luftmenge größer ist und stärker bremst. — Je geringer . . . , desto schneller . . . , weil . . . LZ ₃ : Beim aufgespannten Schirm und beim quer vor den Körper gehaltenen Karton muß mehr Luft weggedrückt werden; der <i>Luftwiderstand</i> und damit die <i>Bremswirkung</i> sind größer. — Der Mensch nutzt diese Gesetzmäßigkeit aus, wenn er Autos, Flugzeuge nach der sogenannten <i>Stromlinienform</i> baut.

Didaktische Intention: Zusammenhänge zwischen physikalischen Gesetzmäßigkeiten und (technischen) Gegebenheiten aus der menschlichen Alltagswelt erkennen

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: eine Problemsituation schaffen

SS: zum Hinterfragen alltäglicher Gegebenheiten bereit sein



Sonnenschirm Regenschirm

L: zur Formulierung von Problemfragen Hilfestellung geben

SS: Problemfragen gemäß den eigenen Erfahrungen formulieren

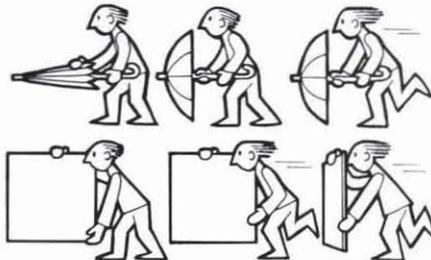


Fallschirm Eisschirmchen

L: — mögliche experimentelle Organisationsformen anbieten
 — die benötigten Versuchsmaterialien bereitstellen
 — zur Formulierung von Beobachtungsaufgaben Hilfestellung geben



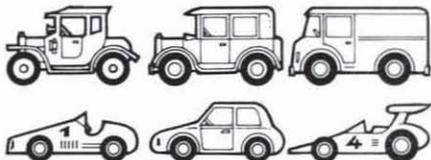
SS: — Arbeitsaufträge zur Versuchsdurchführung ausführen
 — bei der Versuchsdurchführung jeweils neue Variablen einbringen
 — auf sorgfältige Verbalisierung der gemachten Beobachtungen/Erfahrungen achten



L: — Hilfestellung zur sprachlichen Wiedergabe der gemachten Erfahrungen geben
 — individuelle Erkenntnishilfen geben
 — Einzelerkenntnisse der SS in größere Wissenszusammenhänge einordnen



SS: — die gemachten Erfahrungen möglichst präzise formulieren
 — möglichst variable Erklärungsversuche formulieren
 — die fachlichen Erklärungsmodelle mit den eigenen Erklärungsweisen in Zusammenhang bringen



3.7 Thema: Wir zerlegen unsere Taschenlampe und bauen sie wieder richtig zusammen

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3—4

Fachbezug: Physik/Elektrizität/Technik

Experimentelle
Lehr-Lern-Strategie
Unterrichtsformen

Lehr-Inhalte
Lern-Ziele

I. Fragestellung Unterrichtsgespräch bzw. Lehrgespräch	Kinder zerlegen gern alle möglichen Gegenstände. Können wir z. B. eine Taschenlampe zerlegen und wieder so zusammenbauen, daß sie beim Einschalten leuchtet?
II. Planung Lehrgespräch	Wir untersuchen, — aus welchen Einzelteilen eine Taschenlampe besteht, — wie die einzelnen Teile richtig zusammengehören, — was in der Taschenlampe geschieht, wenn wir den Schalter betätigen.
III. Durchführung der Experimente aufgebendes Lehrverfahren	V ₁ : Taschenlampe (verschiedene Ausführungen) in ihre Aufbauteile zerlegen — unter den verschiedenen Formen bzw. Größen der Einzelteile eine sachgemäße Einteilung/Zuordnung treffen
SS-Versuche in Alleinarbeit bzw. Gruppenarbeit	V ₂ : Aus den Einzelteilen die Taschenlampe wieder so zusammenbauen, daß sie beim Ein- und Ausschalten funktioniert V ₃ : Verschiedene Stellungen und Berührungspunkte zwischen Batterie und Glühbirne erfinden — jeweils beobachten, ob das Birnchen leuchtet — Birnchen und Polblech der Batterie mit verschiedenen Stoffen verbinden
IV. Auswertung Unterrichtsgespräch als entwickelndes Verfahren	LZ ₁ : Die Taschenlampe kann man in Einzelteile zerlegen, ohne daß diese zerstört werden. <i>Jede Taschenlampe hat 6 ähnliche Aufbauteile:</i> Gehäuse, Scheinwerfer, Glühbirne, Batterie, Deckel, Schalter. LZ ₂ : Sind die einzelnen Teile in einer ganz bestimmten Anordnung zusammengebaut, „funktioniert“ die Taschenlampe, d. h. — das Birnchen leuchtet beim Einschalten auf, — die Stellung der Batterie(teile) ist dabei besonders wichtig. LZ ₃ : Das Glühbirnchen leuchtet, wenn die beiden Pole der Batterie mit der metallenen Fassung der Glühbirne verbunden sind; dann liefert die Batterie den Strom für das Licht. — Wenn Glas, Gummi, Papier, Porzellan, Wolle dazwischen sind, leuchtet das Birnchen beim Einschalten nicht auf. — Beim Einschalten der Taschenlampe wird der Stromkreis zwischen Batterie und Glühbirne geschlossen — beim Ausschalten unterbrochen.

Didaktische Intention: Den Zusammenhang zwischen Bau und Funktion technischer Umweltgegenstände erfassen

Lehr-Aktivitäten

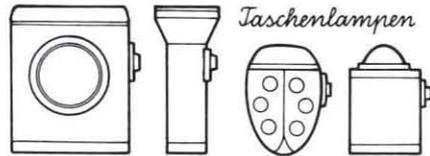
Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

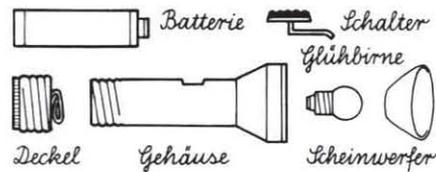
L: eine Erlebnissituation aus der kindlichen Erfahrungswelt als Sachsituation aufgreifen

SS: sich mit der Aufgabenstellung identifizieren



L/SS: die Vorgehensweise besprechen

L: — Taschenlampen verschiedener Ausführung mitbringen (lassen)
 — zum sachgemäßen Zerlegen bzw. Zusammenbauen der Einzelteile anhalten
 — individuelle Hilfen geben



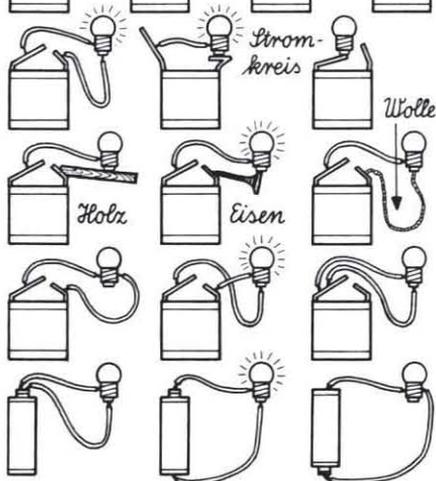
SS: — Taschenlampe gemäß dem Arbeitsauftrag zerlegen
 — Bezeichnungen für die einzelnen Teile finden (nennen)



L: — zum Verbalisieren der einzelnen Tätigkeiten auffordern
 — Fachbegriffe anbieten
 — die Unterschiede zwischen dem veränderbaren Aussehen und der nicht veränderbaren Funktion feststellen (lassen)
 — Zusammenhänge zwischen Zuordnung und Funktion der Einzelteile beschreiben



SS: — die Fachbegriffe richtig verwenden
 — möglichst viele Variationen bei den „Leucht“-Versuchen durchführen
 — aus den Beobachtungen bzw. aus den experimentellen Aktivitäten logische Schlußfolgerungen ziehen



3.8 Thema: Wir untersuchen, wie sich Bohnensamen am besten zu einer Bohnenpflanze entwickeln können

Empfohlene Jahrgangsstufe: 2–4

Fachbezug: Biologie/Ökologie

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung Gelegenheitsunterricht	Was macht der Bohnensamen in der Erde? Was macht der Bohnensamen, wenn er anfängt zu wachsen? Unter welchen Bedingungen wächst er am besten zu einer Bohnenpflanze heran? Gibt es große Unterschiede im Wachstum?
II. Planung erarbeitendes Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen, — was Bohnensamen brauchen (wovon es abhängig ist), um keimen zu können, — was Bohnensamen brauchen, um sich zu einer großen Bohnenpflanze zu entwickeln (um zu wachsen).
III. Durchführung der Experimente Ansetzen der Langzeitbeobachtung in Einzelarbeit bzw. Partnerarbeit bzw. Gruppenarbeit analog: Betreuung bzw. Beobachtung der Langzeitversuche	Langzeitversuche — Langzeitbeobachtung (etwa 30 Tage) (Bohnsamen regelmäßig gießen) V ₁ : Trockenen und gequollenen Bohnensamen in je zwei Blumentöpfe, mit Gartenerde gefüllt, legen — auf die (sonnenbestrahlte) Fensterbank stellen — in den Kühlschrank stellen V ₂ : Bohnensamen zwischen trockene — feucht gehaltene Löschpapierblätter legen V ₃ : Bohnensamen in mit Gartenerde gefüllten Blumentopf legen — mit Plastikfolie luftdicht umwickeln V ₄ : wie bei V ₃ — über Blumentopf eine Schachtel stülpen V ₅ : Bohnensamen in ein Glas legen, Wasser darüber gießen — Bohnensamen in Blumentöpfe mit Kies, Sand und Erde legen, gleichmäßig gießen
IV. Auswertung Partnergespräche Gruppenarbeit gelenktes Unterrichtsgespräch als Auswertung der Langzeitbeobachtung	LZ ₁ : Bohnensamen, die <i>Wärme</i> haben, keimen nach einigen Tagen. Bohnensamen, die keine <i>Wärme (Kälte)</i> haben, keimen langsam (. . . Tage) oder überhaupt nicht. LZ ₂ : Bohnensamen ohne <i>Wasser</i> keimen nicht. LZ ₃ : Bohnensamen ohne <i>Luft</i> wachsen nicht. LZ ₄ : Bohnensamen ohne <i>Licht</i> keimen und wachsen heran, gehen aber nach 2–3 Wochen zugrunde. LZ ₅ : Bohnensamen keimen im Wasserglas und im Sandtopf. Es wächst ein Jungpflänzchen heran, stirbt aber ab, wenn alle <i>Nährstoffe</i> aus den Keimblättern entnommen sind. Es fehlt weitere Nahrung, z. B. aus der Gartenerde. Zusammenfassung der Einzelerkenntnisse: <i>Eine Pflanze gedeiht längere Zeit nur dann, wenn sie genügend Erde (Nährstoffe), Wasser, Licht, Luft und Wärme zum Leben hat.</i>

Didaktische Intention: Biologische Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten bei der Durchführung einer Langzeitbeobachtung erkennen

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: im Anschluß an eine alltägliche Situation die SS zum Staunen anregen

SS: Vermutungen anstellen und das eigene Wissen als nicht ausreichend zur Erklärung erfassen

L: die SS-Vermutungen auf sachgemessene Problemfragen hinführen

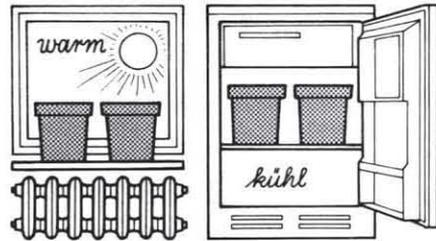
SS: mögliche Vorgehensweisen bei der Versuchsplanung unterscheiden

- L: — Materialien zur Versuchsplanung bereitstellen
- zum Anlegen einer Beobachtungstabelle (Einzelversuche — Zeitplanung) Hilfestellung geben
- die Langzeitbeobachtung durch die SS kontrollieren lassen

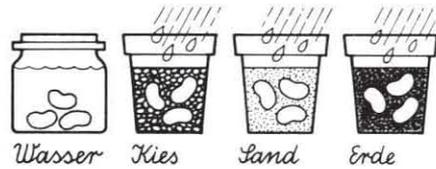
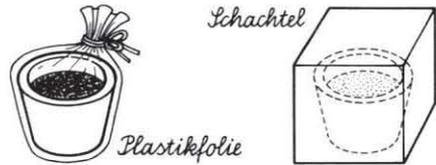
- SS: — die bereitgestellten Materialien zum Ansetzen problemgemäßer Einzelversuche verwenden
- eine sachgerechte Beobachtungstabelle anlegen und ausfüllen
- die Langzeitbeobachtung: Pflanzenbetreuung und Datenerfassung sorgfältig durchführen

- L: — zum Anfertigen von Skizzen und Sachzeichnungen anhalten
- die SS zum richtigen Schlußfolgern aus den Ergebnissen der Langzeitbeobachtung anregen
- die SS-Vermutungen mit den Beobachtungen aus der Langzeitversuchsreihe vergleichen lassen

- SS: — eigene Erklärungsversuche mit sachlichen L-Informationen vergleichen
- aus der Versuchsreihe Erkenntnisse ableiten und Merksätze formulieren
- Erfassen, daß biologische Vorgänge und Gesetzmäßigkeiten nicht durch einen Kurz-Zeitversuch festgestellt werden können



1. Tag	
2. Tag	
3. Tag	



3.9 Thema: Wir untersuchen, welche Gegenstände auf dem Wasser schwimmen und welche sinken

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3–4

Fachbezug: Physik

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung Lehrgespräch	Es gibt Gegenstände, die auf dem Wasser schwimmen. Es gibt Gegenstände, die im Wasser versinken. Woran liegt das?
II. Planung gelenktes Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen, woran es liegt, daß Gegenstände schwimmen oder sinken: — am Stoff, aus dem sie sind? — an ihrem Gewicht? — an ihrer Form?
III. Durchführung der Experimente	
SS-Versuche in Gruppenarbeit	V ₁ : Gegenstände aus verschiedenen Materialien und in verschiedenen Größen (Gewicht) — vorsichtig auf die Wasseroberfläche legen — in das Wasser werfen — unter das Wasser drücken
SS-Versuche in Gruppenarbeit	V ₂ : Mit Gegenständen, die auf dem Wasser schwimmen, weitere Versuche anstellen — Blechdose, Joghurtbecher, Flasche: mit dem „Boden“ auf das Wasser legen — schräg oder mit offenem Rand nach unten in das Wasser bringen — ein Loch in die Gegenstände bohren — in einen Joghurtbecher so lange Spielkugeln einfüllen, bis er sinkt — Plastilinkugel zu dünnwandigen Schälchen formen — mit verschiedenen Schiffsmodellen aus Plastilin, Holz, Styropor experimentieren
SS-Demonstrationsversuche bzw. L-Demonstrationsversuche	V ₃ : Gummi(hohl)ball und ledernen Fußball auf das Wasser legen — Gummiball unter die Wasseroberfläche drücken — mit Gegenständen verschiedenen Gewichts analoge Versuche durchführen
IV. Auswertung gelenktes Unterrichtsgespräch	LZ ₁ : Ein Teil der Gegenstände <i>sinkt</i> , der andere <i>schwimmt</i> . LZ ₂ : Dosen, Flaschen usw. (Gegenstände mit Hohlraum) können <i>schwimmen</i> , wenn sie <i>wasserdicht</i> und <i>nicht zu schwer</i> sind. — Je größer der <i>Hohlraum</i> des Gefäßes oder des Schiffes ist, desto weniger taucht es in das Wasser ein. LZ ₃ : Der schwere Fußball sinkt, der leichte Gummiball schwimmt. — Wenn wir den leichten Gummiball unter die Wasseroberfläche drücken, müssen wir Kraft anwenden, weil das <i>Wasser dagegendrückt</i> . — <i>Ein Körper sinkt, wenn seine Gewichtskraft größer ist als die Auftriebskraft des Wassers.</i> — <i>Ein Körper schwebt, wenn seine Gewichtskraft genauso groß ist wie die Auftriebskraft des Wassers.</i> — <i>Ein Körper schwimmt, wenn seine Gewichtskraft geringer ist als die Auftriebskraft des Wassers.</i>

3.10 Thema: Wir basteln eine Blumenpresse

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3—4

Fachbezug: Physik/Biologie

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung	
Unterrichtsgespräch Gelegenheitsunterricht	Im Sommer können wir Blumen und Gräser pflücken und uns daran freuen — bis sie welken. Gibt es Möglichkeiten, Pflanzen so aufzubewahren, daß ihre Schönheit erhalten bleibt? Welche?
II. Planung	
gelenktes Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen, — welche Möglichkeiten gibt es, Blumen den Winter über aufzubewahren (z. B. trocknen, mit Folien luftdicht umkleben ...), — wie eine Blumenpresse zum Trocknen der Pflanzen richtig gebaut werden muß.
III. Durchführung der Experimente	
Versuche in Gruppenarbeit	V ₁ : Gräser, Blumen mit verschiedenen Hilfsmitteln so zu pressen versuchen, daß sie möglichst schnell und gleichmäßig trocknen — verschiedene Preß-Materialien und verschiedene Preß-Arten ausprobieren
SS-Versuche in Partnerarbeit	V ₂ : Aus verschiedenen Materialien (Holzbretter, Karton, Papier ...) Preß-Vorrichtungen in unterschiedlichen Ausführungen erfinden — dabei neben dem Materialaspekt den technischen Aspekt berücksichtigen
L-Demonstrations- versuch bzw. SS-(Demonstrations)- Versuche	V ₃ : Eine sachgerechte Pflanzenpresse durch Auswertung der bisher gemachten Erfahrungen — gegebenenfalls durch L-Anleitung — zusammenbauen und Preß-Versuche (Zeit-, Druck-, Mengen-Variablen) durchführen
IV. Auswertung	
Gruppengespräch	LZ ₁ : Nicht alle Materialien eignen sich gleich gut zum Pressen und Trocknen von Blumen. — Die Pflanzen müssen einem <i>gleichmäßigen Druck</i> (auf alle Pflanzenteile) <i>zwischen saugfähigen Materialien</i> ausgesetzt sein.
Unterrichtsgespräch mit Auswertung der in Partnerarbeit gesammelten Erfahrungen	LZ ₂ : Es ist praktisch und erfordert wenig Platz und Zeit, wenn man eine eigene Pflanzenpresse hat. — Die Preßplatten dürfen <i>nicht uneben und nicht zu hart</i> sein. Sie sollen eine saugfähige Innenschicht haben. LZ ₃ : Dicke Papierpolster (Zeitungen, Fließpapier ...) auf der Innenseite der hölzernen (harten) Preßplatten gewährleisten die <i>beim Pressen notwendige Nachgiebigkeit und Gleichmäßigkeit</i> . — Die beiden Preßplatten werden zweckmäßig durch Schraubzwingen zusammengehalten. Sie dürfen aber nicht zu stark angezogen werden, damit sich die Mitte des Brettes nicht ausbeult (ungleichmäßiger Druck).

Didaktische Intention: Technische Grundfertigkeiten beim Bau einer Blumenpresse erlernen

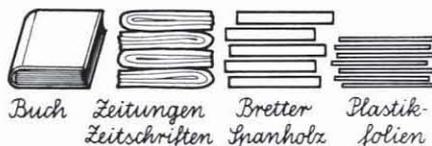
Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

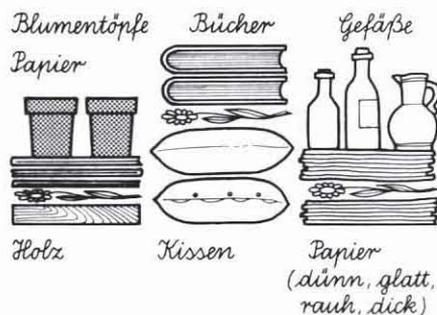
Medien

L: Sachverhalt aus der Alltagserfahrung als Problemstellung anbieten



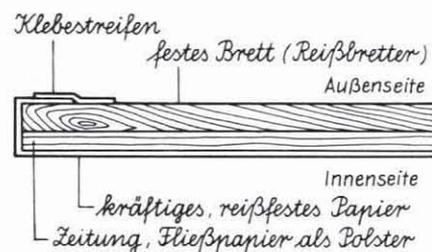
SS: problemorientierte Sachüberlegungen anstellen

L/SS: Möglichkeiten für die Anfertigung einer Blumenpresse überlegen



L: — die SS zur Variation der Preßvorrichtungen und Preßzeiten anregen
— Hilfestellung zur Verbalisierung der Variablen bei den Preßvorgängen bzw. Preßvorrichtungen geben
— technische Hilfestellung (Schraubzwingen) anbieten

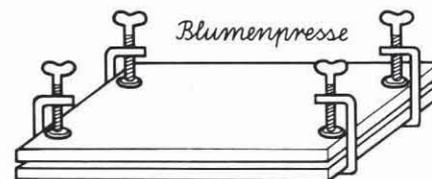
SS: — die Preßvorrichtungen so oft wie möglich variieren
— auf sorgfältiges Einlegen der Blumen in die Preßvorrichtung achten
— technisch unterschiedliche Vorgehensweisen auf ihre Wirksamkeit hin überprüfen



L: — die SS zum Erklären der Versuchsergebnisse anleiten
— die SS zum Vergleich der Einzelexperimente anregen
— anhand der gebauten Blumenpresse die Zweckmäßigkeit technischer Einrichtungen exemplarisch erläutern



SS: — Zusammenhänge zwischen Vermutungen und Versuchsergebnissen herstellen
— die Unterschiede in den Versuchsergebnissen genau formulieren
— technische Gesetzmäßigkeiten bei Druckvorrichtungen am Beispiel der Blumenpresse erfassen



IV. Kapitel

„Alles, was im Subjekt ist, ist im Objekt und noch etwas mehr.
Alles, was im Objekt ist, ist im Subjekt und noch etwas mehr.
Wir sind auf doppelte Weise geborgen oder verloren: Gestehen
wir dem Objekt sein Mehr zu, pochen wir auf unser Subjekt.“

Johann Wolfgang von Goethe

Das Experiment im Dienste der Umweltorientierung des grundlegenden Sachunterrichts

1. Die Umweltorientierung als Zielvorstellung des grundlegenden Sachunterrichts

Umweltkompetenz
als Leitziel des
Unterrichts

Die Vermittlung von *Umweltkompetenz* war und ist ein elementares Anliegen des Unterrichts und in spezifischer Weise des grundlegenden Sachunterrichts. Das Kind soll durch Erziehung und Unterricht befähigt werden, sich selbst in seiner Welt zurechtzufinden, d. h. sich, seine Mitwelt und seine Umwelt zu verstehen, und es soll sich umweltgerecht verhalten können. Durch den Unterricht sollen die Erscheinungen der Umwelt dem Kind durchschaubar, begreiflich und verständlich gemacht werden, damit es sich in „seiner“ Welt wohlfühlen und zurechtfinden kann.

Umweltorientierung
als „altes“ didak-
tisches Prinzip des
Sachunterrichts

Das didaktische Prinzip der Umweltorientierung des Unterrichts wurde in dieser *allgemeinen* inhaltlichen Bestimmung von den unterschiedlichsten didaktischen Konzeptionen des Schulunterrichts und des grundlegenden Sachunterrichts *schon immer* intendiert. Differenzen, ja sogar gegensätzliche Auffassungen traten bei der näheren inhaltlichen Bestimmung bzw. der Operationalisierung dieses Leitzieles auf.

Nicht nur die Sichtweise des *Kindes in seiner Umwelt*, vielmehr auch die Sichtweise des *Kindes selbst* war im Lauf der Geschichte der Pädagogik recht unterschiedlich bestimmt und ausgeprägt (vgl. u. a. *Aries, Ph.*: Geschichte der Kindheit. München/Wien 1975² (orig. Paris 1960); *Dietrich, Th.* (Hrsg.): Die pädagogische Bewegung „vom Kinde aus“. Bad Heilbrunn 1963; *Gläß, Th.* (Bearb.): Pädagogik vom Kinde aus. 1963²; *Burk* 1976). Die unterschiedliche Betrachtung des Kindes und demgemäß seiner (Um-)Welt bestimmt auch die jeweiligen Intentionen und Methoden für den Sachunterricht als Unterrichtsfach, der Kind und Welt miteinander verbinden soll, entscheidend mit (vgl. *Dolch* 1971³; *Gümbel/Messer/Thiel* 1977, S. 17 u. a.).

Seit den ersten Grundschulrichtlinien von 1921 ist die *Umwelt* oder die „nähere Erfahrungswelt des Kindes“ als *Grundlage und Zielbereich des Unterrichts* definitiv festgelegt worden. Die geistige Durchdringung, Klärung und Ordnung der Umweltgegebenheiten waren im *heimatkundlichen Gesamtunterricht* mit dem Ziel der Erziehung zur Heimatverbundenheit gekoppelt.

Umwelt als Grundlage und Zielbereich des Unterrichts

Die vom Kind erlebte Umwelt ist auch Ausgangspunkt und Unterrichtsgegenstand des den heimatkundlichen Gesamtunterricht ablösenden *Sachunterrichts*, der als didaktisch eigenständiges Unterrichtsfach in der Grundschule erstmals in den niedersächsischen Richtlinien von 1962 verankert wurde (vgl. Richtlinien für die Volksschulen des Landes Niedersachsen. Hannover 1962).

Aber in dieser curricularen Konzeption gibt das jeweilige Sachthema nicht wie im heimatkundlichen Gesamtunterricht den thematischen Rahmen für die Inhalte der Schulfächer, sondern ist „ein eigenständiger Unterrichtsinhalt, der planmäßig den Kindern erschlossen wird“ (*Neuhaus* 1974, S. 219). Die *sachgemäße* Erschließung der Umwelt, die bis heute das Prinzip der Umweltorientierung inhaltlich bestimmt, wurde als Aufgabe eines *eigenständigen* Unterrichtsfaches festgelegt.

sachgemäße Umwelterschließung

Seit den sechziger Jahren zeichnet sich in der Bundesrepublik Deutschland innerhalb der Konzeption für den grundlegenden Sachunterricht immer stärker die *Tendenz* ab, das Verständnis der Umweltorientierung durch eine primär *wissenschafts- bzw. gesellschaftsorientierte Auffassungsweise* zu bestimmen. Dem erweiterten Erfahrungsraum des Kindes soll nicht nur eine quantitative, sondern auch eine qualitative Erweiterung des Stoffkanons entsprechen. Naturwissenschaftliche, technische, wirtschaftliche, sozialkundliche und politische Sachverhalte und Fragestellungen bestimmen immer mehr die moderne Lebenswelt und nehmen auch schon in der kindlichen Umwelterfahrung einen bedeutenden Stellenwert ein. Nicht nur *neue Inhalte*, auch *neue „sach- und fachbezogene“ Arbeitsweisen* hat der Unterricht deshalb zu vermitteln, wenn er das Sich-Zurechtfinden des Schülers in der ihn umgebenden Lebenswirklichkeit unterstützen will (vgl. die „Empfehlungen zur Arbeit in der Grundschule“. Beschluß der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland vom 2. Juli 1970. Stuttgart 1970).

wissenschafts- und gesellschaftsorientierte Inhalte und Verfahren

Die *zielgerichtete Umwelterschließung* ist in allen derzeitigen Grundschulrichtlinien die primäre Zielvorstellung. Die didaktische Intention der Vermittlung von Umweltkompetenz war und ist das *didaktische Regulativ für die Konzeption eines elementaren Sachunterrichts* (vgl. *Beck/Claussen* 1976; *Gümbel/Messer/Thiel* 1977; *Lauterbach/Marquardt* (Hrsg.) 1976; *Katzenberger* (Hrsg.) 1973; *Neuhaus* 1974 u. a.). Der Terminus „Umwelt“ bezeichnet dabei Sachverhalte aus der Naturwelt, der Sozialwelt und der Kulturwelt. Der umweltorientierte Sachunterricht soll durch geeignete Aufgabenstellungen das gegebene, aber überwiegend unbewußte Verhältnis des Kindes zu den Gegenständen und Sachverhalten seiner Umwelt zu einem *dem Kind*

zielgerichtete Umwelterschließung

bewußten, durch Wissen und Fertigkeiten geförderten Realitätsbezug führen.

umweltorientierte
Forderungen in den
Lehrplänen

Demgemäß sind in den Lehrplänen folgende Forderungen aufgeführt:

Der Sachunterricht soll

- die Kinder „zu sachgemäßer Auseinandersetzung mit den Gegenständen ihres Erfahrungsraumes“ führen (*Bayern 1971*);
- die „sachgerechte und zielgerichtete Erschließung der Erfahrungswelt des Grundschulkindes“ zur Aufgabe haben (*Rheinland-Pfalz und Saarland 1971*);
- die Kinder „zu einer bewußteren Erfahrungsaufnahme“ anleiten (*Nordrhein-Westfalen 1973*);
- die Kinder „in zunehmendem Maße befähigen, daß sie die Erscheinungen und Zusammenhänge ihrer Lebenswirklichkeit in überprüfbarer Weise erfassen, erklären und beurteilen können“ (*Baden-Württemberg 1975*);
- dem Schüler helfen, „Lebenssituationen denkend und handelnd zu bewältigen sowie seine Umwelt zunehmend differenzierter und kritischer aufzufassen und seinem Alter entsprechend an ihrer Gestaltung mitzuwirken“ (*Niedersachsen 1975*).

Umweltorientierung
als didaktische
Klammer zwischen
Wissenschafts- und
Schülerorientierung

Das Prinzip der Umweltorientierung könnte als *didaktische „Klammer“ zwischen dem Prinzip der Wissenschaftsorientierung und der Schülerorientierung* verstanden werden. Denn ein umweltorientierter Unterricht muß den Menschen — den Schüler — *innerhalb* der modernen, von der Wissenschaft geprägten Welt sehen und verantwortungsbewußt ein dieser Umwelt adäquates Wissen- und Handelndkönnen lehren. Fachwissenschaftliche Kenntnisse und Fertigkeiten haben als Unterrichtsinhalte keinen Selbstzweck; sie sollen dem Kind für seine Lebensbewältigung in der modernen Umwelt dienen. Dabei dürfen wissenschaftliches Weltverständnis und kindliches Umweltverständnis nicht einfach gleichgesetzt werden. Aber wissenschaftliche Unterrichtsinhalte und Verfahrensweisen sind ein bedeutender Faktor für die vom Schüler und späteren Erwachsenen zu leistende Umweltbewältigung. Die lebenspraktischen, *umweltorientierten Interessen der Kinder und die primären Lebenserfahrungen* müssen deshalb im Unterricht mit den „sekundären Erfahrungen, die vor allem von seiten der Wissenschaft stammen“ (*Gümbel/Messer/Thiel*), *didaktisch* koordiniert werden.

„Die Schule kann die Erfahrungen und das Denken des Kindes nicht mehr als eine ungestörte Phase vor jedem wissenschaftlichen Denken betrachten, sondern muß die Fähigkeiten des Kindes schon immer als einen Spiegel des heutigen Bewußtseins anerkennen.“ (*Gümbel/Messer/Thiel 1977, S. 62*)

wissenschaftliche
Verfahren als Um-
gangsweisen mit der
Umwelt

Wissenschaftliche Deutungsmuster der Wirklichkeit und wissenschaftliche Verfahrensweisen als Umgangsweisen mit der Wirklichkeit sind

als eine, für das Leben in der modernen Welt allerdings sehr bedeutsame Klärungs- und Zugriffsweise für Umweltprobleme zu vermitteln. Der Beitrag, den die Wissenschaften für eine vernünftige und sinnvolle Lebenspraxis des Menschen leisten können, muß in einem modernen umweltorientierten Unterricht einsichtig gemacht werden. Viele *Erfahrungsbereiche des Kindes* sind durch die *Technisierung* „mit ihren Folgeerscheinungen der Mechanisierung und Automatisierung vieler Ereignisse des täglichen Lebens und nahezu aller Arbeits-, Produktions- und Kommunikationsprozesse“ (Leiprecht in *Adrion/Schneider* 1975, S. 114) geprägt. So gelten die naturwissenschaftlich-technischen Inhalte und Verfahrensweisen in einem zeitgemäßen Sachunterricht als „Instrumente des Menschen, mittels derer er sich, ‚wahre‘ Aussagen über die Welt verschafft, sie kennen und mit ihr umgehen lernt“ (ebd.).

1.1 Die Zielsetzung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses

Der Umgang mit Menschen und Dingen wandelt sich im Lauf der kindlichen Entwicklung von einem mehr Auf-sich-zukommen-lassen zu einem mehr Sich-verfügbar-machen, von einem mehr freien, spielerischen, scheinbar absichtslosen Agieren zu einer zielgerichteten Auseinandersetzung mit den Umweltgegebenheiten.

Dabei erfährt sich das Kind in seiner Eingebundenheit in Umwelt und Mitwelt. „Alle kulturellen Traditionen, vom Gebrauch eines Werkzeuges bis hin zu den höchsten geistigen und künstlerischen Gestaltungen unseres Menschenlebens begegnen dem Kind so, daß es am anderen Menschen zunächst den rechten Umgang mit der Sache erfährt und sie dann zuschauend, nachahmend, im sekundären Vollzug eines vom anderen geistig zubereiteten Werks sich untertan macht. Es ist angewiesen auf die Gemeinsamkeit mit ihm und zugleich immer aufs neue von dem tiefen, unauslöschlichen Trieb seines eigenen Herzens vorwärtsgestoßen.“ (Klingenburg 1959, S. 281)

Der Grundschulunterricht hat den Übergang aus dem freien, spielerischen Umgang mit Sachverhalten in das dem Erwachsenen adäquate *sach- und sinnbezogene Umgangsverhalten* in verantwortlicher Weise zu begleiten. Dem schulischen Lernbereich des *Sachunterrichts* ist dieses *Anliegen* als Hauptaufgabe gestellt.

Der grundlegende Sachunterricht sollte demgemäß

- *elementare Interpretationsmuster der Wirklichkeit* vermitteln;
- die „Sach-Logik“ und die „Psycho-Logik“ der kindlichen Gegenstandserfahrungen klären bzw. miteinander verbinden (vgl. *Frey/Lang* (Hrsg.) 1973);
- zur „subjektiven Konstitution von Welt“ Hilfestellung leisten (vgl. *Aebli/Montada/Steiner* 1975; *Piaget* 1974);
- naive Umgangserfahrungen durch wissenschaftlich gesicherte Erfahrungen klären und vertiefen helfen (vgl. *Wagenschein/Banholzer/Thiel* 1973);

Einschulung eines sach- und sinnbezogenen Umgangsverhaltens

Vermittlung elementarer Interpretationsmuster der Wirklichkeit

- die Auseinandersetzung mit den „Sachen“, die „für Menschen nicht nur als Sachverhalte, sondern gleichzeitig auch immer als Wertverhalten existieren“ (Fröhlingsdorf 1976; S. 114), vertiefen.

Aufzeigen der Mehrdimensionalität von Sachen und Sachverhalten

Für die Vermittlung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses sind naturwissenschaftlich-technische Inhalte ein unabdingbarer Bestandteil des Stoffkanons. Aber die in der alltäglichen Umgangserfahrung gegebene *Mehrdimensionalität einer jeden „Sache“* kann — will der Unterricht sachgerecht sein — nicht nur von technisch-naturwissenschaftlichen oder anderen fachspezifischen Sachmerkmalen her beschrieben, analysiert, strukturiert und bewertet werden. Die Inhalte des Sachunterrichts als Umweltunterricht, der ein besseres Verständnis und eine rational begründbare Bewältigung von Lebenssituationen beabsichtigt, müssen an den *komplexen Sachverhalten der Lebenssituationen* orientiert sein. Wohl sind die lebenssituativ bedeutsamen Sachverhalte (oft) auch Objekte wissenschaftlicher Forschung und können des öfteren auch von wissenschaftlich gesicherten Forschungsergebnissen her Klärung erfahren. Aber ein grundlegender Sachunterricht, der ein zeitgemäßes Umweltverständnis nach oft nur nebeneinander bestehenden Fachperspektiven vermitteln wollte, würde seinem spezifischen Auftrag der Vermittlung einer *allseitigen Umweltkompetenz* nicht gerecht werden. Denn „ist das, was der Mensch in seinem täglichen Lebenslauf zu besorgen hat, was ihm Sorge — auch kognitive Sorge — macht, die er überwinden möchte, mit den Lernergebnissen des aufgeteilten Fächerbündels zu besorgen? Erzeugt unsere fach- und fachwissenschaftsorientierte Vorbereitung auf Lebensbewältigung denn auch gerade die Qualitäten (Fähigkeiten, Kenntnisse, Fertigkeiten), die der Mensch benötigt, um sich in einer ganz bestimmten Lebenssituation zurechtzufinden? Müßte nicht eher so verfahren werden, daß zunächst die Anforderungen relevanter Situationen oder Handlungsfelder, auf die der Mensch mit einiger Sicherheit stoßen wird, analysiert werden vom Standpunkt des Menschen, der mit ihnen zurechtkommen muß, und daß — von diesem Blickpunkt her — die Fachaspekte hinzugezogen werden, die dazu mithelfen können, diese bestimmte relevante Situation zu verstehen?“ (Leiprecht in Adrion/Schneider 1975, S. 123)

Für einen gemäß dem Prinzip der Umweltorientierung konzipierten Sachunterricht müßten fächerübergreifende curriculare Planungen vorgenommen werden, die umweltrelevante Handlungsfelder des Kindes zum Ausgangspunkt für die methodische Vermittlung der Unterrichtsinhalte haben sollten. Die komplexen Handlungs- und Erfahrungssituationen sollten dabei immer wieder von verschiedenen Seiten her analysiert und strukturiert werden.

fächerintegrierende curriculare Konzeptionen

Diesem Anspruch versuchen Curriculumkonzeptionen gerecht zu werden, z. B. u. a. folgende *fächerübergreifende Curriculumkonzeptionen*:

- SCIENCE 5/13. Bristol/England 1967

- Giehl/Hiller/Krämer: Stücke zu einem mehrperspektivischen Unterricht. Aufsätze zur Konzeption I, Stuttgart 1974;

— *Zimmer*: Situationsbezogene Curriculumentwicklung in der Eingangsstufe. In: Die Deutsche Schule, 10/1973, S. 684 ff.

Sachgebiete bzw. Problemfelder der Umwelt werden in *fächerintegrierenden bzw. mehrperspektivischen curricularen Konzeptionen* in ihrer inhaltlichen Komplexität zu analysieren und zu strukturieren versucht. Der methodische Ausgang sollte von einer komplexen Umweltproblematik genommen werden, anschließend sollten einzelne Aspekte fachspezifisch untersucht und geklärt werden, und dann sollte die isolierende Betrachtung durch den Vergleich von fachbezogenen Einzelaussagen und durch die kombinierende (wenn auch kritische) Zusammenschau überwunden werden. Im Sinne eines umweltorientierten und schülerorientierten Unterrichts ist die situationsspezifische Bildung von *Querverbindungen zwischen fachspezifischen Lehrgangaspekten und problemfeldorientierten Inhaltsaspekten* besonders wichtig.

In diesem Zusammenhang könnte gefordert werden, die seit der neuesten Grundschulreform (ab 1969) weithin erfolgte strukturelle Fächerung des grundlegenden Sachunterrichts nach traditionellen wissenschaftlichen Disziplinen (vgl. *Lauterbach/Marquardt* (Hrsg.) 1976 u. a.) zugunsten einer Bildung von „*Lernbereichen*“ wieder aufzugeben (vgl. *Burk* 1976, S. 113f. und 1977, S. 30f.). Diese *unterrichtsorganisatorische Maßnahme* könnte dazu beitragen, daß das *Prinzip der Wissenschaftsorientierung nicht einseitig überbetont* und das *Prinzip der Schülerorientierung bzw. Umweltorientierung curricular angemessen* berücksichtigt würde. Das „*multidimensionale Beziehungsgeflecht*“ der Sachverhalte der menschlichen Umwelt bei der curricularen Neu- bzw. Umstrukturierung des elementaren Sachunterrichts sollte wieder stärker in Betracht gezogen und nicht nur als „*Subproblem des Realisationsaspektes*“ betrachtet werden. Allerdings dürften „*Lernbereichsbildungen nicht die Differenz zwischen grundlegenden Fragedimensionen einebnen oder in einer Art Leitfachsystem zur subordinierenden Integration der Fächer führen*“ (vgl. *Burk*, 1976, S. 32). Denn die Orientierung in der modernen, von einzelnen wissenschaftlichen Forschungszielen teilweise einseitig geprägten Umwelt bedarf der Einführung in *unterschiedliche*, ja vielleicht sogar konträre *Sichtweisen, Denkzugänge und Handlungszugriffe bezüglich ein- und desselben Sachverhalts*. Das Problem der *Mehrdeutigkeit der Phänomene* innerhalb der *menschlichen Lebenswelt* erfordert einen Umweltunterricht, der ein situationsspezifisches, individuelles und lebenspraktisch hilfreiches Sach- und Weltverstehen vorbereitet (vgl. *Eckhardt* 1974).

Gliederung der
Unterrichtsinhalte
nach Lernbereichen

unterschiedliche
Sichtweisen und
Handlungszugriffe

1.2 Die Zielsetzung der aktiven Umweltzuwendung

Dem Menschen ist seine Lebenswelt nicht einfachhin vorgegeben. Reizoffen und *umwelttoffen* schafft der Mensch sich „*seine*“ Welt, indem er sich die Welt der Dinge und außermenschlichen Lebewesen verfügbar macht, indem er den natürlichen Lebensraum in einen Kulturraum verwandelt (vgl. u. a. *Adolf Portmann*: Zoologie und das neue

Bild vom Menschen. Hamburg 1956; *Gehlen, A.*: Der Mensch. Bonn 1966⁸; *Gadamer, H.-G./Vogler, P.* (Hrsg.): Neue Anthropologie, Bd. 1: Biologische Anthropologie. Stuttgart 1972).

Umwelterkundung
als spontane
Aktivität

Die Auseinandersetzung mit den Gegebenheiten der Umwelt vollzieht der Mensch von Geburt an aus einer spontanen inneren Aktivität heraus. Die *Umwelterkundung* und die *Umweltgestaltung* sind *ursprüngliche Bedürfnisse* des Menschen. „Alle inneren Bereitschaften, die wir von dem erwachsenen Menschen unserer technischen Zeit erwarten müssen, also auch solche, die zuletzt in den Bereich wissenschaftlicher Erkenntnis und Durchdringung der Welt hineinführen, stehen im Kind zum Aufbruch bereit. Aber es nutzt nichts, wenn man versucht, diese Entwicklung von außen her anzutreiben, so wie man einen Motor auf volle Touren bringt, bis er zitternd das Äußerste an Arbeitsleistung hergibt. Und es nutzt ebensowenig, wenn man gar nichts unternimmt und zuwartet, als wären die Kinder von ihren Trieben vorwärtsgestoßen und würden sich aus sich selbst zu ihrer vollen Gestalt entwickeln.“ (*Klingenburg* 1959, S. 281)

Das Spiel als As-
similation bzw. Ak-
kommodation der
kindlichen Umwelt

Unterricht und Erziehung haben demgemäß im Hinblick auf die Förderung der notwendigen Leistungsdispositionen des Kindes zur Bewältigung seiner je eigenen Lebenswelt in behutsamer Abwägung zwischen Anpassung und Veränderung vorzugehen. „Erziehen heißt, das Individuum an das umgebende soziale Milieu anzupassen. Doch die neuen Methoden suchen diese Anpassung zu fördern, indem sie die der Kindheit eigenen Tendenzen und die der geistigen Entwicklung inhärente spontane Aktivität ausnützen.“ (*Piaget* 1972 (orig. 1964), S. 154)

Das kindliche *Spiel* ist in diesem Zusammenhang eine der bedeutsamsten Aktivitätsformen. Das Spiel des Kleinkindes ist „in seinen beiden wesentlichen Gestalten, als sensomotorisches Üben und als Symbolik, eine Assimilation des Wirklichen an die eigene Aktivität, wobei es dieser ihren notwendigen Stoff liefert und die Wirklichkeit an Hand der mannigfachen Bedürfnisse des Ich transformiert“ (ebd. S. 160). Neben der *Assimilation der kindlichen Umwelt* im Kleinkinderspiel entwickelt sich zunehmend die *Akkommodation des Kindes in die realen Umweltgegebenheiten*, bis innerhalb der Grundschulzeit immer mehr spontane Übergänge zwischen Spiel und Arbeit festzustellen sind. Die ursprünglich noch stark subjektiv geprägte Umweltzuwendung des Kleinkindes wächst langsam in eine sachorientierte, an objektiven Gegebenheiten interessierte Umwelterkundung hinein.

Spielumwelten als
Lernumwelten

Aufgabe von Erziehung und Unterricht ist es, die *spontanen Spielinteressen des Kindes so zu akzeptieren und zu fördern*, daß die für das Leben in der modernen Umwelt lebenslang notwendige aktive Zuwendungsbereitschaft zur Umwelt erhalten bleibt. Aus dem kindlichen Spiel sind die Verhaltensmerkmale für die Umweltassimilation und die Umweltakkommodation aufzugreifen und fruchtbar zu machen, damit die Orientierungsfähigkeit in bezug auf die mit zunehmendem Alter sich qualitativ und quantitativ verstärkende Komplexität der Umwelteinflüsse gefördert wird. Das ist z. B. möglich, wenn die im

Unterricht sich vollziehenden Umwelterkundungen dem Kind Spaß machen, seinen Leistungsdispositionen entsprechen, einerseits das Interesse und die Leistungsfähigkeit des Kindes herausfordern, andererseits aber nicht frustrierend wirken. Umweltkonstellationen, die für das Kleinkind als Anregungskonstellationen für eine spielende Auseinandersetzung wirken, sollten im Unterricht — entsprechend didaktisch aufbereitet — als Lernumwelten bereitgestellt werden. Innere und äußere Anregungspotentiale können in Lernsituationen vorgeplant und organisiert werden, um Aufforderungsvalenzen zu schaffen zum aktiven Beobachten, Untersuchen und Experimentieren.

Damit dem Kind die *aktive Zuwendungsbereitschaft* zu seiner Umwelt *erhalten* bleibt, sollte dem Spielen als einer grundlegenden Form des Lernens zumindest in den ersten Schuljahren ein bedeutender Stellenwert innerhalb der Unterrichtsformen zugeschrieben werden. Denn in Spielsituationen lernt das Kind „engagiert, lustvoll und freudig in einer relativ entspannten Motivationslage. Lernen im Spiel ist aktives, entdeckendes und strukturierendes Lernen, das Spaß macht und neues Lernen in seinem Vollzug generiert.“ (*Deutscher Bildungsrat 1975, Bd. 2/1, S. 18*)

Das Spiel ist eine intrinsisch motivierte Interaktionsform des Kindes (des Menschen) mit den Dingen und Menschen seiner Umwelt.

Die Realisationsformen der Zielsetzung einer Förderung der aktiven Zuwendungsbereitschaft des Kindes zur Umwelt müssen berücksichtigen, daß der Mensch nicht einfachhin objektive Erfahrungen macht, sondern daß es immer in höherem und geringerem Grade seine eigenen, d. h. *subjektiven* Erfahrungen sind. Umweltgegebenheiten als Erfahrungsobjekte werden erst dann menschliche Erfahrungsgegenstände, wenn der Mensch zu ihnen in Beziehung tritt, sie in je spezifischen Umweltbezügen als Objekte erfährt. Die Dynamik des *Bezuges zwischen Mensch und Umweltgegenständen* wird vom *Menschen bestimmt*. „Mit den Menschen und Dingen um uns stehen wir in einem stets veränderlichen Wechselverhältnis; erkennend, bewertend, auswählend, Bedeutung verleihend, handelnd. Die Erklärung menschlichen Handelns und seiner Motivation muß in dieser Umweltbeziehung gesucht werden. Den Mitmenschen, der sozialen Interaktion, kommt dabei besondere Bedeutung zu. Es gibt so viele inhaltlich unterscheidbare Motive, wie es thematisch verschiedene Person-Welt-Bezüge gibt.“ (*Schiefele 1974, S. 434*)

Dieses *Wechselverhältnis zwischen dem Menschen und den Sachverhalten seiner Umwelt* ist insbesondere in der Zeit der kindlichen Entwicklung einem ständigen Wandel unterworfen und einerseits von der kindlichen Subjektbezogenheit, andererseits von Anregungen der Umwelt stark beeinflußt. Was allgemein für die menschliche Erfahrungsgewinnung gilt, sollte in der schulischen L-L-Organisation gefördert werden: „Wenn nämlich Verhaltensweisen, welche durch bisherige Erfahrung abgesichert erscheinen (ggf. jedoch durch eine zu subjektive), nicht mehr hinreichen, um auf den Menschen zukommende Aufgaben zu lösen, wird die Bereitschaft hervorgerufen, diese

Spiel als intrinsisch motivierte Interaktionsform zwischen Kind, Umwelt und Mitwelt

subjektbezogene Erfahrungsgewinnung

Förderung der allgemeinen Fähigkeit menschlicher Erfahrungsgewinnung

Erfahrung zu hinterfragen sowie eventuell zu modifizieren, d. h. zu lernen . . . Die Subjektivität der Erfahrung, welche einerseits einen Mangel darstellt, wird andererseits zur Chance; denn aus ihr entspringen Impulse für Lernprozesse.“ (Schwab in Schwedes 1976, S. 19)

Während der Grundschulzeit entwickeln sich die für eine aktive Erfahrungsgewinnung und detaillierte Objekterfassung psychologischen Leistungsdispositionen in zunehmendem Maße. „Die wesentlichen Verbesserungen der Wahrnehmungsleistungen, besonders im visuellen Bereich . . . führen dazu, daß das Schulkind seine Umwelt zunehmend differenzierter und damit zugleich auch realitätsbezogener auffaßt.“ (Nickel 1975, S. 172f.)

Leistungsdispositionen des Grundschulkindes für Umwelterkundungsprozesse

Folgende charakteristische *Entwicklungstendenzen*, welche die *aktive Umweltzuwendung* unterstützen, sind beim Kind während der *Grundschulzeit* festzustellen:

- „ein vorherrschendes Interesse an der Erfassung und Durchdringung seiner Umwelt;
- eine zunehmende kritische Einstellung, die dazu führt, daß die einzelnen Objekte sorgfältiger beachtet werden;
- eine wachsende Ausdauer bei der Auseinandersetzung mit einzelnen Objekten und damit einhergehend eine stärker fixierende Aufmerksamkeitszuwendung;
- eine größere Planmäßigkeit, Systematik und Sorgfalt beim Auffassungsvorgang;
- eine geringere selektierende Wahrnehmung aufgrund von Vor-einstellungen, Gefühlen, Wünschen und Bedürfnissen als im frühen Kindesalter;
- eine noch geringere Abstraktion im Sinne kategorialer Wahrnehmung als bei Jugendlichen und Erwachsenen“ (vgl. Nickel 1975, S. 172ff.).

Diese alterspsychologischen Gegebenheiten können bei den unterrichtlichen Umwelterkundungsprozessen vorausgesetzt bzw. sollten durch entsprechende Lernanlässe so weit wie möglich gefördert werden.

1.3 Die Zielsetzung des kooperativen Erwerbs von Umwelterfahrungen

Die Tatsache, daß die Umwelt des Kindes nicht nur von gegenständlichen Gegebenheiten, sondern für das kindliche Erleben primär durch *subjektive* Beziehungen konstituiert wird, muß bei der Konzeption eines umweltorientierten Unterrichts besonders berücksichtigt werden. Ziele und Realisationsweisen, die eine angemessene *Umweltkompetenz* des Schülers anstreben, dürfen deshalb *nicht nur die Erarbeitung einer Sachkompetenz* als Gegenstandskompetenz beabsichtigen.

Förderung der „gemeinschaftlichen“ Umweltbewältigung

Wenn Unterricht eine Hilfestellung zur Entfaltung der Persönlichkeit sein soll, dann müssen Unterrichtsmethoden zur Anwendung kommen, die „ein Gemeinschaftsmilieu voraussetzen, das die moralische Persönlichkeit formt und gleichzeitig den geregelten intellektuellen

Austausch fördert“ (Piaget 1975 (orig. 1948), S. 46). Das gemeinschaftliche Arbeiten im Unterricht ist eine Einübung in die *gemeinschaftliche Bewältigung* von Problemen, wie das in der modernen Umwelt erforderlich ist. Piaget hat immer wieder mit Nachdruck darauf hingewiesen, daß für die Ausbildung der intellektuellen und sozialen Leistungsdispositionen, d. h. auch für die Gewinnung einer angemessenen Sach- und Sozialkompetenz, die Kooperation in ihren unterschiedlichen Ausprägungsarten unabdingbar ist. „Ohne freie Zusammenarbeit (in diesem Fall zwischen den Schülern und nicht nur zwischen Lehrer und Schüler) kann sich keine echte intellektuelle Aktivität in Form spontaner Experimente und Untersuchungen entfalten. Denn geistige Aktivität erfordert nicht nur die fortgesetzte gegenseitige Anregung, sondern vor allem auch die gegenseitige Überprüfung unter Einsatz des kritischen Denkens — Voraussetzungen, ohne die der einzelne weder zu objektiven Sichten gelangen noch das Bedürfnis nach strikter Beweisführung entwickeln kann. Tatsächlich beruhen die logischen Operationen stets auf Kooperation, d. h. sie setzen ein ganzes Gefüge auf intellektueller Gegenseitigkeit und moralischer und rationaler Zusammenarbeit aufbauender Beziehungen voraus.“ (ebd., S. 46 f.)

Diese Forderung nach einem *kooperativen Erkundungsverhalten* gegenüber den Objekten der Umwelt ist unter Berücksichtigung der altersspezifischen Entwicklungsmerkmale des Grundschulkindes mit der Forderung nach einer *konkret-operationalen Gegenstandserkundung* zu koppeln. Im Alter von 7—11 Jahren etwa kann das Kind im handelnden Umgang mit den Umweltdingen selbständig kognitive Umwelterfahrungen erwerben. Es kann die Dinge „in bereits bestehende kognitive Strukturen assimilieren, oder aber es kann sich an von außen kommende Information akkommodieren . . . Das Denken des Kindes im konkret-operationalen Stadium ist weniger egozentrisch. Es wird durch ein größeres Maß an Dezentrierung gekennzeichnet, d. h. das Kind ist nun in der Lage, mehrere Dimensionen innerhalb derselben Situation gleichzeitig in Augenschein zu nehmen und diese untereinander in Zusammenhang zu bringen (. . .). Das Kind achtet nun auf den dynamischen Aspekt der Veränderungen.“ (Mönks/Knoer 1976, S. 108 und 114)

Einübung in ein kooperatives Erkundungsverhalten

Diese Tendenzen der *Dezentrierung im operativen Umweltbezug* sollten im *Grundschulunterricht* unterstützt werden durch die Planung kooperativer Sacherkundungen.

Kooperative Arbeitsformen als *gemeinschaftlich-operationale* und *gemeinschaftlich-reflektierende Arbeitsweisen* ermöglichen gerade dem Grundschüler eine sachlich umfassendere bzw. objektivere, alterspsychologisch angemessene Umwelterschließung, als dies bei lehrdominanten Instruktionsverfahren möglich ist (vgl. Gumbel/Messer/Thiel 1977; Mönks/Knoer 1976; Piaget 1975; Pietsch 1973; Schmeer 1976 u. a.).

Einschulung von kooperativen Arbeitsformen

Die Lösung umweltbezogener und lebenspraktischer Aufgaben in einem „ernsthaften, absichtsvollen Tun“ (Kil-Patrick) wird in Pro-

jekten und *projektähnlichen Unterrichtsverfahren* angestrebt, die auch *kooperatives Erfahrungslernen* anstreben. Sie gehen von Lebenssituationen aus und überlassen es dem einzelnen Schüler oder Schülergruppen, in konkretem Handeln problematische (Lebens-) Situationen zu bewältigen (vgl. Dewey 1974 (orig. 1938); de Boute-mard 1975; von Hentig 1973; Flechsig 1975; Flessau/Minder 1976; S. 495 u. a.). Lernprojekte sind durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- Umweltbezug der Inhalte,
- Integration von Lernen und Handeln,
- Integration von kognitiven, affektiven, motorischen und sozialen Leistungen,
- kooperative Zusammenarbeit.

Die Klärung eines Problems oder die Herstellung eines Produkts bezüglich einer spezifischen Umweltsituation ist das allgemeine Unterrichtsziel (vgl. Flechsig 1975, S. 327). Projekte versuchen, den Zusammenhang zwischen schulischem Lernen und außerschulischer Erfahrung herzustellen. Leitziel ist die Erweiterung der umweltkompetenten Handlungsfähigkeit der Schüler. In gemeinsamer Bemühung versuchen die Schüler, unter behutsamer Anleitung des Lehrers Probleme zu lösen, und erwerben so Qualifikationen für die lebenslang vom Menschen geforderten Problembewältigungen. Die *Orientierung an den Sachverhalten* der Umwelt und die individuelle bzw. gemeinschaftliche *Stellungnahme zu diesen Sachverhalten* werden bei der Durchführung von projektähnlichen Unterrichtsverfahren eingeübt. Aktive Einzelarbeit ist neben und für die Teamarbeit erforderlich. Die Entscheidungen über Ziele, Inhalte, Verfahren und Medien für den Unterrichtsprozeß werden in Kommunikation zwischen Lehrer und Schülern getroffen, die sich an aktuellen *umweltrelevanten Problemen* entzündet. Der Unterrichtsprozeß ist ein kooperativer L-L-Prozeß, der didaktisch und methodisch am Leitziel des kooperativen Erwerbs von Umgangserfahrungen orientiert ist.

Resümee

Die didaktische Leitvorstellung der Umweltorientierung wurde in drei elementaren Zielkomponenten expliziert, durch deren Realisation den Schülern *Umweltkompetenz* vermittelt werden soll.

Ein zeitgemäßes *Umweltverständnis* ist die Grundlage für ein kompetentes Verhalten im sachlichen und personalen Umgang mit der Umwelt. Die Schulung des *kooperativen* Erwerbs von *Umgangserfahrungen* unterstützt die Bereitschaft der Schüler, ihre spontane *aktive Umweltzuwendung* je neu und bereichert durch den kommunikativen Austausch zu realisieren.

Bei der Realisation der explizierten Zielkomponenten der didaktischen Leitvorstellung der Umweltorientierung werden die drei psychischen Dimensionen unterschiedlich angesprochen.

2. Das Experiment als umweltorientierte Lehr-Lern-Strategie

2.1 Das Experimentieren als Lehr-Lern-Strategie zur Gewinnung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses

Die Leitvorstellung der *Umweltorientierung* im Sinne der Orientierung an der Erfahrungs- und Lebenswelt des Kindes war für alle bisherigen Konzeptionen des *grundlegenden Sachunterrichts* das *didaktische Regulativ* hinsichtlich *inhaltlicher und methodischer Entscheidungen*. Auch die neuesten Reformbestrebungen sind dadurch gekennzeichnet, daß bei der Erweiterung des Lehrgebietes um naturwissenschaftliche, technische, wirtschaftliche und politische Fragestellungen die traditionelle Aufgabe des elementaren Sachunterrichts, die *Erschließung der Erfahrungswelt des Grundschulkindes*, Grundlage und Ziel der unterrichtlichen Arbeit ist.

Die *Einführung von kindgemäßen Experimenten* ist eine curriculare Forderung, deren Realisation zur Klärung von nicht durchschaute Erscheinungen und Erfahrungszusammenhängen beitragen soll. Die Schüler lernen durch den Einsatz der experimentellen L-L-Strategie, einzelne Erscheinungen und Vorgänge in ihrer Erfahrungswelt bewußter aufzufassen und in größere Beziehungsgefüge einzuordnen. Kindliche Vermutungen und Theoriebildungen werden beim Experimentieren *konkret-operational* mit den angezielten *Erfahrungsobjekten* der kindlichen Umwelt *untersucht* und einer „*Realitätsprüfung*“ unterzogen.

Durch Experimentieren mit interessierenden Erfahrungsobjekten „baut“ sich das Kind von Anfang seiner geistigen Entwicklung an konkret handelnd „seiner“ Welt auf. Es kann den Erfahrungsgegenständen seiner Umwelt immer zahlreiche, an und mit den jeweiligen Gegenständen erfahrene Merkmale zuordnen und Beziehungen zwischen Einzelerfahrungen feststellen. So lernt es, durch „Versuch und Irrtum“ Erscheinungen und Zusammenhänge der Lebenswirklichkeit zu erfassen, ihre Richtigkeit experimentierend zu überprüfen und sie dann sachangemessen zu beschreiben bzw. zu erklären.

Die experimentelle Methode kann die *Sachlichkeit im Umgang mit der Wirklichkeit* entscheidend fördern. Die Sachlichkeit, das sachgemäße Verständnis der Umweltgegebenheiten, ist „als eine ‚Bedingung der Selbstwerdung‘ (Rombach) der Person zu betrachten, die ihre Freiheit nicht jenseits der gegenständlich-leibhaft-welthaften Notwendigkeit findet“ (Reiter in Rombach (Hrsg.) 1974, Bd. 1, S. 36). Der Mensch und insbesondere der sich entwickelnde Mensch hat sich *handelnd* mit den „Sachen“ seiner Umwelt auseinanderzusetzen; er hat sich den Gegenständen zu stellen, wenn er seinen Standort in diesen Weltgegebenheiten *selbst*, seine Freiheit verwirklichend, *bestimmen* will. „In dieser aktiven Auseinandersetzung mit der Umwelt erhalten die Gegebenheiten derselben erst ihren subjektiven Sinn, ihre ‚Bedeutung‘. Während sie im Handeln des Menschen eine Rolle zu spielen beginnen, bekommen die Dinge der Welt Objektcharakter. Der Mensch versteht die Welt in dem Maße, in dem er sie deutet, und er deutet

Experimentieren zum Zwecke der Klärung von Erfahrungszusammenhängen

explorativ-handelnde Umweltaneignung durch Experimentieren

Experimentieren als kritische Untersuchungsmethode der Wirklichkeit

sie, indem er mit ihr umgeht, ihr eine Funktion in seinem Handlungsgefüge zumißt.“ (*Correll*, Einleitung zu *Dewey* 1974) (orig. 1938), S. 18) So hat *Dewey* die Pädagogik vom Leitmotiv des handelnden Menschen her verstanden und dem *Experiment* einen *bedeutenden Stellenwert innerhalb der Unterrichtsmethoden* zugemessen. Für *Dewey* gibt es keinen prinzipiellen Unterschied zwischen der wissenschaftlichen experimentellen Methode, der alltäglichen Problemlösungsmethode und der experimentellen Unterrichtsmethode. „Objektives“ Weltverständnis ist immer auch subjektiv bestimmt; es entsteht durch den handelnden Umgang mit den Dingen. Dieses operativ zu erwerbende Weltverstehen kommt weder beim einzelnen Menschen noch in der Menschheit insgesamt zu einem Stillstand. Wenn sich die Vermittlung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses an diesem Begründungszusammenhang didaktisch orientieren würde, dürften weniger statische Erklärungsmodelle oder konstante Theoriegefüge Gegenstand des Unterrichts sein als vielmehr die Vermittlung *kritischer Untersuchungsmethoden*. Das Postulat des „Permanent learning“ in einer ständig und immer schneller sich verändernden Umwelt bezieht sich auf eine den neuen Erfahrungen entsprechende Wissens- und Verhaltensneuordnung.

Experimentieren als zielgerichtete Umwelterschließung

Für die Konzeption und für die Durchführung des grundlegenden Sachunterrichts bedeuten diese Annahmen, daß nicht nur wissenschaftlich gesicherte *Inhalte* zum Verständnis der Umwelt des Kindes vermittelt werden sollten, sondern auch *Verfahrensweisen*, die den heranwachsenden Menschen befähigen, sich *die Welt bzw. seine Welt* selbständig-handelnd zu erobern. Aus dem methodischen Reservoir der Wissenschaften sind vor allem jene Verfahrensweisen zum Gegenstand des Grundschulunterrichts zu machen, „die das Kind aufgrund seiner physischen Entwicklung bewältigen kann und die es in besonderem Maße für die erfolgreiche Bewältigung seiner Konfrontation mit der Umwelt benötigt“ (*Ziechmann* 1973, S. 53).

Die experimentelle Methode als „Arbeitsmuster“

Die *experimentelle Methode* ist ein *zentrales Verfahren* der Naturwissenschaften zum Zwecke der *zielgerichteten Umwelterschließung*. Die hypothetisch konstruierte Wirklichkeitserfassung kann der Mensch im Experiment an der Realität überprüfen. Durch den Einsatz der experimentellen Methode will der Mensch bewußt und gezielt an der Realität geprüfte Erfahrungen gewinnen. Die experimentelle Methode kann als *methodisches* Regulativ für den Erwerb von *objektiven Umgangserfahrungen* charakterisiert werden.

Im umweltorientierten Sachunterricht kann die experimentelle Methode als „*Arbeitsmuster*“ (*Dewey*) eingeführt werden, mit dessen Hilfe die Kinder Erfahrungen im Umgang mit den Sachen und Sachverhalten ihrer Wirklichkeit bewußt und gezielt gewinnen können. Der freie, spielerisch-experimentierende Umgang mit den Umweltgegebenheiten sollte dabei innerhalb der Grundschulzeit immer mehr zu einem zielbewußten, zweckmäßigen, sach- und sinnbezogenen Umgangsverhalten geführt werden. Die experimentelle L-L-Strategie kann bei der Verwirklichung dieser Hauptaufgabe des grundlegenden

Sachunterrichts als hilfreiches methodisches Instrumentarium eingesetzt werden.

In altersgemäßer Weise können die Schüler bei der gemeinschaftlichen schülergesteuerten Planung, Durchführung, Kontrolle und Deutung des Experiments exemplarisch erfahren, daß „die Theorien durch Erfahrungsdaten nicht eindeutig festgelegt sind, insofern grundsätzlich die gleichen Daten durch verschiedene Theorien deutbar sind“ (Rombach in Rombach (Hrsg.) 1974, Bd. 1, S. 31), und daß es u. a. der *Untersuchungsprozeß* ist, „auf den solche Verschiedenheiten zurückzuführen sind“ (ebd.). Gerade die Vermittlung eines *zeitgemäßen Umweltverständnisses* hat diesen Aspekt der *Mehrdimensionalität* im Forschungsprozeß und in der Feststellung von Forschungsergebnissen immer wieder aufzuzeigen, um die Mehr-Perspektivität der menschlichen Sichtweisen und Zugriffsweisen gegenüber den sogenannten objektiven Umweltgegebenheiten aufzuzeigen.

Erfahrung und Berücksichtigung der Mehrdeutigkeit der Umweltphänomene

Die experimentelle Methode ist ein Verfahren, durch welches die Schüler zur Einsicht kommen können, daß das Weltverständnis nicht aus „Dingen“ konstituiert ist, sondern aus Erkenntnissen bzw. Einsichten, die der Mensch in seinem Umgang mit der Welt gewinnt (vgl. Aebli in Aebli/Montada/Steiner 1975, S. 16).

Durch den Einsatz der experimentellen L-L-Strategie kann demnach eine *kritisch-prüfende Einstellung zu Aussagen über Sachen und Sachverhalte* eingeübt werden, die für ein zeitgemäßes Umweltverständnis und für die Einübung eines individuell-umweltkompetenten Verhaltens bedeutsam ist.

Das kritische Bewußtsein der Verantwortung für die vom Menschen ständig veränderte, „hergestellte“ Welt ist gerade für das Verständnis unserer modernen technischen Industriekultur ein geradezu lebensnotwendiger Faktor geworden. Das Experiment als „herstellende Realisationshandlung“ (Dingler) sollte und kann bei einer adäquaten lehrstrategisch geleiteten Durchführung im Unterricht als eine dem Menschen Macht über die „Welt“ verleihende und gerade deshalb in Verantwortung zu gestaltende Realisationsform des Mensch-Welt-Bezuges aufgezeigt werden (vgl. Dingler 1952 u. a.).

2.2 Das Experimentieren als Lehr-Lern-Strategie zur Förderung einer aktiven Umweltzuwendung

Der Mensch ist ein *umweltbezogenes reizoffenes Wesen*, das von Beginn seines Lebens an durch eine spontane innere und äußere Aktivität gegenüber seiner Mitwelt und Umwelt gekennzeichnet ist. Explorative Umweltzuwendung und epistemisches Verhalten sind seiner psycho-physischen Entwicklung inhärent, können aber durch entsprechende Umweltkonstellationen maßgeblich beeinflusst werden.

Explorative Umwelt- erkundung als angeborene menschliche Verhaltensweise

Rationalität, Emotionalität und Sachlichkeit sind bei der *spontanen Umweltzuwendung des Kindes* von Anfang an eng beieinander.

Der Weg, auf dem sich das Kind aktiv seiner Umwelt zuwendet, ist in irgendeiner Form immer ein experimentähnliches Verfahren, z. B. das sensomotorische Untersuchen von Gegenständen und das spiele-

rische Erkunden, Erforschen und Erobern von räumlichen Umweltverhältnissen. „Kinder sind von Geburt an ‚aktive Erkunder‘, die in einem ständigen Interaktionsprozeß mit der Umwelt stehen und die sich beim spontanen Spielen, beim aktiven Explorieren und Experimentieren diese Umwelt vertraut machen und sie erobern.“ (*Deutscher Bildungsrat* 1975, Bd. 2/1, S. 17)

kindgemäß:
spielendes Experimentieren

Die Kinder entdecken beim *spielenden Explorieren* bzw. *Experimentieren* immer neue Perspektiven an den Gegenständen und Sachverhalten ihrer Umwelt. Diese selbstinitiierten Umweltinteraktionen sind die Grundlage für die schulische Förderung von kontinuierlichen Lernprozessen. Das spontane, aktive Eroberungsverhalten gegenüber der Welt ist das psychologische Fundament und der Erfahrungshintergrund für pädagogisch-didaktisch geplante Lernaufgaben als meist komplexere Problemlösungsstrategien. Aufgabe der schulischen L-L-Organisation ist es, die offenen und zielflexiblen spielerischen Explorationen in bewußte, zielbestimmte Interaktionsprozesse des Kindes mit Objekten bzw. Personen seiner Umwelt auszurichten. Die schulischen und außerschulischen Lernumwelten sollten deshalb die spontane kindliche Zuwendungsbereitschaft zur Umwelt durch Anregungskonstellationen so fördern, daß im jungen Menschen die Bereitschaft zur selbständigen und sachangemessenen Orientierung in der Umwelt bestärkt wird.

Förderung des objektangemessenen explorativen Verhaltens des Kindes durch die experimentelle L-L-Strategie

Durch den Einsatz der experimentellen L-L-Strategie können schüler-subjektive und sachorientierte Elemente des Umweltverhaltens gefördert werden. *Bewußt experimentierend* lernt der Schüler, *zielorientiert* seine *epistemischen Interessen gegenüber der Umwelt zu realisieren* und strategisch eine Annäherung der subjektiven Sicht der Dinge an die objektiven Gegebenheiten zu erreichen. Die experimentelle Forschungsmethode ist eine Form der sinnlich-geistigen und der subjektiv-objektiven Vermittlung von Mensch und Welt, die im intrinsisch motivierten spielerischen Experimentierverhalten individualgenetische Vorformen hat. Durch den Einsatz der experimentellen L-L-Strategie im grundlegenden Sachunterricht wird der Schüler in der Bereitschaft gefördert, seine *Umwelterfahrung* zu hinterfragen und immer *objektangemessener* zu gewinnen (vgl. *Bräuer* in *Adrian/Schneider* 1975, S. 204).

Experimentieren als genuin motivierende Verhaltensweise der Umweltzuwendung

„Beweglichkeit, Aktivität des Lernenden, Operieren, Verhinderung fester Denkgewohnheiten, Bewegung und Entstehung, Offensein, Ausweitung der Aufmerksamkeit, Lernen als Erfahrung und angesichts verschiedener Wege und Möglichkeiten, das sind Elemente, die für das schöpferische Tun wie für das normale Leben gelten und bestimmend sind.“ (*Bönsch* 1970, S. 47) Es sind auch die elementaren Aktivitäten, die bei der Durchführung der experimentellen L-L-Strategie zum Einsatz kommen sollten. Der Unterricht sollte berücksichtigen, daß nicht so sehr das *Produkt* des experimentellen Forschens als vielmehr der *Prozeß* des forschenden Verhaltens *genuin motivierend* ist. Deshalb sollten die Fähigkeit und die *Bereitschaft*, „sich auf das Objekt gründlich einzulassen und es möglichst unverhüllt, eben ‚objektiv‘ zur Sprache zu bringen“ (*Schulz-Hageleit* 1971, S. 352), im

Unterricht gefördert werden. Die experimentelle L-L-Strategie ist in diesem Sinne optimal wirksam. Sie ist ein ausgezeichnetes Unterrichtsverfahren, um die Weisen der aktiven *Weltzuwendung* pädagogisch zu fördern. Die experimentelle Methode sollte nach *Piaget* im Unterricht vermehrt eingesetzt werden, wenn — wie heute allgemein anerkannt — ein Hauptziel des Unterrichts „die Heranbildung eines aktiven Verstandes ist, der mit kritischem Scharfsinn, persönlicher Urteilskraft und konstruktivem Forschungsgeist ausgestattet ist“ (ebd., S. 35). Denn indem das Kind durch den experimentierenden Umgang mit den Umweltgegebenheiten veranlaßt wird, „Sachen und lebendige Dinge einzuordnen und objektive Verhältnisse in den beobachteten Tatsachen zu schaffen, wird es auch die Verbindung zwischen seiner biologischen Neugier und seinem sich fortschrittlich steigernden Wissen von der natürlichen Welt wiederherstellen“ (ebd., S. 43).

2.3 Das Experimentieren als kooperativer Erwerb von Umwelterfahrungen

Es ist Aufgabe des Grundschulunterrichts, den Kindern Fähigkeiten und Fertigkeiten zu vermitteln, die ihnen bei der Verarbeitung von Informationen aus der Umwelt hilfreich sind. Das weithin subjektive Erfahrungswissen der Kinder soll langsam in ein der Realität angemessenes, objektives Erfahrungswissen übergeführt werden. Die *experimentelle Methode* kann dabei als Strategie dienen, mit deren Hilfe die subjektiven Konstrukte (Vermutungen, Meinungen, Annahmen) über die Sachverhalte einer *Realitätsprüfung* unterzogen werden. Das *experimentelle Ergebnis* gilt als *Indikator* für den Realitätsgehalt der experimentell zur Überprüfung aufgestellten Hypothesen. Die *gemeinsame Arbeit* an der Klärung von Sachproblemen hat den Vorteil, daß sich die Schüler z. B. innerhalb einer Experimentiergruppe gegenseitig Anregungen und Informationen geben können, die vom einzelnen allein schon quantitativ nicht gebracht werden könnten. „Das Experiment wird erst durch Gruppendiskussion vollständig; die Übertragung der Ergebnisse in Beobachtungsbücher durch Beschreibungen und Zeichnungen macht die Zusammenarbeit aller tätigen Kinder nötig. So setzt die Anwendung der Vorstellungen, auf denen das Wissen beruht, eine vernünftige Zusammenarbeit voraus, die die unerläßliche Bedingung für den Aufbau selbst der Vorstellungen des einzelnen ist.“ (*Piaget* 1950, S. 45)

Beim *Experimentieren in Partnerarbeit oder in Gruppenarbeit* können der Lehrer und die Schüler erfahren, daß beim Miteinander-Denken und Miteinander-Handeln „um ein Sachproblem herum“ meist mehrere Sachaspekte bzw. Problemaspekte in kürzerer Zeit bewältigt werden als in Einzelarbeit. Problemfindung, Präzisierung bzw. Formulierung des Problems, die mehr-perspektivische Problemanalyse, der Umfang und die Art der Vermutungen und die Hypothesenformulierung, die Anordnung und die Durchführung der experimentellen Untersuchung, die Feststellung der durch das Experiment gewonnenen Beobachtungsdaten, die Interpretation dieser Daten und das Generalisieren des relevanten Beziehungszusammenhanges sind in Koopera-

besonders hohe Effektivität des kooperativen Experimentierens

didaktisch effektiv:
Experimentieren in
Gruppenarbeit

tion weitaus detaillierter bzw. präziser möglich. So lernen die Schüler beim Einsatz der *experimentellen L-L-Strategie als soziale unterrichtliche Aktionsform* exemplarisch, daß der Erwerb erfahrungsordnender Begriffe und Einsichten in gemeinschaftlicher Bemühung *optimaler* erfolgen kann als durch die Mühe eines einzelnen.

Die alterstypische Tendenz zur Dezentrierung, die vom kindlichen Subjekt immer stärker zur Gemeinschafts- und Sachbezogenheit hinlenkt, ist eine notwendige Voraussetzung für die Effektivität des Einsatzes von kooperativen Lern- und Arbeitsformen.

Die aktive Zusammenarbeit innerhalb der Experimentiergruppe weckt außerdem das Interesse an der Erarbeitung der Unterrichtsgegenstände bedeutend stärker als die Einzelarbeit oder frontale und vortragende Unterrichtsformen (vgl. *Nickel* 1975, S. 96).

Mit der Zielsetzung des kooperativen Erwerbs unabdingbarer Umwelt-erfahrungen im Schulunterricht ist verbunden, daß innerhalb der L-L-Organisation genügend *Materialien und Werkzeuge für den motorischen und kognitiven handelnden Umgang* mit Umweltsachverhalten bereitgestellt werden sollten.

Die Bereitstellung von Hilfsmitteln ist unterrichtspraktisch von großer Bedeutung. Das Interesse der Kinder an den gemeinschaftlichen Sach-erkundungen kann durch anregende Materialien entscheidend geweckt und erhalten werden. *Motivierendes Handlungsmaterial* regt die Kinder an, „Probleme aus größeren, komplexeren Zusammenhängen herauszulösen, sich für Lösungsmöglichkeiten für diese Probleme zu entscheiden und dazu Versuche (Experimente) zu planen, auszuführen und gewonnene Ergebnisse zu interpretieren“ (*Beck/Claussen* 1976, S. 131 f.).

Motivationscharakter
ler bereitzustellen-
len Handlungs-
materialien, Experi-
mentierkästen u. a.

Gedankenexperimente, wie sie in manchen Unterrichtsmethodiken empfohlen werden, sind für den Grundschulunterricht des angeführten Begründungszusammenhanges wegen nicht effektiv. Auch von motivationspsychologischen Ergebnissen her ist das Schülerexperiment in Einzel-, Partner- und Gruppenarbeit dem Lehrerdemonstrationsversuch vorzuziehen. Denn es ist erwiesen, „daß die Schüler dem Unterricht ein Interesse entgegenbringen, das direkt proportional ist zu den Handlungsmöglichkeiten, die man ihnen einräumt. Ihr Interesse ist größer, wenn sie die Lösung einer Aufgabe selber finden, als wenn sie nur der Demonstration der Lösung beiwohnen dürfen; es ist größer, wenn sie selber mit konkreten Gegebenheiten arbeiten können, als wenn sie sich diese Gegebenheiten vorstellen müssen oder sie nur als Zuschauer betrachten dürfen.“ (*Aebli* 1963, S. 25; vgl. auch *Scholz* 1976, S. 79; *Keiser* 1976, S. 840 u. a.)

Gedankenexperi-
mente im Grund-
schulunterricht als
Voraussetzung zum
handelnden Experi-
mentieren

Entstehung der
Unterrichtspraktiker

In der im Zusammenhang mit dieser Analyse durchgeführten *Fragebogenhebung* stellten die Lehrkräfte fest, daß der Mangel an geeigneten Versuchsmaterialien die Durchführung der experimentellen Unterrichtsform besonders erschwere (vgl. Anh., Frage 9, Seite 197). Die Lehrkräfte schätzten auch *Gegenstände aus der Umwelt des Kindes* gegenüber technischen Versuchsmaterialien und gegenüber didaktisch aufbereiteten Materialien weitaus *effektiver* ein (vgl. Anh.,

Frage 5, Seite 196). Sie waren der Meinung, daß insbesondere für die Grundschule die *einfachen Versuche mit Materialien aus der kindlichen Umwelt* im Vergleich zu Versuchen mit technischen Apparaten angemessener sind.

Resümee

Die Analyse des Realisationszusammenhanges zwischen den einzelnen *Zielkomponenten* der didaktischen Leitvorstellung der *Umweltorientierung* und der experimentellen Methode ließ erkennen, daß mit Hilfe der *experimentellen L-L-Strategie umweltrelevante Kenntnisse, Einstellungen und Fertigkeiten* erworben werden können.

Die didaktische Intention der Umweltorientierung fordert ebenso wie die experimentelle L-L-Strategie die Berücksichtigung der drei elementaren Dimensionen des L-L-Vollzugs.

Die didaktische Intention der Umweltorientierung strebt in den explizierten Teilkomponenten die Entfaltung bzw. die Modifikation der kognitiven, emotionalen und psychomotorischen Verhaltensdispositionen an, welche innerhalb der experimentellen L-L-Strategie mehr oder weniger *interdependent* zum Einsatz kommen. Für die Konzeption des grundlegenden Sachunterrichts galt und gilt das Prinzip der *Umweltorientierung* als *didaktisches Regulativ*, das z. B. die einseitige Gewichtung anderer Leitvorstellungen, wie etwa in jüngster Zeit die der Wissenschaftsorientierung, verhindern hilft.

Für die Durchführung des grundlegenden Sachunterrichts kann die *experimentelle L-L-Strategie* als *methodisches Regulativ* eingeplant werden, das bei einseitig subjektiven oder einseitig objektiven unterrichtlichen Aktionsformen einen angemessenen Ausgleich schaffen könnte.

Die Förderung einer aktiven Umweltzuwendung, die Vermittlung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses und die Schulung im kooperativen Erwerb von Umwelterfahrungen sind *komplementäre* Prozesse innerhalb der mehrdimensionalen Zielsetzung der Umweltorientierung.

Die experimentelle L-L-Strategie ist ein Unterrichtsverfahren, das Hilfestellung leistet bei der Modifikation bzw. Ausgestaltung der kognitiven, emotionalen und psychomotorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten, wie sie durch die didaktische Leitvorstellung der Umweltorientierung gefordert werden (vgl. Abb. 17, Seite 127).

Die kritisch-prüfende, motivierte, kooperative Untersuchung von Sachverhalten der Umwelt mit Hilfe der experimentellen Methode kann einen bedeutenden Beitrag zur Entwicklung der Umweltkompetenz leisten.

In Abb. 14, 15 und 16 (Seite 124/126) werden die *elementaren Kriterien* dieses Begründungszusammenhanges im Überblick dargestellt. Die tabellarische Anordnung erleichtert die rasche Erfassung der relationalen Kriterien für die Begründung der Annahme eines Realisationszusammenhanges zwischen den Zielkomponenten der didaktischen Leitvorstellung der Umweltorientierung und der experimentellen L-L-Strategie.

Kriterien der Vermittlung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses als Zielkomponente der didaktischen Leitvorstellung der Umweltorientierung	Forderungen an eine dieser Zielsetzung adäquate Unterrichtsgestaltung	Realisationszusammenhang mit der experimentellen L-L-Strategie
Leitgedanke: Der Unterricht hat ein zeitgemäßes Umweltverständnis zu vermitteln	Leitgedanke: Die L-L-Organisation muß die Erarbeitung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses fördern	Leitgedanke: Die experimentelle L-L-Strategie ist eine angemessene Realisationsweise für die Zielsetzung der Vermittlung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses
Vermittlung elementarer Interpretationsmuster und Interpretationsverfahren für die (naturwissenschaftlich-technisch geprägte) Umwelt	lehrstrategische Hilfestellung zur subjektiven Konstitution der objektiven Umweltgegebenheiten	Realitätsprüfung der subjektiven Hypothesen von Sachverhalten durch das Experiment („Hypothesen-Experiment-Falsifikationsgeflecht“)
Aufzeigen der Mehrdimensionalität bzw. Mehrdeutigkeit der Sachverhalte in der „natürlichen“ Umwelt	mehrperspektivische Betrachtung und Untersuchung der Unterrichtsgegenstände im „Umweltunterricht“	konkret-operationale, zielgerichtete Untersuchung der Umweltobjekte mit Hilfe der experimentellen Methode (mehrdimensionale Aktivitätenkombination)
Erschließung umweltrelevanter Erfahrungss- und Handlungssituationen	problemorientierte Analyse von Umweltsituationen	die experimentelle Strategie als Methode zur sachadäquaten, kritisch-prüfenden Analyse von Sachverhalten

Abb. 14: Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhanges zwischen der Zielsetzung der Vermittlung eines zeitgemäßen Umweltverständnisses und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie

Kriterien der Förderung einer aktiven Umweltzuwendung als Zielkomponente der didaktischen Leitvorstellung der Umweltorientierung	Forderungen an eine dieser Zielsetzung adäquate Unterrichtsgestaltung	Realisationszusammenhang mit der experimentellen L-L-Strategie
Leitgedanke: Der Unterricht soll die spontane Umweltzuwendung des Kindes unterstützen und bestärken	Leitgedanke: Die L-L-Organisation soll motivierende Situationen für die aktive Umweltzuwendung bereitstellen	Leitgedanke: Die experimentelle L-L-Strategie ist eine angemessene Realisationsweise für die Zielsetzung der Förderung einer aktiven Umweltzuwendung
Unterstützung der Assimilation bzw. Akkommodation im Verhältnis Kind—Umwelt	didaktische Aufbereitung von motivierenden Umweltkonstellationen (Lernumwelten)	subjektiv-objektive Bestimmtheit der experimentellen Methode als Realisationsform des Mensch-Welt-Bezugs
Hilfestellung beim Übergang von der subjektorientierten zur subjekt- und sachorientierten Umweltzuwendung	lehrstrategische Unterstützung der detaillierten Erfassung der Umweltobjekte und Umweltsituationen	die experimentelle Anordnung als „objektives“ Kontrollinstrument für eine subjektbezogene Theorie
didaktisches Interesse an spielerischen Interaktionsformen des Kindes mit den personalen und objektiven Umweltgegebenheiten	Anregung zu aktivem, entdeckendem und strukturierendem Lernen in didaktisch arrangierten Spielsituationen	das Experimentieren als intrinsisch motivierter, genuin spielerischer und zugleich zielstrebigter Interaktionsprozeß zwischen Mensch und Welt

Abb. 15: Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielsetzung der Förderung einer aktiven Umweltzuwendung und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie

Kriterien der Schulung im kooperativen Erwerb von Umwelterfahrungen als Zielkomponente der didaktischen Leitvorstellung der Umweltorientierung	Forderungen an eine dieser Zielsetzung adäquate Unterrichtsgestaltung	Realisationszusammenhang mit der experimentellen L-L-Strategie
Leitgedanke: Der Unterricht soll die Schüler im kooperativen Erwerb von Umwelterfahrungen schulen	Leitgedanke: Die L-L-Organisation soll motivierendes Handlungsmaterial für Erkundungssituationen bereitstellen	Leitgedanke: Die experimentelle L-L-Strategie ist eine angemessene Realisationsform für die Zielsetzung der Schulung im kooperativen Erwerb von Umwelterfahrungen
Einübung in die gemeinschaftliche Bewältigung von Umweltproblemen	gemeinsame Planung und Durchführung der Untersuchung von Sachverhalten	die experimentelle Methode als kritisch-erprobende Untersuchungsstrategie von objektiven Umweltgegebenheiten
Förderung des kooperativen Erwerbs einer umweltrelevanten Sach- und Sozialkompetenz	Durchführung kooperativer Arbeitsformen als gemeinschaftlich-operative und gemeinschaftlich-reflektierende Arbeitsweisen	optimale Anordnung, Beobachtung und Interpretation des Experiments in kooperativer Bemühung
Integration von umweltbezogenem und unterrichtlichem Denken und Handeln	Zusammenhang von schulischem Lernen und außerschulischer Erfahrung in projektähnlichen Unterrichtsverfahren	kooperative Planung makrostrategischer Schritte der experimentellen Methode als „Rahmen“ für mikrostrategische, individuelle Aktivitäten

Abb. 16: Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhanges zwischen der Zielsetzung der Schulung im kooperativen Erwerb von Umwelterfahrungen und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie

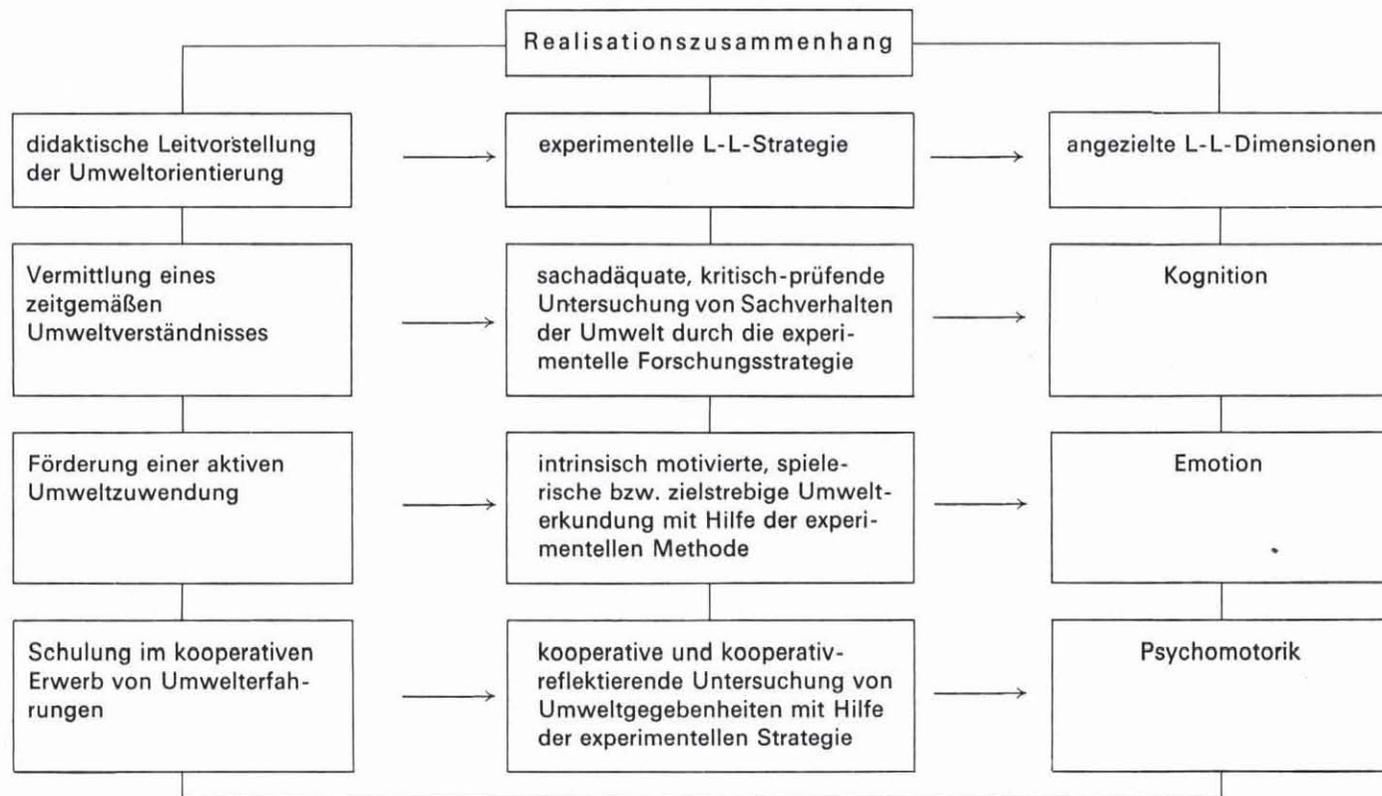


Abb. 17: Strukturmodell des Realisationszusammenhanges zwischen den durch die didaktische Leitvorstellung der Umweltorientierung angezielten Lehr-Lern-Dimensionen und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie

3. Unterrichtsmodelle

3.1 Thema: Warum mein Ball so gut springen kann

Empfohlene Jahrgangsstufe: 1–2

Fachbezug: Physik/Chemie

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung L-Demonstration	L läßt einen Gummiball (hohl) und eine Plastilinkugel gleichzeitig — über den Tisch rollen, — auf den Tisch fallen. Ball und Plastilinkugel können rollen, aber nur der Ball kann springen. Warum?
II. Planung gelenktes Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen, — warum der Ball gut springen kann, — warum die Plastilinkugel nicht springen kann.
III. Durchführung der Experimente SS-Einzelversuche SS-Demonstrations- versuche L-Demonstration	V ₁ : Vollgummiball, Gummiringe, Gummiball mit Ventil, Plastilinkugel — zusammendrücken, eindrücken, auf die Tischplatte pressen, auf den Boden fallen lassen — Vergleich mit Gummibändern, Gummiringen, Radiergummi V ₂ : Luft aus einem Gummiball ablassen und langsam wieder aufpumpen — mit der Plastilinkugel (aufschneiden) vergleichen (Größe — Gewicht/hohl — gefüllt) — mit einer Nadel in einen aufgeblasenen Luftballon stechen V ₃ : — einen Luftballon aufblasen — einen Gummiball mit Ventil, einen Fahrradschlauch, einen ledernen Fußball aufpumpen und die Luft schrittweise wieder ablassen — mit je verschiedenen Luftmengen gefüllte Bälle mehrmals hüpfen lassen
IV. Auswertung Unterrichtsgespräch L-Information	LZ ₁ : Gummiball und Plastilinkugel kann man zusammendrücken (eindrücken), aber nur der Gummiball wird wieder rund. — <i>Gummi ist elastisch.</i> — Der auf den Boden fallende Ball wird kurz <i>zusammengedrückt</i> . Dann wird er <i>wieder rund</i> und hüpf hoch. LZ ₂ : Gummiball und Luftballon sind mit Luft gefüllt. — <i>Gummi ist luftdicht.</i> — Die in den Gummiball <i>gepreßte Luft dehnt den Gummi aus.</i> LZ ₃ : Je praller der Ball mit Luft gefüllt ist, desto besser (höher) hüpf er. — Die <i>zusammengepreßte, „eingesperrte“ Luft drückt gegen die Ballwand.</i> — Durch das Prellen wird sie noch stärker <i>zusammengedreßt</i> , drückt gegen die Ballwand und <i>dehnt sich beim Zurückspringen des Balles wieder aus.</i>

Didaktische Intention: (Sachliche) Klärung von (erlebten) Sachverhalten aus der Erfahrungswelt des Kindes

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: Demonstrationsversuche als Provokation

SS: Verbalisierung bzw. Hinterfragen der Beobachtung

L: zur Formulierung von Problemfragen Hilfestellung geben

SS: das Problem erkennen

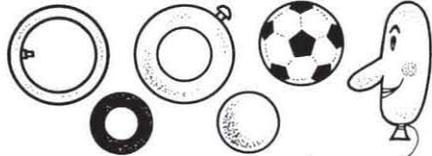
L: — Versuchsmaterialien bereitstellen
 — Demonstrationsversuche durchführen
 — zur genauen Beobachtung anregen
 — individuelle Beobachtungshilfen geben

SS: — mit den Versuchsmaterialien freie Experimente durchführen
 — genau beobachten (mit allen Sinnen)
 — das Beobachtete so präzise wie möglich verbalisieren

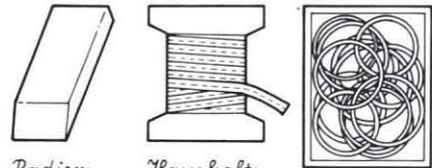
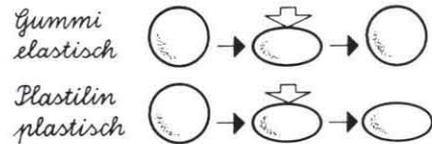
L: — die Beobachtungen von den Schülern ausführlich mitteilen lassen
 — gut verständliche Erklärungshilfen geben
 — zum Vergleichen der einzelnen Beobachtungsdaten anregen

SS: — Fragestellung und Beobachtungsdaten in Zusammenhang bringen
 — die Unterschiede in den Ergebnissen der einzelnen Versuche so genau wie möglich festhalten
 — die wichtigsten Erkenntnisse auf ähnliche Situationen anwenden können

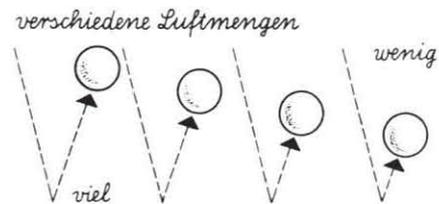
Fahrrad-schlauch Schwimm-gürtel Gummi-Spielball Luft-ballon



Vollgummiring Plastilinkugel



Radier-gummi Haushaltsgummi Gummiringe



3.2 Thema: Wie wir uns vor Feuchtigkeit schützen

Empfohlene Jahrgangsstufe: 1—2

Fachbezug: Physik/Chemie

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
--	----------------------------

I. Fragestellung

Lehrererzählung oder Schülerbericht Unterrichtsgespräch	Es regnet. Martina und Martin gehen zur Schule. Martin kommt naß in das Schulhaus. Martina ist nicht naß geworden. Warum?
---	--

II. Planung

Unterrichtsgespräch evtl. anhand der bereit- gestellten Versuchs- materialien Schülerberichte	Wir untersuchen, — welche Bekleidung die beiden Kinder getragen haben, — welche Stoffe Wasser durchlassen, — welche Stoffe Wasser nicht durchlassen.
---	---

III. Durchführung der Experimente

L-Demonstrations- versuche oder SS-Demonstrations- versuche oder Versuche in Gruppen- arbeit Versuchsreihe	V ₁ : Wasser auf Wolljacke, Wollmütze, nicht (stark) ein- gefettete Lederschuhe träufeln, tropfen, gießen V ₂ : Wasser auf Gummistiefel träufeln, tropfen, gießen V ₃ : Wasser auf eingecremte und nicht eingecremte Lederschuhe nacheinander träufeln, tropfen, gießen (Vergleichsversuch) V ₄ : Wasser auf Regenmantel, Regenhut, Regenschirm träufeln, tropfen, gießen — alle Versuche mit Schwamm, Gießkännchen, Auftropfwanne durchführen — grundsätzlich bei allen Versuchen auch versuchs- angemessene Stoffe bzw. Gegenstände, welche die Schüler selbst vorschlagen, verwenden — bei allen Versuchen Schülervermutungen zur Versuchsbeobachtung voranstellen
--	---

IV. Auswertung

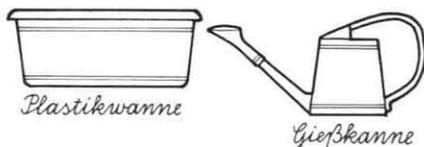
Unterrichtsgespräch bzw. Partnergespräch	LZ ₁ : Die Wolljacke (. . .) saugt sich mit Wasser voll und läßt das Wasser durch. Wolle ist <i>wasserdurchlässig</i> . LZ ₂ : Der Gummistiefel läßt kein Wasser durch. Gummi ist <i>wasserundurchlässig</i> . LZ ₃ : An stark eingecremten Lederschuhen perlt das Wasser ab. Fett(creme) macht Stoffe <i>wasserundurchlässig</i> . LZ ₄ : Der Regenmantel (. . .) läßt kein Wasser durch. Er ist imprägniert, d. h. mit einer <i>wasserundurchlässigen</i> Schicht bedeckt.
Gruppengespräch	Wenn wir uns vor Feuchtigkeit schützen wollen, müssen wir bestimmte Stoffe verwenden — Beispiele

Didaktische Intention: Klärung alltäglicher Verhaltensweisen durch physikalische Kenntnisse

Lehr-Aktivitäten
Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation
Medien

- L: — eine Problemsituation schaffen
— zum Staunen anregen



- SS: — staunen
— vermuten
— das Problem erkennen

- L: — mit den SS die Zielsetzung besprechen
— die SS zur Planung möglicher experimenteller Organisationsformen anregen



- SS: — Erfahrungswissen berichten
— Variablen identifizieren
— Möglichkeiten für die experimentelle Überprüfung vorschlagen
— Entscheidungen treffen

- L: — die SS zur Versuchsdurchführung anregen
— Versuche demonstrieren
— die SS auf genaue Beobachtung hinweisen
— individuelle Lernhilfen geben



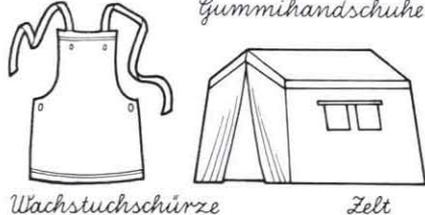
- SS: — die Versuche demonstrieren bzw. die Art und Weise der Durchführung kontrollieren
— Variablen kontrollieren
— genau beobachten



- L: — die Beobachtungen von den SS mitteilen lassen
— zum genauen Verbalisieren anregen
— zum Vergleichen der Einzelversuche anhalten
— die SS zum Erklären der Beobachtungsdaten auffordern



- SS: — die Beobachtungen verbalisieren
— Fragestellung und Beobachtungsergebnis in Zusammenhang bringen
— die Unterschiede in den Ergebnissen der Einzelversuche erfassen
— die Begriffe „wasserdurchlässig — wasserundurchlässig“ angemessen gebrauchen können
— Beziehungszusammenhänge sehen



3.3 Thema: Wie uns Rollen und Räder die Arbeit erleichtern

Empfohlene Jahrgangsstufe: 1—3

Fachbezug: Physik/Chemie/Arbeitslehre

Experimentelle
Lehr-Lern-Strategie
Unterrichtsformen

Lehr-Inhalte
Lern-Ziele

I. Fragestellung

gelenktes
Unterrichtsgespräch
Erfahrungsberichte
der Schüler

Mutter im Haushalt — Vater am Arbeitsplatz — Arbeiter
beim Hausbau:
Die Menschen müssen oft schwere Gegenstände transportieren. Können sie sich den Transport erleichtern?

II. Planung

Gruppengespräche
Frageunterricht

Wir untersuchen,
— wie *mit Rädern* die Fortbewegung von Gegenständen erleichtert werden kann,
— wie *Rollen* die Fortbewegung erleichtern,
— wie das *Glatt-Machen von Gegenständen* die Fortbewegung erleichtern kann.

III. Durchführung der Experimente

SS-Einzelversuche
Partnergespräche

V₁: — Serviertablett — Servierwagen: auf beiden dieselbe Anzahl von Tellern/Tassen transportieren
— feststellen, wie und warum der Transport leichter erfolgt

SS-Versuche
in Partnerarbeit

V₂: — ein (dickes, schweres) Buch auf dem Tisch hin- und herschieben
— das Buch in eine Schachtel legen, deren Boden mit Spielkugeln bedeckt ist, dann darauf hin- und herschieben
— analog: Lesebuch auf Bleistifte legen
— über den Kraftaufwand sprechen

L-Demonstrationsversuch
SS-Demonstrationsversuche

V₃: — Kochlöffel mit einer Hand umfassen, mit der anderen Hand drehen
— Kochlöffel und Hand mit Handcreme (Vaseline) einreiben und den Drehvorgang wiederholen
— Drehanstrengung bzw. Drehgeschwindigkeit beachten

IV. Auswertung

entwickelndes
bzw. problemlösendes
Unterrichtsgespräch

LZ₁: Das Serviertablett ist *schwer zu tragen*. Der Servierwagen ist *leicht zu schieben*.
— Auf rollenden Rädern lassen sich gleich schwere Gegenstände leichter fortbewegen als durch Tragen.
LZ₂: Wenn das Buch auf dem Tisch gleitet, ist die Bewegung schwerer auszuführen, als wenn es auf einer rollenden Unterlage (Kugeln, Bleistifte) hin- und herbewegt wird.
— Die *Haft- oder Gleitreibung* ist *größer als die Rollreibung*.
— Schwere Gegenstände lassen sich *leichter rollen als gleiten*.
LZ₃: Der eingefettete Kochlöffel dreht sich leichter in der Hand als der nicht eingefettete.
— *Durch Einfetten* können Gegenstände *glatt gemacht* werden. Dann entsteht bei ihrer Berührung *weniger Reibung*.

Didaktische Intention: Erkenntnis, daß der Mensch durch kluges Anwenden von natürlichen Gesetzmäßigkeiten sich beschwerliche Arbeiten erleichtern kann

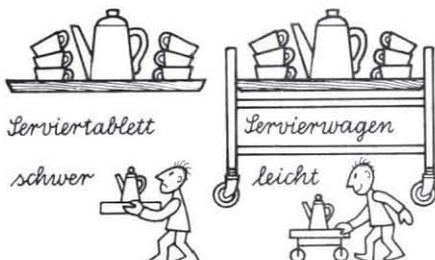
Lehr-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Lern-Aktivitäten

Medien

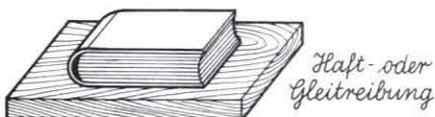
L: aktuelle Erfahrungssituation ausnützen oder entsprechende Erfahrungssituation als Unterrichtssituation vergegenwärtigen



SS: das Problem erkennen

L: zur Formulierung von Problemfragen Hilfestellung geben

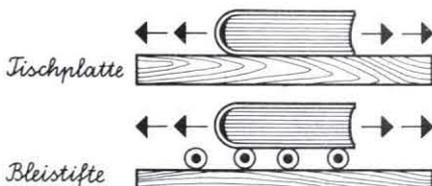
SS: Vermutungen anstellen



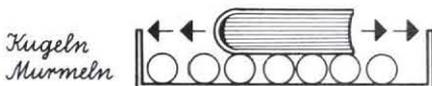
L: — Versuchsmaterialien bereitstellen
— die Schüler zur Versuchsdurchführung anregen
— die Schüler auf genaues Erfassen der Beobachtungsdaten hinweisen



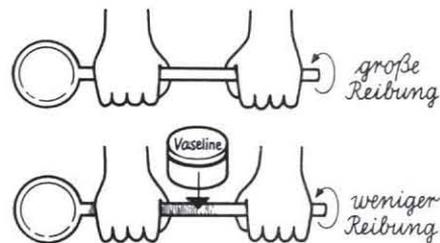
SS: — die Versuchsmaterialien zur Versuchsdurchführung richtig anwenden können
— auf genaue Unterschiede in den experimentellen Erfahrungsdaten achten
— Vermutungen und wirkliche experimentelle Erfahrungen miteinander vergleichen



L: — die Schüler zum Vergleich von experimentellem Vorgang, experimentellem Ergebnis und Problemfrage anregen
— die Schüler zu Erklärungsversuchen auffordern
— Sachinformationen geben



SS: — Zusammenhänge zwischen experimentellem Ergebnis und experimenteller Fragestellung sehen und verbalisieren
— die eigenen Erklärungsversuche mit den Sachinformationen des Lehrers in Zusammenhang bringen



3.4 Thema: Warum Verpackungen aus verschiedenen Stoffen sind

Empfohlene Jahrgangsstufe: 1—4

Fachbezug:

Physik/Chemie/Kunsterziehung/Haushaltslehre

Experimentelle
Lehr-Lern-Strategie
Unterrichtsformen

Lehr-Inhalte
Lern-Ziele

I. Fragestellung freies bzw. gelenktes Unterrichtsgespräch	Wir helfen Mutter beim Verpacken von Geschenken aus dem eigenen Haushalt. Welches Verpackungsmaterial brauchen wir, wenn wir folgende Dinge verpacken sollen: — Plätzchen, Kuchen — Blumenvase aus Glas, Keramik — Rumtopf, Marmelade — gestrickter Schal, Pullover.
II. Planung Impulsunterricht	Wir untersuchen, welches Verpackungsmaterial für welche Gegenstände geeignet ist: — Plastikfolie — Alufolie — Seidenpapier — Blechdosen, Keramikdosen — Geschenkpapier — Wellpappe, Karton — Gläser, Flaschen
III. Durchführung der Experimente freie SS-Versuche	V ₁ : freier bzw. gelenkter optischer und haptischer Umgang mit den verschiedenen Verpackungsmaterialien und -gegenständen — Stoffeigenschaften feststellen
gelenkte SS-Versuche in Alleinarbeit in Partnerarbeit	V ₂ : handelnd-experimentelles Erproben der Brauchbarkeit einzelner Verpackungsmaterialien für die Verpackungsgegenstände — Zusammenhang: Stoffeigenschaften — Gebrauchsfunktion feststellen
SS-Demonstrations- versuche	V ₃ : handelnd-experimentelles Zuordnen einzelner Verpackungsmaterialien zu Verpackungsgegenständen nach den Kriterien: praktisch — schön — Zusammenhang: Stoffeigenschaften — Gestaltungsfunktion
IV. Auswertung entwickelndes bzw. problemlösendes Verfahren	LZ ₁ : Die verschiedenen Verpackungsmaterialien haben <i>unterschiedliche Stoffeigenschaften</i> , die man durch Anschauen, Befühlen, Reißen, Falten, Schneiden usw. feststellen kann. LZ ₂ : Verpackungsmaterial mit bestimmten Stoffeigenschaften kann nur bei bestimmten Verpackungsgegenständen gebraucht werden (<i>Gebrauchsfunktion</i>): — Wellpappe, Karton, dickes Papier, Alufolie, Blech u. a. — dicht, reißfest, haltbar — für schwere, zerbrechliche, nicht zu kleine Gegenstände; — Gläser, Flaschen, Plastikfolie, Keramik, Plastik u. a. — wasser-, luft-, fettundurchlässig — wiederverwendbar für flüssige, an der Luft verderbliche Gegenstände.
Unterrichtsdiskussion	LZ ₃ : Verpackungsmaterial mit unterschiedlichen Stoffeigenschaften ist für einzelne Verpackungsgegenstände unterschiedlich schön (<i>Gestaltungsfunktion</i>): — Seidenpapier, Geschenkpapier — bunt, glänzend, anschmiegsam — für biegsame, leichte Gegenstände; — Gläser, Dosen, Flaschen, durchsichtige Folie — durchsichtig, wiederverwendbar — für farb- und formschöne Dinge.

Didaktische Intention: Zusammenhänge zwischen der Gebrauchsfunktion und der Gestaltungsfunktion von Gegenständen an einem Beispiel aus der Umweltgestaltung aufzeigen

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: Gelegenheitsunterricht oder angemessene Sachsituation schaffen

SS: alltägliche Umwelterfahrungen hinterfragen

L: Möglichkeiten und Zielsetzungen der SS: experimentellen Erkundung besprechen

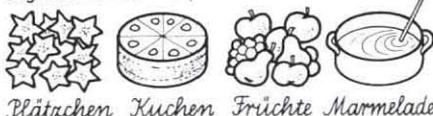
L: — benötigte Materialien bereitstellen
— zum explorierenden Umgang mit den Materialien anregen
— zum Hinterfragen der gemachten Erfahrungen in bezug auf die Fragestellung anhalten

SS: — mit den Materialien vielseitig „umgehen“
— Verpackungsgegenstände und Verpackungsmaterialien handelnd einander zuordnen
— die Zuordnung durch Verbalisierung von Stoffeigenschaften begründen

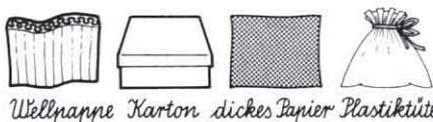
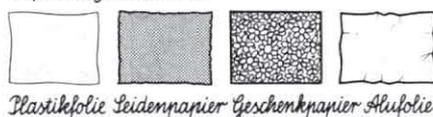
L: — zur Klassifikation der Materialien gemäß ihren Stoffeigenschaften anregen
— zum Vergleich zwischen Gestaltungs- und Gebrauchswert Hilfestellung geben

SS: — die Stoffe nach ihren Eigenschaften systematisch ordnen
— Beziehungszusammenhänge zwischen Stoffeigenschaften und Gebrauchs- bzw. Gestaltungsfunktion herstellen

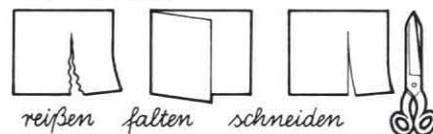
Gegenstände zum Verpacken



Verpackungsmaterialien



Stoffeigenschaften



Gebrauchsfunktion – Gestaltungsfunktion



3.5 Thema: Wie Erbsen als Sprengmittel dienen können

Empfohlene Jahrgangsstufe: 1—4 Fachbezug: Biologie/Physik/Chemie/Kulturgeschichte

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung L-Erzählung Unterrichtsgespräch	Der Überlieferung nach haben schon vor mehreren tausend Jahren die Ägypter Erbsen als Sprengmittel verwendet. Auch wir können die Sprengwirkung der Erbsen in der Natur beobachten. Wie?
II. Planung Unterrichtsgespräch evtl. SS-Berichte	Wir untersuchen, — unter welchen Bedingungen Erbsen eine Sprengkraft haben, — wie sich die Erbsen dabei verändern, — warum Erbsen (Samen) quellen.
III. Durchführung der Experimente vom L vorbereitete Versuchsmaterialien bereitstellen Durchführung der experimentellen Aktivitäten in Partnerarbeit Gruppenarbeit SS-Demonstration L-Demonstration	V ₁ : Vergleichen von etwa 2 Tage vorher in Wasser gelegten Erbsen mit Erbsen in der Samentüte — durch Zählen: gleiche Menge — verschiedene Anzahl — durch Wiegen: gleiche Anzahl — unterschiedliches Gewicht V ₂ : Versuchsgläser (Reagenzgläser) mit Erbsen füllen — wenige Samen, viel Wasser — Glas voll Wasser und voll Samen — dicht verschließen — Glas voll Wasser und voll Samen — nicht verschließen V ₃ : eine Pappschachtel zur Hälfte mit angerührtem Gips füllen — in den weichen Gips Erbsen kreuzförmig eindrücken — mit dem restlichen Gips die Schachtel schnell füllen — erhärten lassen, Pappschachtel entfernen — den Gipsblock in einen mit Wasser gefüllten Behälter legen — nach etwa 3 Std. Risse beobachten, nach etwa 24 Std.? V ₄ : 4 trockene, unbeschädigte Bohnsamen mit Nadeln so an Plastilin befestigen, daß nur 2 mit dem Nabel nach unten ins Wasser reichen, 1—2 Tage stehen lassen
IV. Auswertung Unterrichtsgespräch Gruppengespräch L-Information	LZ ₁ : <i>Trockene Erbsensamen können viel Wasser aufnehmen. Sie quellen.</i> — Dabei nehmen <i>ihr Gewicht</i> und <i>ihre Größe (Volumen)</i> zu. LZ ₂ : <i>Die aufquellenden Samen zersprengen das verschlossene Glas.</i> — Der <i>Quellungsdruck</i> zersprengt auch die Samenschale, damit der Keimling wachsen kann. LZ ₃ : <i>Quellende Samen entwickeln eine große Kraft.</i> (Druckwirkungen bis zu 100 Atmosphären! — „Quellungsdruck“) LZ ₄ : <i>Nur jene Bohnen, die mit dem Nabel in das Wasser tauchen, quellen.</i> — Die <i>trockenen Samen</i> nehmen nur <i>durch den Nabel Wasser auf</i> (Keimmund). — Die <i>Samenschale</i> ist <i>wasserundurchlässig</i> . (Hartschalige Samen quellen nach einer Verletzung der Samenschale besser, schneller.)

Didaktische Intention: Kenntnisse bzw. Erkenntnisse über biologische und physikalische Eigenschaften eines Umweltphänomens erarbeiten

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: Informationen bieten zur Erarbeitung einer Problemfrage



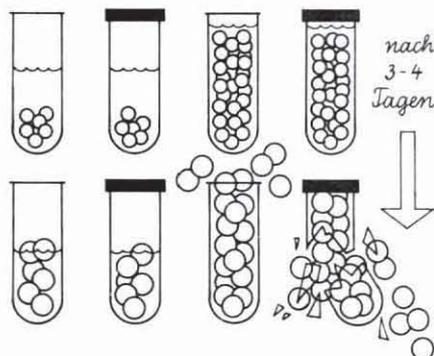
SS: staunend die gegebenen Informationen hinterfragen

L: die Problemfrage(n) so formulieren,

SS: daß sie voraussichtlich durch Versuche beantwortet werden kann

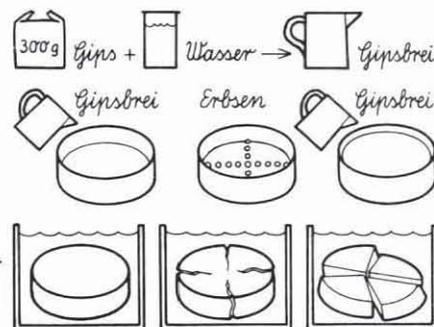


L: — mit den Schülern mögliche experimentelle Organisationsformen besprechen
 — die benötigten Experimentiermaterialien bereitstellen
 — Hilfestellung zur Durchführung der einzelnen Experimente geben



SS: — Arbeitsaufträge zur Planung von einzelnen Versuchen ausführen
 — die bereitgestellten Experimentiermaterialien bei den einzelnen Versuchen richtig verwenden können
 — die einzelnen experimentellen Tätigkeiten sorgfältig ausführen und Beobachtungsaufgaben formulieren

L: — die Schüler zur unermüdlichen und genauen (Langzeit) Beobachtung ermuntern
 — Hilfestellung zur gedanklichen Verarbeitung der Beobachtungsdaten geben
 — Einzelwissen in größere Wissenszusammenhänge einordnen



SS: — genau beobachten und das Beobachtete auch genau verbalisieren
 — die Beobachtungsdaten mit den Lehrerinformationen in Zusammenhang bringen
 — Erklärungsversuche mit den eigenen Versuchsergebnis-Vermutungen vergleichen



3.6 Thema: Was uns der im heißen Tee stehende Löffel lehrt

Empfohlene Jahrgangsstufe: 2–3

Fachbezug: Haushaltslehre/Physik

Experimentelle
Lehr-Lern-Strategie
Unterrichtsformen

Lehr-Inhalte
Lern-Ziele

I. Fragestellung

SS-Erfahrungsberichte
SS-Fragen

Wir können oft erfahren, daß nicht alle Dinge in der Sonne gleich schnell heiß werden, z. B. die Schultasche aus Leder/Kunststoff und der Metallverschluß an der Schultasche. Warum?

II. Planung

Unterrichtsgespräch

Wir untersuchen,
— welche Stoffe schnell erwärmt werden können,
— welche Stoffe sich nur langsam erwärmen,
— wie sich die Stoffe erwärmen.

III. Durchführung der Experimente

L-Demonstrations-
versuche

V₁: 5 Teegläser mit heißem Tee füllen
— in jedes Glas einen Löffel (gleich groß, gleich dick, gleich schnell, unterschiedliches Material) stellen
— gleichzeitig an jedem Löffelende gleich große Butterkügelchen anbringen

SS-Gruppenversuche

V₂: eine Stricknadel durch eine Milchdose oder eine Kugel aus Plastilin stecken
— an der Stricknadel im 2-cm-Abstand Wachs-kügelchen anbringen
— eine brennende Kerze zum Erwärmen der Stricknadelenden verwenden
— Versuch mit einem Glasstab wiederholen

L- bzw. SS-Demonstrations-
versuche

V₃: Silberlöffel mit Holzgriff in kochendes Wasser halten
— heiße Teekanne auf Korkuntersetzer stellen
— Topf mit Kunststoffgriffen (zum Vergleich mit Metallgriffen) mit Wasser füllen, erhitzen und jeweils Wärmeempfindungen an den Griffen feststellen

IV. Auswertung

Impulsunterricht

LZ₁: Die Butterkügelchen schmelzen, weil die Wärme vom heißen Tee in die Löffel wandert.
— In manchen Stoffen *breitet sich die Wärme (Kälte) langsam aus*, z. B. in Kunststoff, Holz, Glas (*schlechte Wärmeleiter*).
— In manchen Stoffen *breitet sich die Wärme schnell aus*, z. B. in Silber, Blech (*gute Wärmeleiter*).

LZ₂: Die Wachs-kügelchen fallen der Reihe nach ab.
— Vom erhitzten Stricknadelende aus *wandert die Wärme allmählich* durch den Metallstab.
— Bei der *Wärmeleitung erwärmt ein Stoffteilchen das jeweils nächste*.

L-Information

LZ₃: Stoffe, in denen sich die Wärme nur langsam ausbreitet (z. B. Kunststoff, Glas, Holz, Gewebe), können zur *Wärmeisolation* (Kälteisolation) dienen.

Didaktische Intention: Erfahrungen aus der alltäglichen Umwelt denkend hinterfragen lernen

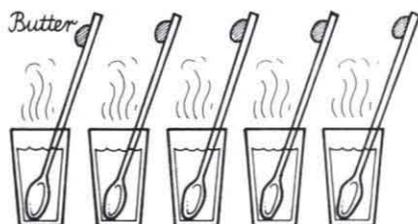
Lehr-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Lern-Aktivitäten

Medien

L: Gelegenheitsunterricht durchführen oder eine sachgemessene Problemsituation aufbauen

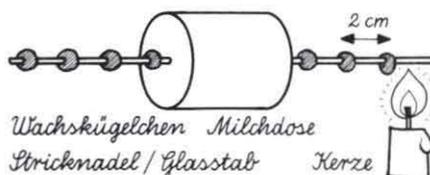


Löffel aus
Silber Blech Glas Holz Plastik
gute und schlechte Wärmeleiter

SS: selbstverständliche Umweltphänomene hinterfragen

L: mit den Schülern die Zielsetzung besprechen

SS: Erfahrungswissen sinngemäß einbringen



Wachskügelchen Milchdose
Stricknadel / Glasstab Kerze

L: — Experimentiermaterialien bereitstellen
— die Schüler zur Versuchsplanung und zu Ergebnisvermutungen anregen
— Versuche demonstrieren

SS: — die experimentelle Anordnung zusammenstellen
— Ziele zur Versuchsdurchführung formulieren
— Vermutungen zu den Versuchsergebnissen anstellen



Topflappen
Silberlöffel
mit Holzgriff

Topf
mit Kunststoffgriffen
mit Metallgriffen

Teekanne
auf Korkuntersetzer

L: — zur genauen Verbalisierung der experimentellen Erfahrungsdaten auffordern und Hilfestellung geben
— zur Erklärung der experimentellen Erfahrungsdaten auffordern

SS: — die angestellten Vermutungen mit den experimentellen Erfahrungsdaten vergleichen
— die Erklärungsversuche in größere Wissenszusammenhänge einordnen

Wärmeisolation / Kälteisolation



Kunststoff Glas Holz Gewebe

3.7 Thema: Zaubereien in der Küche

Empfohlene Jahrgangsstufe: 2–4 Fachbezug: Haushaltslehre/Physik/Chemie/Ökologie

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung Impulsunterricht L-Darbietung als Provokation	In der Küche vollziehen sich jeden Tag viele zauberhafte Dinge, z. B. Stoffe verschwinden und kommen wieder zum Vorschein. Wie können wir Mit-Zaubern?
II. Planung Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen, — wie sich Flüssigkeiten zueinander verhalten, — wie sich feste Stoffe und Flüssigkeiten zueinander verhalten.
III. Durchführung der Experimente L-Demonstrations- versuche SS-Einzelversuche SS-Demonstrations- versuche	V ₁ : Essigessenz und Wasser in verschiedenen Anteilen — zusammenschütten — schütteln — unterschiedliche Verfärbung und unterschiedlichen Geschmack feststellen — analogen Versuch mit Tinte durchführen V ₂ : Speiseöl und Wasser in verschiedenen Anteilen — zusammenschütten — kräftig durchschütteln — gegen das Licht halten, feststellen, daß eine milchige Trübung entsteht, nach einiger Zeit aber eine Ölschicht auf dem Wasser schwimmt V ₃ : Salz und Zucker in Wasser auflösen, Lösungen — in geringen Mengen in einem flachen Teller — in einer Tasse — an einem warmen Ort über längere Zeit hinweg beobachten (bis im flachen Teller das Wasser verdunstet ist)
IV. Auswertung Unterrichtsgespräch L-Information	LZ ₁ : Je größer der Anteil an Essigessenz ist, desto dunkler färbt sich das Wasser und desto saurer schmeckt es. — Essig als <i>Reinstoff</i> wird <i>durch Wasserzugabe nur verdünnt</i> . LZ ₂ : Öl und Wasser vermischen sich nicht miteinander. — Gemenge aus <i>Flüssigkeiten</i> , die sich <i>nicht beständig miteinander vermischen</i> , heißen <i>Emulsionen</i> . — Emulsionen trennen sich in kurzer Zeit wieder von selbst in die Ausgangsstoffe (z. B. auch Fett, das auf der Milch schwimmt). — In der Umwelt gibt es <i>viele natürliche Gemenge</i> (im Meerwasser gelöstes Salz, Erdgemenge, Rauch, Schaum, Autoabgase). LZ ₃ : Zucker und Salz lösen sich in Wasser auf. — <i>Wasser ist das Lösemittel</i> für einen festen <i>Lösestoff</i> , z. B. Zucker, Salz. — Es entsteht eine <i>Zucker (Salz)-Lösung</i> . — Beim Verdunsten oder Verdampfen des Lösemittels Wasser bleibt der feste Lösestoff (Zucker-, Salzkristalle) zurück.

Didaktische Intention: Kenntnisse über Unterschiede/Gesetzmäßigkeiten im „Verhalten“ von Flüssigkeiten zueinander bzw. zu festen Stoffen als Erklärungsmöglichkeiten für Umweltphänomene erwerben

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: durch provokative Äußerungen eine Problemsituation schaffen

SS: Vermutungen anstellen



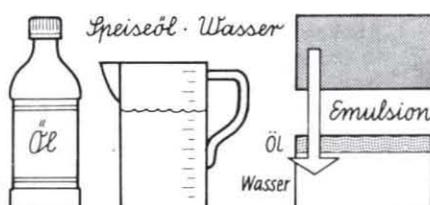
L: die Schüler zur Planung möglicher Experimente anregen

SS: Möglichkeiten für experimentelle Versuchsanordnungen angeben



L: — Versuchsmaterialien bereitstellen
— die Schüler zur Durchführung verschiedener Experimente anregen
— die Schüler zur genauen Beobachtung anleiten

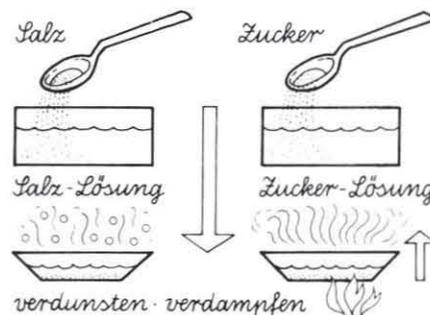
SS: — mögliche experimentelle Vorgehensweisen an Hand der Versuchsmaterialien darstellen
— die Daten der Langzeitbeobachtung sorgfältig festhalten (lassen)



L: — Vermutungen der Schüler und Beobachtungsdaten gegenüberstellen lassen
— zum Vergleichen der einzelnen Versuche/Versuchsergebnisse anregen
— auf die präzise Verbalisierung von beobachteten Gesetzmäßigkeiten hinweisen



SS: — die Voraussagen bestätigen oder falsifizieren
— die Beobachtungsdaten der einzelnen Versuche miteinander vergleichen
— Schlußfolgerungen von den Beobachtungsdaten auf vorhandene Gesetzmäßigkeiten ziehen



3.8 Thema: Warum die Stockente so gut schwimmen kann

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3–4

Fachbezug: Biologie/Physik/Ökologie

Experimentelle
Lehr-Lern-Strategie
Unterrichtsformen

Lehr-Inhalte
Lern-Ziele

I. Fragestellung gelenktes Unterrichtsgespräch	Die Stockenten sind groß und dick (schwer) — sie können aber trotzdem gut auf dem Wasser schwimmen. Andere gleich große Gegenstände würden untergehen. Warum?
II. Planung Partnergespräch Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen, — wie die Stockente sich <i>im Wasser fortbewegt</i> , — wie <i>Rumpf und Füße</i> der Stockente für das Schwimmen <i>gebaut sind</i> , — wie das <i>Gefieder</i> der Stockente dem Leben <i>auf dem Wasser angepaßt</i> ist.
III. Durchführung der Experimente SS-Demonstrations- versuche L-Demonstrations- versuche SS-Versuche in Gruppenarbeit bzw. in Partnerarbeit	V ₁ : Funktionsmodell des Schwimmfußes herstellen: 3 Drahtzehen mit Pergament oder Plastikfolie bespannen und an einem Griff (Bein) befestigen — in verschiedenen Stellungen durch eine mit Wasser gefüllte Glaswanne ziehen V ₂ : Spielzeugschiffe, Holzklötzchen von unterschiedlicher Gestalt (auch rechteckige) auf das Wasser (Glaswanne) legen und Schwimmexperimente durchführen — mit Ente (Stopfpräparat) vergleichen V ₃ : — Entenfedern in Spülwasser waschen und trocknen — einige Federn dünn mit Fett einstreichen, die anderen nicht — in eine mit Wasser gefüllte Glaswanne eintauchen und schwimmen lassen (analoger Versuch mit eingefettetem/normalem Fließpapier)
IV. Auswertung Partnergespräch Gruppengespräch gelenktes Unterrichtsgespräch (problemlösendes Verfahren)	LZ ₁ : Die Ente hat einen <i>Schwimmfuß</i> . — Sind die Zehen mit der <i>Schwimmhaut gefaltet</i> , ist der <i>Wasserwiderstand gering</i> (kleine Fläche); deshalb bewegt die Ente den Schwimmfuß so vorwärts. — Sind die Zehen des Schwimmfußes <i>gespreizt</i> , bietet die <i>ausgespannte Schwimmhaut</i> dem Wasser eine <i>große Fläche</i> ; drückt die Ente so den Schwimmfuß nach hinten, wird ihr <i>Rumpf vorwärts</i> gestoßen. LZ ₂ : Der <i>kahnförmige Rumpf</i> der Stockente <i>kippt nicht leicht um</i> , auch wenn Wellen schlagen. LZ ₃ : — Die <i>eingefetteten Federn</i> <i>schwimmen</i> auf dem Wasser. — Die <i>nicht eingefetteten Federn</i> <i>saugen sich voll Wasser</i> und gehen unter. — Weil die Stockente nach jedem Wasseraufenthalt ihr Gefieder „putzt“, d. h. mit dem Schnabel Fett (aus der Bürzeldrüse) einstreicht, saugt sich das <i>Federkleid nicht voll Wasser</i> .

Didaktische Intention: Zusammenhänge zwischen Körperbau und Lebensraum von Lebewesen am Beispiel der Stockente exemplarisch erfassen

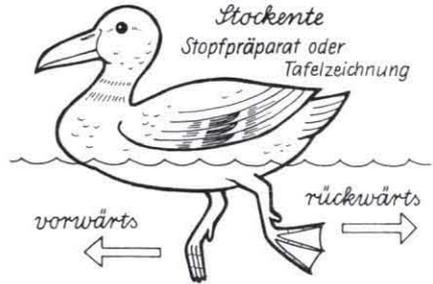
Lehr-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Lern-Aktivitäten

Medien

L: Fragestellung der Schüler aufgreifen oder Vergegenwärtigung einer entsprechenden Erfahrungssituation

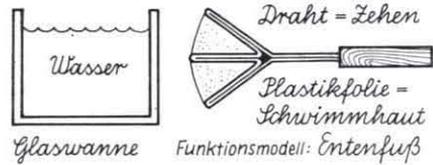


SS: das Problem erkennen

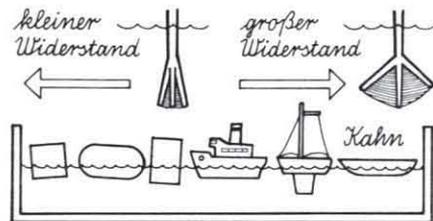
L: die Schüler zur Planung möglicher experimenteller Überprüfungsmöglichkeiten der Problemfrage auffordern

SS: Möglichkeiten für die experimentelle Überprüfung vorschlagen

L: — die Versuchsmaterialien bereitstellen
 — zur Zuordnung der Versuchsmaterialien zum entsprechenden Objekt aus der Umweltsituation auffordern
 — zur selbständigen Durchführung der Versuche auffordern



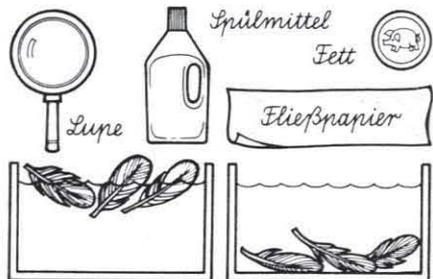
SS: — die Versuchsmaterialien für die einzelnen Versuche zusammenstellen
 — die einzelnen Teile des Funktionsmodells mit dem wirklichen Schwimmfuß der Ente vergleichen können
 — die einzelnen Versuche gemäß der Zielsetzung durchführen können



verschiedene Holzklötze / Spielzeugschiffe

L: — zum Vergleich zwischen den experimentellen Beobachtungsdaten und dem zu überprüfenden Umweltphänomen anregen
 — die Schüler an die Untersuchungsaufgabe erinnern
 — Sachinformationen anbieten

SS: — die experimentellen Beobachtungsdaten mit den entsprechenden Gegebenheiten bei der Ente in Zusammenhang bringen
 — die Zielsetzung der Versuche beim konkreten Experimentieren beachten
 — Beziehungszusammenhänge zwischen biologischen und physikalischen Gegebenheiten sehen lernen



eingefettete und nicht eingefettete Federn

3.9 Thema: Wir untersuchen verschiedene Bodenarten

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3–4

Fachbezug: Ökologie/Biologie/Physik/Chemie

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele			
I. Fragestellung Impulsunterricht	Mutter kauft Blumenerde zum Umtopfen. Warum nimmt sie nicht einfach Sand?			
II. Planung Unterrichtsgespräch Frageunterricht	Wir untersuchen und stellen fest — Unterschiede durch Fingerprobe, — Saugfähigkeit bzw. Wasserdurchlässigkeit der Bodenarten, — ob in der Erde unsichtbare Lebewesen sind.			
III. Durchführung der Experimente Einzelversuche	V ₁ : — Verschiedene Bodenproben (leicht angefeuchtet) zwischen den Fingern zerreiben — die Bodenproben mit den Händen zu kneten versuchen			
L-Demonstration SS-Demonstration	V ₂ : 3 Blumentöpfe mit je gleichen Mengen füllen: Sand, Humus, Lehm (Scherben über die Abflußlöcher) — mit je gleichen Mengen Wasser übergießen — in jeden Topf eine gleich große Pflanze setzen und stehenlassen — Welkeheitszustand der Pflanze mit der Menge des durchgelaufenen Wassers vergleichen			
L-Demonstration	V ₃ : Humusboden (Waldboden, gute Gartenerde) in ein Eimachglas füllen, das innen rundherum mit einem Streifen Filterpapier ausgelegt wurde — wenig Wasser darübergießen, Glas luftdicht verschließen — an einen warmen Platz stellen und beobachten			
Einzelarbeit Partnerarbeit				
IV. Auswertung Gruppengespräche Unterrichtsgespräch				
LZ ₁ : Erkenntnis/Wissen:	LZ ₂ :			
Bodenart	Tastempfindung	Form-/Knetbarkeit	Pflanze nach 3 Tagen	Wasseraufnahme
<i>Sand</i> (Acker- boden)	rauh, locker, bröselig	trocken, nicht formbar, keine Verschmutzung	welkt	Wasser läuft durch
<i>Humus</i> (Blumen- erde)	krümelig	nicht beständig formbar, wenig Verschmutzung	erhält viel Feuchtigkeit	saugt Wasser auf
<i>Lehm</i>	rauh, etwas körnig	gut form-/knetbar, starke Verschmutzung	erhält Feuchtigkeit	saugt Wasser auf
Impulsunterricht L-Information	LZ ₃ : Das Stück Filterpapier verschwindet nach einiger Zeit. — Winzig kleine <i>Bakterien</i> fressen das Filterpapier auf (Mikroskop!) — Im <i>Waldboden</i> z. B. leben <i>unzählig viele kleine Lebewesen</i> , die man mit bloßem Auge nicht sehen kann.			

Didaktische Intention: Kenntnisse bzw. Fertigkeiten zur Umwelterkundung im ökologischen Bereich erarbeiten

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: zur Formulierung von Problemfragen
Hilfestellung geben

SS: die angezielte Problematik erfassen

L: die Schüler zur Planung möglicher
Experimente anregen

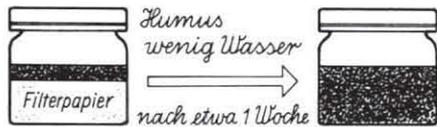
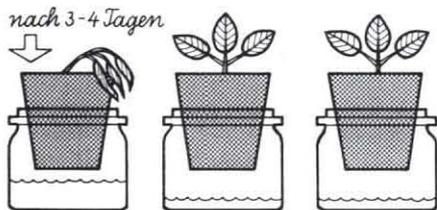
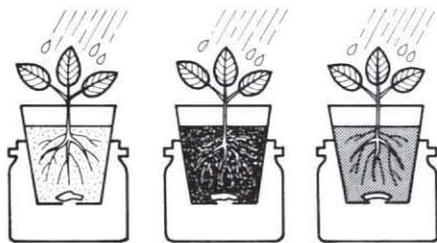
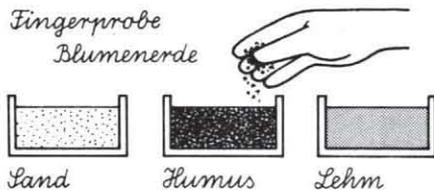
SS: im Anschluß an die Problemstellung
Fragen so formulieren, daß sie voraus-
sichtlich durch Versuche beantwortet
werden können

L: — benötigte Versuchsmaterialien
bereitstellen
— Anregungen zur Festlegung von
Beobachtungsaufgaben geben
— Lehrerdemonstration und experimen-
telle Schülerertätigkeiten koordinieren

SS: — an Hand der vorhandenen Versuchs-
materialien Experimente planen
— Beobachtungsaufgaben mitformulieren
(mit dem L)
— die gegebenen Phänomene (Boden-
arten) optisch und haptisch sorg-
fältig erkunden

L: — zur sorgfältigen Formulierung der
experimentell gemachten Erfahrungen
anregen
— die Schüler zur genauen Erklärung
der Beobachtungsdaten hinführen
— die Schüler im Anschluß an ihre
konkret-experimentell gemachten
Erfahrungen zu neuen Erkenntnissen
führen

SS: — experimentell gemachte Erfahrungen
so genau wie möglich in Worte fassen
(Versuchsergebnisse formulieren)
— Sachinformationen aufnehmen und mit
den konkret gemachten Erfahrungen
in Zusammenhang bringen (ver-
gleichen)
— die einzelnen Beobachtungsdaten
zueinander logisch in Beziehung
setzen



3.10 Thema: Was das Licht bewirken kann

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3–4

Fachbezug: Physik/Optik

<i>Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen</i>	<i>Lehr-Inhalte Lern-Ziele</i>
I. Fragestellung Impulsunterricht	Ohne Licht können und wollen wir Menschen nicht leben. Viele interessante Erscheinungen unserer Umwelt werden durch das Licht verursacht. Welche?
II. Planung Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen — Spiele zwischen Licht und Wasser, — Spiele zwischen Licht und festen Gegenständen, — Spiele zwischen Licht, Luft, festen Gegenständen und Wasser.
III. Durchführung der Experimente	
L-Demonstration	V ₁ : Bogen weißes Papier an der Wand befestigen, darunter Schüssel mit Wasser stellen — im verdunkelten Zimmer mit Taschenlampe in verschiedenen Stellungen auf die Wasseroberfläche leuchten (Lichtfleck an der Wand — heller Fleck auf dem Boden der Schüssel)
Gruppenversuche	V ₂ : Mehrere Gläser mit Wasser füllen — verschiedene Löffel bzw. Strohhalm hineinstellen — direkt von oben und schräg von oben betrachten — mit Taschenlampe unterschiedlich schräg von oben auf Wasseroberfläche leuchten
L-Demonstration SS-Versuche	V ₃ : Lichtquelle (Kerze, Taschenlampe) im verdunkelten Raum auf verschiedene Gegenstände richten (Keramikvase, Glasvase, Glasplatte, Schultasche, Plastikfolie, Buch, Wasserglas) — Schattenstärke, -umrisse, -größe, -wanderung vergleichend betrachten
IV. Auswertung Unterrichtsgespräch L-Information	LZ ₁ : Die Wasseroberfläche (Wasser-, „Spiegel“) wirkt wie ein Spiegel, der das auf ihn fallende Licht zurückwirft. — Ein Teil der Lichtstrahlen trifft auf die Wand, ein Teil beleuchtet den Schüsselboden. LZ ₂ : Die Halme/Löffel scheinen an der Grenze zwischen Luft und Wasseroberfläche geknickt. Sie wirken in den Gläsern kürzer. — Wenn Lichtstrahlen von einem durchsichtigen Stoff (Luft) kommen und schräg auf einen anderen durchsichtigen Stoff (Wasser) treffen, werden sie abgelenkt (Brechung).
Partnerggespräche	LZ ₃ : Ohne Lichtquelle gibt es keinen Schatten. — Nur licht-undurchlässige Gegenstände werfen einen Schatten. — Der Schatten liegt immer hinter dem angeleuchteten Gegenstand.

Didaktische Intention: Kenntnisse bzw. erste Einsichten über naturwissenschaftliche Erklärungen von sonderbaren Umweltphänomenen an Beispielen aus der Lichtlehre erarbeiten

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: durch provokative Behauptungen die Schüler zum Staunen bringen

SS: Vermutungen anstellen aufgrund von Erfahrungsberichten

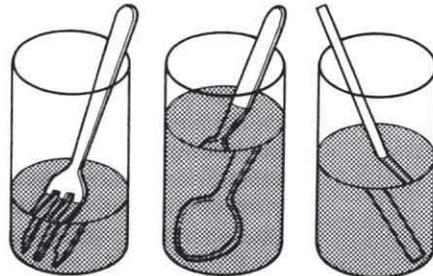
L: mit den Schülern Untersuchungsaspekte besprechen

SS: Vorschläge für die experimentelle Überprüfung machen



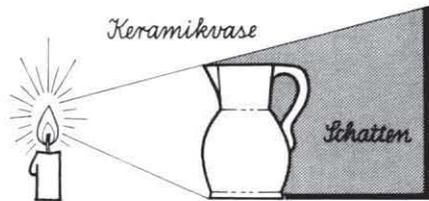
L: — Versuche demonstrieren
— die Schüler zur genauen Beobachtung hinführen
— die Schüler zum Transfer der experimentell gewonnenen Erfahrungsdaten anregen

SS: — Versuche durchführen
— die Veränderungen während des Versuchs an den Versuchsobjekten genau beobachten
— auch kleine Unterschiede in den beobachteten Daten sorgfältig verbalisieren

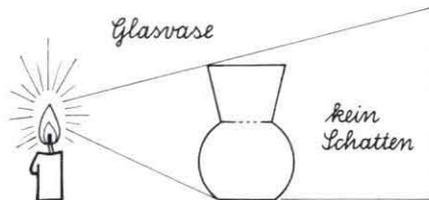


Brechung der Lichtstrahlen

L: — zum genauen Verbalisieren der Beobachtungsdaten anregen
— Sachinformationen zur Erklärung der beobachteten Fakten anbieten
— zum Vergleich mit alltäglichen Erfahrungen auffordern



SS: — die beobachteten Veränderungen so genau wie möglich formulieren
— Lehrerinformationen und Beobachtungsdaten denkend in Zusammenhang bringen
— zur Verwendung der präzisen Fachsprache bereit/fähig sein



V. Kapitel

„Der echte Schüler lernt aus dem Bekannten das Unbekannte entwickeln und nähert sich dem Meister.

Hypothesen sind Wiegenlieder, womit der Lehrer seine Schüler einlullt; der denkende treue Beobachter lernt immer mehr seine Beschränkung kennen, er sieht: je weiter sich das Wissen ausbreitet, desto mehr Probleme kommen zum Vorschein.“

Johann Wolfgang von Goethe

Das Experiment im Dienste der Schülerorientierung des grundlegenden Sachunterrichts

1. Die Schülerorientierung als Zielvorstellung des grundlegenden Sachunterrichts

Im Zuge der Umorientierung von Pädagogik und Didaktik auf den Schüler hin und insbesondere im Zusammenhang mit innovatorischen Bestrebungen des Grundschulunterrichts nimmt das Postulat eines schülerorientierten Unterrichts einen breiten Raum ein. Innerhalb der Unterrichtstheorie gibt es im wesentlichen *zwei unterschiedliche Explikationen* der didaktischen Intention der Schülerorientierung:

- (1) die Orientierung am *Schüler als Lernsubjekt*
- (2) die Orientierung am *Schüler als Lernobjekt*

Dabei ist das Verhältnis zwischen den beiden Orientierungskonzepten im Sinne des unterrichtstheoretischen Interessenwandels „von der Lehrperspektive zur Adressatenperspektive“ (*Flechsig*) so zu bestimmen, daß der Schüler *so weit wie möglich als Subjekt und so wenig wie möglich als Objekt* des Lernprozesses gesehen wird. Der Terminus „Schülerorientierung“ ist nicht einseitig als ein Prinzip der Lernmaximierung zu deuten, welches im Unterrichten ein Instrument des Lehrers zum intensiveren, besseren, schnelleren, extensiveren Lernen des Schülers sieht. Der Schüler ist nicht nur als „Lernender unter der Bedingung von Lernen“ (*Eigler* u. a. 1976, S. 202) zu betrachten, der Lehrstrategien als Lernhilfen zu verarbeiten hat. Er ist vielmehr auch als gleichberechtigter Partner in einem als „Handlungsdiallog“ (*Muth*) verstandenen L-L-Prozeß ernstzunehmen. So gesehen, sind dann auch die personalen und sozialen Dimensionen des Unterrichtsgeschehens als zielrelevante Faktoren bedeutsam. „Schülerorientierter Unterricht will also auch dem Schüler in seiner Gesamtheit als Person und in seiner Subjektivität gerecht werden, nicht nur in seiner Rolle als verpflichteter Lernteilnehmer.“ (*Einsiedler/Härle* (Hrsg.) 1976, S. 14)

Sichtweise des Schülers als Lernsubjekt und als Lernobjekt

Das Prinzip der Schülerorientierung ist innerhalb der Pädagogik bzw. Didaktik keine Neuheit. *Schnitzer* (in *Schnitzer/Geisreiter/Volk* 1976, S. 42) u. a. haben für unterschiedliche Unterrichtskonzeptionen die entsprechenden schülerorientierten Maßnahmen wie folgt dargestellt:

- *Anschauungsunterricht*: von der Konkretisierung zur Abstraktion
- *Arbeitsschulunterricht*: tätige Auseinandersetzung mit Lerngegenständen
- *Ganzheitsunterricht*: durch Gliedern von Zusammenhängen Einsichten in Details
- *Gesamtunterricht*: Interessen des Kindes als fächerübergreifende Leitideen
- *Erlebnisunterricht*: Stoffauswahl und -anordnung entsprechend kindlicher Erlebnisse
- *Exemplarischer Unterricht*: Auswahl exemplarischer Stoffe und Anwendung entsprechender Verfahren
- *Programmierter Unterricht*: individuelle Lerngeschwindigkeit und regelmäßige Erfolgsbestätigung

Schülerorientierung als „altes“ pädagogisches bzw. didaktisches Prinzip — unterschiedliche Ausprägungen

Gerade im Grundschulunterricht ist die kindliche Subjektivität vor aller pädagogisch-didaktischen Zielsetzung zu akzeptieren. Die in den letzten Jahrzehnten allorts geforderten Schulreformen im Primarbereich (vgl. *Vogt* u. a. 1974), die für die Grundschüler höhere Leistungen und demgemäß auch größere Leistungsanforderungen verlangen, sind unter diesem Aspekt ambivalent zu beurteilen. Die heile Kinderwelt des Heimatkundeunterrichts soll durch die *sachbestimmte Erfahrungswelt* des Sachunterrichts ersetzt werden. Eigenrecht und eigene Lebensformen des Kindes werden im Zuge dieser reformatorischen Tendenzen allzuleicht dem nicht immer hinreichend als notwendig ausgewiesenen gesellschaftsorientierten bzw. wissenschaftsorientierten Qualifikationstraining geopfert.

Schülerorientierung als vorrangiges Prinzip des Grundschulunterrichts

Das *Kind* soll *selbst die vorwärtstreibende Kraft* im Lernprozeß sein. Kreativität und Spontaneität des Kindes dürfen nicht nur instrumentalistisch eingeplant werden für einen wissenschafts- und umweltpropädeutischen Quaufikationserwerb (vgl. *Aebli/Steiner* 1975; v. *Hentig* 1973 u. a.). Das mehr oder weniger intensive Gegenwartsinteresse des Kindes darf nicht ausschließlich gegenüber dem Verstehen und Begreifen oder der Bewältigung einer ungewissen Zukunft hintangestellt werden.

Gegenwartsinteresse des Kindes

Gemäß dem bilateral bestimmten Prinzip der Schülerorientierung darf Lernplanung deshalb nicht nur der Anpassung an vorgegebene, wenn auch lebensbedeutsame Dispositionen, Ziele und Qualifikationen dienen. *Interessen und aktive Selbstbestimmung* des Kindes sind als *gleichwertige Gestaltungsfaktoren des Unterrichtsprozesses* anzuerkennen und einzubeziehen. Selbstkompetenz, Sachkompetenz und Sozialkompetenz sind gleichberechtigte Zielvorstellungen des Grundschulunterrichts (vgl. *Schwab* in *Schwedes* 1976, S. 24). Wissen-

Kind als Gestaltungsfaktor des Unterrichtsprozesses

schaftlichkeit, Kindgemäßheit und Gesellschaftsbezogenheit sind gleichgewichtige innovatorische Postulate, deren Interdependenz bzw. Eigenwert zu klären die Aufgabe unterrichtstheoretischer und unterrichtspraktischer Untersuchungen wäre.

Begriffe wie „offene Curricula“, „entdeckendes Lernen“, „mehrperspektivischer Unterricht“ deuten die Suche nach einer „*kindgemäßen Wissenschaftlichkeit als neue Kindgemäßheit*“ des Grundschulunterrichts an (vgl. *Schneider* 1975, S. 229). Gefordert wird in diesem Zusammenhang ein schülerorientierter Unterricht, der den Kindern Raum schaffen müßte „zum freien Explorieren und Experimentieren, zum selbständigen Entdecken, zum aktiven Denken und Handeln. Er müßte die Eigeninitiative der Kinder stärken und ihnen die treibende Kraft des Forschens, das Sich-Wundern-Können, das Überrascht-Werden-Können, erhalten helfen.“ (ebd., S. 236f.)

Voraussetzungen für die Organisation eines solchen Unterrichts sind die Kenntnis der kognitiven und emotionalen Strukturen beim Kind und das Wissen um den *alters- und umweltabhängigen Entwicklungsstand* der einzelnen Strukturvariablen. Die entwicklungs- und lernabhängigen Veränderungen in der *kognitiven Struktur* (Denken, Erkennen, Wahrnehmen u. a.) und im *Motivationsbereich* (Affekte, Interessen, Antriebe, Bedürfnisse, Empfindungen) sind neben den Änderungen in den *psychomotorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten* grundlegende Faktoren, die ein schülerorientierter Unterricht berücksichtigen sollte.

1.1 Die Zielsetzung der individualpsychologisch orientierten Lehr-Lern-Organisation

Die Problematik der Zuordnung von Lernzielen als Leistungsforderungen und individuelle Leistungsmöglichkeiten der jeweiligen Schüler ist so alt wie der Schulunterricht selbst. Die Klärung dieser Problematik ist ein zentrales Anliegen der modernen Unterrichtstheorie und Unterrichtspsychologie (vgl. u. a. *Aebli* 1963; *Antenbrink* 1973; *Bandura/Walters* 1963; *Berlyne* 1966²; *Correll* 1971²; *Einsiedler* 1976; *Eigler* u. a. 1976; *Frey/Lang* 1973). Unterricht als intentionaler Lernprozeß zielt auf Verhaltensänderungen des Schülers im kognitiven, emotionalen und psychomotorischen Bereich. Die je nach Zeit und Umständen vorhandenen Verhaltensdispositionen der Schüler entwickeln sich durch eine „Kombination aus weitgehend unveränderlichen (körperlichen) Reifungsvorgängen und veränderbaren Lernprozessen“ (*Schiefele/Krapp* 1974, S. 13). Diese *bilaterale Bestimmtheit des Verhaltensaufbaus und der Verhaltensänderung* im Lernenden wurde insbesondere im letzten Jahrzehnt bei der Diskussion des Anlage-Umwelt-Problems sehr unterschiedlich gesehen (vgl. *Aebli* 1969³; *Bernstein* 1969²; *Deutscher Bildungsrat* 1975; *Funkkolleg* 1972; *Gordon* 1972; *Roth* 1971⁷ u. v. a.).

Aebli (1963) hat im Anschluß an *Piaget* ein psychologisches Didaktikmodell entwickelt, dessen zentrales Anliegen es ist, mit Hilfe der *Kenntnis der psychologischen Vorgänge* „geistiger Formung“ (*Aebli*) unterrichtsmethodische Maßnahmen zu beschreiben, welche für die

kindgemäße Wissenschaftlichkeit als neue Kindgemäßheit

Berücksichtigung alters- und umwelt-psychologischer Voraussetzungen

Kenntnis der Entwicklung psychologischer Vorgänge als Voraussetzung für die Lernorganisation

Entwicklung der kindlichen Lernprozesse besonders förderlich sind. Wohl kann das Entwicklungskonzept einer Stufen- bzw. Phasenlehre mit *eindeutiger* Zuordnung von bestimmten Fähigkeiten zu bestimmten Lebensjahren hinsichtlich des neuen Verständnisses von „Entwicklung als komplexes Geflecht von Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen“ (Oerter 1969, S. 15) nicht mehr aufrecht erhalten werden. Aber auch die *Beschreibung von Entwicklungsreihen* wie z. B. die Entwicklung der Wahrnehmung, des Denkens, der Emotionen anstelle der früheren Darstellung von Entwicklungsphasen kann auf eine Alterszuordnung nicht vollständig verzichten. Beginnende und erreichte Lernprozesse sind von *individuellen Lernvoraussetzungen* abhängig, die nicht nur (aber auch) durch *Lernanregungen* geschaffen werden können (vgl. Schiefele/Krapp 1974, S. 43f.; Volk in Schnitzer/Geisreiter/Volk 1976, S. 58 u. a.). Piaget u. v. a. ordnen immer wieder Lernfähigkeiten, Lernmöglichkeiten, Lernnotwendigkeiten und Lernleistungen mehr oder weniger eng bestimmten Altersstufen zu. Die Unterrichtspraxis verlangt eine solche Zuordnung (vgl. Garlichs, A.: Lernziele und Lernalter, in: Halbfas/Maurer/Popp (Hrsg.) 1972, S. 118ff.).

Beschreibung von Entwicklungsreihen

Lernanregungen fördern individuelle Lernprozesse

Die Forderungen eines schülerorientierten Unterrichts sind im Schulunterricht aufgrund einer Faktorenkomplexion nicht zuletzt auch deshalb so schwierig zu realisieren, weil die *epistemische und heuristische Struktur* als Teilkomponente der kognitiven bzw. motivationalen Struktur der Schüler *unterschiedlich* ist. Der Strukturierungsgrad ist von Umweltbedingungen und Lernerfahrungen, von konditionalen (externen) und dispositionalen (internen) Faktoren abhängig (vgl. Schroder/Driveer & Streufert 1975), die eine Differenzierung, Diskriminierung und Integration der kognitiven Struktur bewirken. Änderungen der kognitiven Struktur werden als Veränderungen des Verhaltens unter situativen Bedingungen erschlossen und so der „sachstrukturelle Entwicklungsstand“ (Heckhausen) der Schüler festgestellt.

Änderungen der kognitiven Struktur unter situativen Bedingungen — „optimale Passung“

L-L-Ziele und L-L-Verfahren sollten an den Entwicklungsstand der Schüler („optimale Passung“/Heckhausen 1969) anknüpfen, damit innerhalb der L-L-Organisation *psychisch-physische Schülermerkmale und Unterrichtsmethoden aufeinander bezogen werden*.

Aufgabe der L-L-Organisation ist es, durch den unterrichtlichen Interaktionsprozeß Bedingungen zu schaffen, unter denen die *Schüler ihre konstruktiv-aktive Rolle im Erkenntnisprozeß* wahrnehmen können. Nicht nur die Entwicklung spezifischer kognitiver, emotionaler und psychomotorischer Fähigkeiten darf deshalb Ziel des Unterrichts sein, sondern auch die Art und Weise der Zielerreichung.

Schülerorientierter Unterricht als individual-psychologisch orientierte L-L-Prozeßgestaltung muß die *Eigenaktivität des Kindes so weit wie möglich fördern*. Diese Maxime sollte wenigstens von Pädagogen nicht einseitig-instrumental gesehen werden, etwa in dem Sinne, daß der Schüler durch aktivitätsfördernde Unterrichtsmethoden besser, schneller, intensiver und extensiver auf die Anforderungen in der Leistungsgesellschaft vorbereitet werden kann.

Förderung der Eigenaktivität des Kindes

Die Intensitätsförderung des Kindes als solchem und seine gesunde *Ichentwicklung* sind pädagogisch als *primäres Ziel* einzuschätzen (vgl. Rumpf 1974; Wellendorf 1974² u. a.). „Ob ein Kind eine aktive, selbstbestimmende Rolle im Entwicklungs- und Lernprozeß übernehmen kann, hängt entscheidend davon ab, wie Erziehung und Gesellschaft die Zeit der Kindheit auslegen und dem Kind für seine Entdeckungen, Freuden, Erlebnisse, für seine Konstruktionen und Aktivitäten, die sich nicht von denen der Erwachsenen unterscheiden müssen, aber auch nicht vom Erwachsenenstandpunkt aus festgelegt und bewertet werden dürfen, Raum gewähren.“ (Burk 1976, S. 18)

Die Zielsetzung der individualpsychologisch orientierten L-L-Prozeßgestaltung verlangt die *Berücksichtigung einer Vielfalt von entwicklungs-, lern- und sozialpsychologischen Variablen*, auf die in diesem Zusammenhang nur ansatzhaft und hinweisend aufmerksam gemacht werden kann.

1.2 Die Zielsetzung der individuellen Lernmotivierung

Die didaktische Intention der Schülerorientierung zielt über *schülergemäße und schüleraktivierende Maßnahmen auf Lernerfahrungen* der Schüler, die „Gefühlsreaktionen, Sachbezüge und Beziehungsprinzipien (Einsichten), Handlungsformen und -richtungen für gegenwärtiges und zukünftiges Handeln bereitstellen“ (Schiefele 1974, S. 13). Die *Motivation als „handlungsleitende Aktivierung von Motiven“* (Schiefele) ist eine grundlegende Bedingung des menschlichen Handelns. „Da in den Motiven Handlungsorientierungen vorgegeben sind, muß der Aufbau von individuellen Motivstrukturen unter dem Aspekt des Erziehungszieles gesehen werden.“ (Schiefele 1974, S. 15) Motive als relativ dauernde Handlungsdispositionen sind vom pädagogischen Standpunkt aus zu hinterfragen. Motive als „Beweggründe“ oder „Wertungsdispositionen“ (Heckhausen) haben auch einen hohen Anteil an rationalen Komponenten. Die Art und Weise des pädagogischen Interaktionsprozesses ist mitbestimmend für den Aufbau und Ausbau von Motiven und Motivstrukturen.

Im konkreten Lernprozeß ist die bewußte oder unbewußte Synthese einer Anzahl vorhandener Motive als Motivation *anregend* und *verlaufssteuernd*.

Der Unterricht soll zur Lernmotivierung im Sinne der *Ausrichtung der Motive* des Schülers auf den Lerngegenstand beitragen und gleichzeitig aber auch die kritische Reflexion über die Motive des Lernens (als unterrichtliches Handeln) einüben.

Der Maßstab für die Geltung der Motive des Handelns im pädagogischen Handlungszusammenhang ist innerhalb eines schülerorientierten Unterrichts nicht nur aus der Erzieher- oder Lehrerperspektive festzulegen und dem Schüler einfach aufzuoktroieren. Der Geltungsmaßstab ist in beständiger Interaktion zwischen allen am Erziehungsprozeß Beteiligten zu bestimmen. Emanzipation, Mündigkeit, Selbstverwirklichung, personale *Selbstbestimmung* als Leitziele eines schülerorientierten Unterrichts müssen u. a. im Realisationszusammenhang

schülergemäße und schüleraktivierende Maßnahmen

Motive als Handlungsdispositionen

Synthese von Motiven beim Lernprozeß

mit *schülergesteuertem Lernen* gesehen werden. Der Schüler selbst aktiviert Handlungsmotive. Aber die Motivationsbedingungen für die Steuerung des Lernprozesses durch die Schüler sind „interaktional vermittelt“ (*Schiefele*). „Von einer reizbedingten, in der Umwelt ihren Ausgang nehmenden Motivation ist zentrale Motivation als personale Verursachung zu unterscheiden . . . Die vom Selbst gesetzte Motivation beruht auf interagierend gelernten Motiven und wird nicht beeinflusst von den reizvermittelten Gegebenheiten der Situation.“ (*Schiefele* 1974, S. 64 ff.)

schülergesteuerte
Aktivierung der
Handlungsmotive

Die demgemäß zu unterscheidende innere und äußere Motivation besteht nicht unabhängig voneinander. Individuelle Motive und Motivstrukturen werden maßgeblich ausgebildet und aktiviert durch den Einfluß von Mitwelt und Umwelt. Motive werden handelnd erworben.

innere und äußere
Motivation

Wenn das Prinzip der Schüलगemäßheit oder der Kindgemäßheit des Unterrichts nicht gleichgesetzt wird mit dem Postulat, daß man das Kind einzig sich selbst überlassen müsse (vgl. *Burk* 1976), sondern als Intention für pädagogische Aktivitäten verstanden wird, dann muß die *Mit-Prägung von Handlungsmotiven des Schülers* als eine der bedeutendsten Aufgaben von Schule und Unterricht gesehen werden. Jede Art von Lernmotivierung hat nach einer pädagogisch-didaktischen Legitimierung zu fragen. Vor allem jene Motive und Motivstrukturen sind im Hinblick auf das Experimentieren als Lernziele bedeutsam, die bei der Auseinandersetzung des Grundschülers mit Gegenständen und Forschungsmethoden der Naturwissenschaften aktualisiert werden (sollen).

Die Auseinandersetzung des Menschen mit den Gegenständen der Umwelt ist durch ein *epistemisches Verhalten* gekennzeichnet, das von unterschiedlichen Interessen und Bedürfnissen, von Erlebnisdrang, Erkenntnisstreben und Wißbegier geleitet wird (vgl. *Schiefele* 1974, S. 250 u. a.).

Interesse des Menschen am Begreifen der Objekte

Das Interesse des Menschen am Begreifen der Objekte in ihrem So-Sein ist der Auslöse- und Gestaltungsfaktor des kindlichen Lernvollzugs und des wissenschaftlichen Forschens. Deshalb bezeichnet *Dewey* (1938) den *Denkprozeß* als verursacht durch eine *Störung im „Handlungsdialoq“ zwischen Mensch und Umwelt*. Durch Inkongruenzen wird die Motivation zum Forschen hervorgerufen. Die Störungen des „Handlungsdialoqs“ sind nach *Dewey* der „Motor des wissenschaftlichen Fortschritts“. „Durch sie ist das Individuum in der Lage, neue Erfahrungen zu machen, und es wird motiviert, neue Verhaltensweisen zu erwerben. Ohne Störungen wäre das *Leben* ein bloßes Existieren. Mit ihrer Hilfe aber wird es zu einem Prozeß der ständigen Selbsterneuerung, zu einem *dauernden Lernprozeß*. Durch diesen Prozeß wird das Individuum nicht nur dauernd besser an seine Umwelt angepaßt, sondern er ist auch eine Quelle immer neuer Befriedigung und Erfüllung, die der Organismus bei der jeweiligen Wiederherstellung des Gleichgewichts erfährt.“ (*Lind* 1975, S. 225)

Die Erfahrung von *Diskrepanzen* zwischen den Erscheinungsformen und dem Wissen über Objekte löst im Individuum einen *Spannungszustand* aus.

Diskrepanzen und
Inkongruenzen als
Auslösefaktoren für
Lernprozesse

Piaget (1972, S. 192) spricht von einer Störung im Gleichgewicht der „kognitiven Schemata“, die das *Interesse an der aktiven Gegenstands- erkundung* hervorruft. In einem „Äquilibrierungsvorgang“ werden die kognitiven, sensomotorischen und perzeptiven Gegenstandsbeziehungen ständig neu geordnet. „Beim Auftreten eines Ungleichgewichts der kognitiven Schemata hat das Individuum die Möglichkeit der Reaktion. Es kann versuchen, die Gegebenheiten in sein vorhandenes Begriffs- und Regelsystem einzuordnen, sie zu *assimilieren*, oder es kann seine kognitiven Schemata an die Situation anpassen, durch Änderung seines Begriffs- und Regelsystems dieses an die Gegebenheiten *akkommodieren*.“ (Lind 1975, S. 253)

Auch dieses Erklärungsmodell für Interaktionen zwischen Individuum und Umwelt nimmt *sachbezogene, erkenntniserstrebende (epistemische) Interessen* innerhalb der Interaktionen des Menschen mit der Welt an.

Für die *unterrichtsmethodisch geleitete Sachauseinandersetzung* könnte gefolgert werden, „daß es durch Herbeiführung von Unterbrechungen des Gleichgewichts des Individuums möglich sein dürfte, kognitive Konflikte zu erzeugen, die das Individuum in konstruktiver Form lösen wird, wodurch ein höheres Niveau kognitiver Differenzierung und Integration erreicht wird“ (Palmer 1965, S. 324).

„kognitive Konflikte“ als aktivierende Anlässe

Die „Störung des Gleichgewichts“ (Piaget), der „kognitive Konflikt“ (Berlyne), die „kognitive Dissonanz“ (Festinger), der Neuigkeitsgehalt einer Information, das Auftreten von „Inkonsistenz“ (Münch) oder „Inkongruenzen“ (Miller/Galanter/Pribram) oder „Anomalien“ (Lind), Überraschungen, Unklarheiten, Ungereimtheiten, Ungewißheit und Zweifel, unerwartete Ereignisse, Widersprüche, Mehrdeutigkeiten oder nicht sofortige Erklärbarkeit von Objekterfahrungen sind für das von epistemischen Interessen geleitete Individuum aktivierende *Anlässe* zu einem aktiven explorativen Gegenstandsverhalten (vgl. Piaget 1974; Neber 1974 u. a.).

sachbezogene Lernmotivierung

Im Sinne eines schülerorientierten Unterrichts sind Situationen zu schaffen, die eine sachbezogene Motivation im Umgang mit den Unterrichtsgegenständen begünstigen. Die sachliche und sachgemäße Art der Auseinandersetzung zwischen Kind und Gegenstand ist ein Kriterium für die pädagogisch angestrebte sachbezogene Lernmotivierung.

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht ist die *motivationale und schülergemäße Funktion des problemorientierten, forschenden, entdeckenden Lernens* in der fachdidaktischen Literatur mehrfach aufgezeigt worden (vgl. Skowronek 1969; Riedel 1973; Suchmann 1961; Wagenschein 1966 u. v. a.).

Auch hinsichtlich der *problematischen Forderung* nach einer Stärkung der Leistungsmotivation zum Zwecke der besseren Lebensbewältigung innerhalb der Leistungsgesellschaft (vgl. Roth 1971, S. 227 ff.) ist eine sachmotivational bestimmte L-L-Organisation grundlegend, weil sie den Schülern die für alle Leistungen notwendigen Selbstwertgefühle

mit-vermitteln kann, über die Selbstbestätigung durch erfolgreiche selbstgesteuerte Explorationen.

1.3 Die Zielsetzung des schülergesteuerten Problemlöseverhaltens

Wenn die L-L-Organisation schülerorientiert sein soll, dann hat sie die Prozeßvariablen des Unterrichtsgeschehens in besonderer Weise zu berücksichtigen. Die *problemhafte Gestaltung der L-L-Tätigkeiten* ist ein bedeutsamer Realisationsfaktor der Zielsetzung der Lernmotivierung im Sinne einer schülergeleiteten Sachauseinandersetzung.

Problemlösungsstrategien können noch weitere Funktionen bei der Organisation eines schülerorientierten Unterrichts übernehmen. Sie stellen mehr oder weniger *schülergesteuerte Aktionsformen des Unterrichtsprozesses* dar. Problemorientierte Unterrichtsgestaltung regt die Schüler an, gemäß den individualpsychologischen Voraussetzungen selbständig Handlungen zu planen und zu verwirklichen, so daß die Handlungsergebnisse als selbst verursacht erlebt werden können. Vorrangig selbständiges und verantwortliches Denken und Handeln initiieren und charakterisieren die Lernerfahrungen innerhalb der unterrichtlichen Problemlösungsmethoden. Problemlösungsstrategien sind „Methoden der Selbstorientierung“ (Popp) innerhalb des Erschließungsprozesses der (kindlichen) Umwelt (vgl. Wagenschein 1965 und 1974 u. a.). Sie sollten planmäßig in einem schülerorientierten Unterricht erarbeitet werden.

Problemlösungsstrategien als Methoden der Selbstorientierung

Das Lösen von Problemen ist, lernpsychologisch betrachtet, ein *komplexer Denk- und Handlungsvollzug*, der dennoch *nach bestimmten Regeln* abläuft (vgl. Bruner 1956; Duncker 1963; Gagné 1969; Lüer in Frey/Lang (Hrsg.) 1973; Oerter 1971; 1976; Rohr 1975 u. v. a.). Es gibt einen „Grundrhythmus des Problemlösens“ (Lüer), der sich zwischen der Ausgangssituation (Problemsituation) und der Zielsituation (Problemlösungssituation) als Lösungsweg erstreckt. Eine Abfolge von Fähigkeiten und Fertigkeiten als erprobte Handlungsmöglichkeiten sind *Voraussetzung und Ergebnis von Problemlösungsprozessen*.

Für die Beschreibung und Erklärung des schülergesteuerten *Problemlöseverhaltens* im (natur)wissenschaftlichen Unterricht sind die Such- und Findeprozeduren als „Auffinden von geeigneten Ausgangspunkten für einen Lösungsweg und das Herausfinden von geeigneten Problemlösungsmöglichkeiten für die Transformation zum Ziel“ (Lüer in Frey/Lang (Hrsg.) 1973, S. 135), denen spezifische Teilfunktionen zugeordnet werden können, besonders bedeutsam.

Suchprozeduren als „Hypothesenbildungsaktivitäten“ (Neber) sind Formen epistemischen Verhaltens, welche die Lösung eines Problems, einer Aufgabe, eines kognitiven Konflikts anstreben. Das epistemische Fragen ist ein Element des epistemischen Verhaltens (vgl. Neber 1974; Wagenschein 1974 u. a.).

epistemisches Fragen als „Hypothesenbildungsaktivität“

„Jeder Frage gehen interne Entscheidungsprozesse voraus, die zu einer Hypothese über die unbekannte Situation führen.“ (Neber 1974, S. 39) Nach Suchmann (1961) werden durch epistemische Fragen

je nach der Frageart unterschiedliche *Lösungsrelevante Informationen* angefordert. Wenn Schüler problemträchtige Sachverhalte durch Fragen „angehen“ können, können sie die ersten Schritte zum selbständigen Suchen und Organisieren von Lösungsprozessen unternehmen. Das heuristische Fragevermögen ist ein Bedingungsfaktor für selbstgesteuerte Erkenntnis- und Wissensorganisation (vgl. Moser und Horsney 1971, S. 119f. u. a.).

sensorische Aktivierung zum schüler-gesteuerten Wissenserwerb

Das problemlösende Frageverhalten als ein Element des schüler-gesteuerten Wissenserwerbsprozesses wird durch eine *sensorische Aktivierung* veranlaßt. Die verbale Fragehandlung erfolgt situationsdeterminiert durch externe und interne Variablen. Innerhalb eines schülerorientierten Unterrichts ist die *Provokation von Schülerfragen* eine unabdingbare *Lehraktivität*.

sokratisches und genetisches Lernen

Eine L-L-Organisation, welche die kognitiven Aktivitäten der Schüler anregt und auf *divergente Lernorganisation* hinlenkt, hat *Wagenschein* (1965; 1970) insbesondere für den naturwissenschaftlichen Unterricht gefordert. Nach *Wagenschein* (1968, S. 55) soll der Unterricht genetisch, sokratisch und exemplarisch sein, d. h. durch fundamentales (wissenschafts- und lebensbedeutsames) Fragen sollen die Sachen und Sachverhalte in ihrer Genese erkundet werden. Die Schüler sollen *Forschungsprozesse (nach)vollziehen*.

Ein Charakteristikum des kindlichen Forschungsprozesses wurde von *Wagenschein* als „sokratisch“ gekennzeichnet. Damit ist auf den Dialog-Charakter der Forschungsaktivitäten hingewiesen. Sowohl für den Schüler wie auch für den Wissenschaftler ist das Miteinander-Denken und *Miteinander-Forschen* ein förderndes Element für das individuelle Denken und Forschen. „Mißgriffe“ und Irrtümer können in einem solchermaßen geführten Lehr-Lern-Dialog „produktiv“ ausgewertet werden. Der Schüler hat ein „Recht“ auf Fehler, Umwege und Irrwege, denn „wer durch Probleme motiviert, selber denkt, der begeht fast notwendig Irrtümer. Wer nicht selbständig geirrt hat, weiß gar nicht, was sicheres Wissen ist.“ (*Wagenschein* 1974, S. 151) *Wagenschein* postulierte sogar, „das ‚Falsche‘ in einem gewissen Stadium des aktiven Verstehens-Prozesses“ als aktive Denkleistung des Kindes anzuerkennen, z. B. wenn das Kind noch in der magischen Denkwelt verhaftet ist und anstelle wissenschaftlich-rationaler Sachverhaltsbeschreibungen bildhaft animistische Aussagen trifft.

Suchprozeß nach Verstehen — provoziert durch Lehrgriffe

Dieser *Suchprozeß nach Verstehen*, nach Erklärung, nach Information ist im Unterricht *didaktisch durch Lehrgriffe zu provozieren*. Innerhalb der Unterrichtswirklichkeit ist die Methode des Entdeckens ein gelenkter Forschungsprozeß (didactic discovery, guided discovery). Auch und gerade in einem schülerorientierten Unterricht darf der Schüler nicht sich selbst, seinen mehr oder weniger zufälligen Möglichkeiten der Erfahrungsgewinnung überlassen bleiben, Unterricht als pädagogische Aufgabe muß das als Ziel gesetzte „Lern-not-wendige“ entdecken helfen; auch der *schülergesteuerte Entdeckungsvorgang ist durch Lernhilfen anzuregen und aufrechtzuerhalten* (vgl. *Riedel* 1973; *Neber* (Hrsg.) 1973 u. a.). *Bruner* (1961) als leiden-

offen-entdeckendes L-L-Verfahren

schaftlicher Vertreter eines offen-entdeckenden Lehrverfahrens läßt die Frage unbeantwortet, wie intersubjektiv gültige und z. B. für einen Kulturkreis gültige Lerninhalte mit der entdeckenden Methode von den Schülern überhaupt erworben werden können. Der Schulunterricht muß sich aber um intersubjektiv gültige Inhalte bemühen.

Die Lehrtätigkeiten haben beim entdeckenden Lernvollzug der Schüler die Aufgabe, Hilfestellung zu leisten, damit die Schüler „die Verbindlichkeit des Sachanspruchs mit der Produktivität individueller Deutungen“ (Mutschler/Ott in Neff (Hrsg.) 1977, S. 22) in Zusammenhang bringen können. Unterrichtsliches Entdecken ist deshalb in irgendeiner Form immer „gelenktes Entdecken“. Das „reine“ Entdecken als Unterrichtsverfahren gibt es nicht. „Weil dies so ist, erscheint es uns sinnvoll, gerade *innerhalb* des darstellenden Verfahrens ebenso intensiv nach Möglichkeiten zu suchen, die der prinzipiellen Vieldeutigkeit des Gegenstandes und dem Anspruch des divergenten Denkens gerecht werden ... Ein Unterrichtsgegenstand wird nicht gefunden, sondern im unterrichtlichen Lehr-Lern-Prozeß allererst gemacht, so wie die Lernfähigkeit des Schülers nicht vorab festliegt, sondern sich im Anforderungskontext von Unterricht erst ausbildet.“ (ebd., S. 23f.)

gelenktes Entdecken innerhalb des darstellenden L-L-Verfahrens

Das *Bewußtmachen von problemlösungsstrategischen Lernschritten* durch den Lehrer setzt im Schüler „Impulse zum Bewußtwerden des eigenen Vorgehens bei der Bewältigung von Anforderungen und damit zur Selbstkontrolle und Selbsterziehung, zur bewußten Anwendung und Übertragung solcher Verfahren auf neue Anforderungssituationen“ voraus (ebd., S. 567). Nicht nur der inhaltliche Aspekt, auch der strategische Aspekt selbst muß beim unterrichtlichen Einsatz von heuristischen Strategien thematisiert werden, wenn die Schüler Problemlösungsstrategien als Lösungshilfen für Suchprozesse erfahren und anwenden sollen (Lüer in Frey/Lang (Hrsg.) 1973, S. 133; Suchmann 1961; Oerter 1967 u. a.).

schülergesteuerte Problemlösungsstrategien

Die Schüler können eine Vielfalt von Informationsverarbeitungsmöglichkeiten entwickeln. Im Entdeckungslernen, „das dem Lernenden je eigene Zugangs- und Deutungschancen zuspießt“ (Neff), kann der Schüler *produktiv, reflexiv und methodisch bewußt* „emanzipative“, die Eigentätigkeit fördernde Qualifikationen erwerben. Problemlösungsstrategien lassen dem Schüler sein eigenes Handeln bewußt werden und dann auch selbst steuern (self loop), ein Repertoire an Lösungstechniken gewinnen sowie das Bewußtsein der Methodenabhängigkeit und Reversibilität des menschlichen Wissens aneignen.

Der L-L-Prozeß kann unter diesen Perspektiven als *subjektgesteuerter*, nicht nur als objekt-determinierter Prozeß erfahren werden.

L-L-Prozeß als subjektgesteuerter Prozeß

Resümee

Die didaktische Leitvorstellung der Schülerorientierung wurde in drei elementaren Zielkomponenten expliziert, die anstreben, den *Schüler als Lernsubjekt* in das Zentrum der unterrichtlichen Bemühungen zu stellen. Bei der Realisation der erörterten Zielsetzungen: der indi-

vidualpsychologisch orientierten L-L-Organisation, der Lernmotivierung und beim schülergesteuerten Problemlöseverhalten werden die *drei elementaren psychischen Dimensionen* in ihren *alterspsychologischen Leistungsmodi* berücksichtigt, aktiviert und modifiziert.

2. Das Experiment als schülerorientierte Lehr-Lern-Strategie

2.1 Die experimentelle Lehr-Lern-Strategie als individualpsychologisch orientierte Lehr-Lern-Organisation

Die schülerorientierte Lernprozeßbetonung fordert Lehrstile und Unterrichtsmethoden, welche die Schüler mit den genannten lebensnotwendigen Verhaltensdispositionen „ausstatten“.

Experimentieren als individual-psychologisch „angepaßte“ Aktionsform

Das Experimentieren im Unterricht und wiederum insbesondere das *selbständige Experimentieren* gehört zu den wichtigsten unterrichtlichen Aktionsformen in der Grundschule, die dazu beitragen, daß die Schüler individualpsychologisch „angepaßt“ neue Begriffe und Sachverhalte erkennen.

Die Beziehungen zwischen den konkreten und den geistigen Operationen sind beim Grundschulkind besonders eng. *Piaget* (1950 u. a.) versteht die geistigen Operationen als verinnerlichte Formen der konkreten Operationen. Auch bei der experimentellen Methode ist der *Zusammenhang zwischen den internen und den externen Operationen sehr eng*. Das experimentelle Forschen folgt einem epistemischen Antrieb, der im Kind „vorhanden“ ist. Die Aufgabe des Lehrenden ist es, Anlässe zu schaffen, die den Schüler zum Fragen und Vermuten nach Gegenstandsqualitäten oder Gegenstandsquantitäten anregen. Bereits erworbene Kenntnisse oder gemachte Beobachtungen helfen, die Problemlage zu analysieren und hypothetische Untersuchungswege bzw. Lösungswege gemäß dem kindlichen Denk- und Vorstellungsvermögen zu entwerfen. Die Kontrolle der Richtigkeit (Objektivität) des kindlichen Denkens geschieht zuerst logisch und dann konkret (experimentell). „Auf den niedrigen Stufen des Unterrichts ist diese Kontrolle nicht unbedingt experimentelle Bestätigung nach den strengen Regeln der wissenschaftlichen Methode. Es handelt sich einstweilen nur darum, auf neue Situationen Begriffe oder Operationen anzuwenden und zu sehen, ob sie ihnen angemessen sind.“ (*Aebli* 1963, S. 41)

individual-psychologisch angepaßte Erkenntnis- und Begriffsbildung

Die *Erkenntnis- und Begriffsbildung*, die sich *beim Experimentieren* vollzieht, entspricht beim Schülerexperiment den individualpsychologischen Leistungsmöglichkeiten. Die Richtigkeit der angenommenen Gegenstandsmerkmale und Sachverhalte wird, dem kindlichen Verlangen nach Anschauung und Selbsttätigkeit entsprechend, mit Hilfe des experimentellen Arrangements überprüft. Das solchermaßen experimentell gewonnene Wissen entspricht dem psychischen Denk- und Leistungsvermögen des Grundschulkindes, das an konkret-operationale Vollzüge gebunden ist.

Meinung der Lehrkräfte

Bei der im Zusammenhang mit dieser Untersuchung durchgeführten *Lehrerbefragung* (vgl. Anh.) gaben die Grundschullehrer an, daß sie

die Durchführung von *Schülerversuchen in Gruppenarbeit* und Partnerarbeit gegenüber den Lehrerdemonstrationsversuchen *bevorzugten* (vgl. Anh., Frage 4, S. 196). Bei der Frage nach dem Einsatz der kindlichen Fähigkeiten bei der Durchführung der experimentellen L-L-Strategie wurde der Anteil der kognitiven Fähigkeiten am weitaus höchsten eingeschätzt (vgl. Anh., Frage 12, S. 198). Andererseits beurteilten die Lehrkräfte die Notwendigkeit, für die Wahl des didaktischen Ortes des Unterrichtsexperiments die *Lernvoraussetzungen der Schüler* zu berücksichtigen, verhältnismäßig gering (vgl. Anh., Frage 7, S. 196).

Diese Befragungsergebnisse weisen m. E. auf die Notwendigkeit einer weiteren Diskussion der didaktischen Funktionen der experimentellen L-L-Strategie bezüglich der Konzeption des naturwissenschaftlichen Grundschulunterrichts hin.

Die Schüler können innerhalb der experimentellen L-L-Strategie *individuelle Frage- und Lösungsstrategien* entwerfen und so individuelle Problemlösungsfähigkeiten *im Rahmen „objektiver“ Untersuchungs- und Forschungsstrategien* entwickeln. Es bieten sich Möglichkeiten zum selbstinitiierten und selbstgesteuerten Aufbau kognitiver, emotionaler und psychomotorischer Aktivitäten.

Erwerb von individuellen Frage- und Lösungsstrategien durch Experimentieren

Die experimentelle L-L-Strategie ist eine L-L-Organisation, welche die Denk-, Erkenntnis- und Erlebniszfähigkeiten der Schüler so fördert, daß „durch anregende Situationen und Erfahrungen die Neugierde des Kindes in Wißbegierde verwandelt wird, die zu erfolgreichen Leistungs- und Verhaltensformen befähigt und deren Betätigung und Erfüllung Kinder glücklich macht“ (*Deutscher Bildungsrat 1970, S. 45*).

Durch die experimentelle L-L-Strategie werden Lernvorgänge ermöglicht, „die sich allgemein dadurch charakterisieren lassen, daß der Schüler sein Wissen mit Hilfe seiner eigenen Lernmöglichkeiten in selbständiger Aktivität erwirbt“ (*Neber 1974, S. 183*).

Konkrete und formale Operationen bzw. Strategien des Informations-suchens und Informationsverarbeitens können innerhalb der experimentellen L-L-Strategie gemäß den altersspezifischen, organismischen und umwelt-determinierten Lernvoraussetzungen im Schüler zum Einsatz kommen. *Piaget (1950)* hat nachgewiesen, daß die *kognitiven, emotionalen und psychomotorischen Strukturen bzw. Strukturvariablen des Kindes im Grundschulalter beim Experimentieren besonders effektiv eingesetzt* und gefördert werden können. Gleichzeitig kann der Schüler beim Einsatz der experimentellen L-L-Strategie naturwissenschaftliche Methoden und Inhalte selbststeuernd forschend und findend erwerben.

Förderung der alterspsychologischen Strukturvariablen durch das Experimentieren

Bei der praktischen Durchführung der experimentellen L-L-Strategie ist es aber im Sinne einer schülerorientierten L-L-Prozeßgestaltung entscheidend, daß die *Schüler* nach eigenem Ermessen die *experimentelle Planung* vollziehen und die experimentellen Hilfsmittel benutzen. Lehrstrategische Hilfestellung darf nicht bedeuten, „daß der Versuch gewissermaßen in dem Ablesen von vorher schon bis ins

selbständige Versuchsplanung durch die Schüler

einzelne geordneten Tatsachen besteht“ (Piaget 1950, S. 44). Der Lehrer sollte vielmehr den Schüler anregen, „die Versuche selbst aufzubauen, einfach indem man ihm die Probleme nahebringt, für die er schon lange unbewußt eine Antwort sucht, und ihn weiterhin anregen, neue Probleme zu entdecken, bis er von selbst ein Interesse für Experimente bekommt und vielleicht nach vielen vergeblichen Versuchen und Irrtümern Lösungen findet, indem er doch immer seine eigenen geistigen Fähigkeiten anwendet“ (ebd.).

Die *lehrstrategischen Aktivitäten* bei der Durchführung der experimentellen L-L-Strategie sollen *Hilfestellung* bieten für die lernstrategisch vollzogenen experimentellen Aktivitäten, durch die der Schüler seine konstruktiven Fähigkeiten einsetzen lernt.

2.2 Das Experimentieren als lernmotivierende Strategie

Die didaktischen Zielvorstellungen des naturwissenschaftlichen Unterrichts fordern bereits in der Grundschule eine von sachbezogenen, sachlichen, sachangemessenen, strukturadäquaten Interessen geleitete Auseinandersetzung mit den Naturgegenständen. Die sachbezogene Motivierung ist dem subjektbezogenen Motivationstyp vorzuziehen.

epistemische Verhaltensweisen als „erkenntnisleitendes Interesse“ beim Experimentieren

Die Durchführung der experimentellen Methode als Forschungsstrategie und als L-L-Strategie ist zielorientiert, d. h. ein ganz bestimmtes „erkenntnisleitendes Interesse“ (Habermas) bzw. eine Lernbereitschaft steuert problemlösende Verhaltensaktivitäten. Dem wissenschaftlichen und dem kindlichen Forscher sind *epistemische Verhaltensweisen* gleichermaßen eigen. Das Erkenntnisinteresse ist ein *elementares Motiv* des experimentellen Forschens. Entsprechend der anthropologischen Mehrdimensionalität von experimenteller Forschungsstrategie und experimenteller L-L-Strategie (vgl. Abb. 3, Seite 56/57) liegen die Antriebe zum Experimentieren nicht nur im kognitiven Bereich. Emotionale und psychomotorische Bedürfnisse wie Erlebnis- und Tätigkeitsdrang verursachen und begleiten das experimentelle Explorationsverhalten besonders beim Grundschulkind. Die innerhalb einer konkret durchgeführten L-L-Strategie aktivierenden Motive und Motivkomplexe sind von allen interdependenten Unterrichtsfaktoren mit angeregt (vgl. Mussen 1976, S. 77).

experimentell gefundene Lösungen als motivierende Selbstbestätigung

Der Schüler erfährt in den *Findeprozeduren* eine *leistungsmotivierende Selbstbestätigung*. Die experimentelle L-L-Strategie als intern-externer Operationszusammenhang mit hierarchischem Prozesscharakter ist im Sinne des lernmotivierenden Handlungsablaufs von *heuristischen Strategien* für den naturwissenschaftlichen Grundschulunterricht eine *elementare* L-L-Strategie. Die lehrstrategisch angebotene schülergesteuerte Problemsituation kann strukturbezogene Lernaktivitäten anregen. *Sachproblembezogene und schülersubjektive* Motive und Motivkomplexe steuern die sachstrukturelle Gegenstandserkundung.

experimentelle Strategie als elementare heuristische Strategie

Wird der Schüler zu einem freien Umgang und zum selbstgesteuerten Explorieren mit Phänomenen und Problemen seiner Umwelt angeregt, so gewinnt er primäre Gegenstandserfahrungen, von denen eine starke Motivation ausgeht, so daß er sich weiter intensiv und extensiv mit

naturwissenschaftlichen Problemen beschäftigt (vgl. Nelson 1968 (orig.), S. 26).

Die experimentelle L-L-Strategie fördert die Aktivierung affektiver Verhaltensweisen (Erlebnisdrang, Neugier), den Erwerb kognitiver Zielsetzungen wie den Erwerb der experimentell-strategischen Schrittfolgen ohne sachfremde Manipulation des Schülers. Extrinsische Motivation geht in intrinsische Motivation über (vgl. Bruner 1970).

Lehrstrategische Aktivitäten sind aber *nicht überflüssig*. Der Lehrer hat die Aufgabe, „Anstoß und Anregung zu geben, d. h. zunächst die Situation herbeizuführen und die Grundvoraussetzungen zu schaffen, die das Kind vor nützliche Probleme stellen, um es anschließend durch geeignete Gegenbeispiele zum Nachdenken und damit zur Überprüfung vorschneller Lösungen zu nötigen; wünschenswert ist also nicht, daß der Lehrer verschwindet, sondern daß er, statt bloß Vorträge zu halten und fertige Lösungen zu übermitteln, den Forschungseifer der Schüler weckt und sie dazu anregt, sich selber ins Zeug zu legen.“ (Piaget 1975 (orig. 1948), S. 78)

lehrstrategische Aktivitäten als Anregung und Anstoß

Im Sinne der sachgemäßen Lernmotivierung ist es notwendig, daß der *Lehrer an den Suchaktionen* der Kinder begeistert *Anteil nimmt*. Hypothetische und experimentell gewonnene Lösungen der Probleme sind natürliche Anlässe für solche schülermotivierende Lehrer-Schüler-Interaktionen.

Die *Förderung der Lernmotivation* bei der Durchführung der experimentellen Unterrichtsform wurde auch bei der *Lehrerbefragung höher eingeschätzt als der Wissenserwerb*, die Förderung des produktiven Denkens und die Schulung fachspezifischer Fähigkeiten (vgl. Anh., Frage 20, Seite 201). Das *selbsttätige Experimentieren* der Schüler findet nach Meinung der Lehrkräfte ein weitaus *größeres Interesse* bei den Schülern als die übrigen Typen von Experimenten. Gruppenexperimente, Demonstrationsexperimente und Gedankenexperimente liegen in der Einschätzung der Schülerinteressen durch die Lehrenden bedeutend niedriger (vgl. Anh., Frage 13, Seite 199). Der Zusammenhang der Motive bezüglich der motivationalen, kognitiven und psychomotorischen Lerndimension wird auch aus diesen unterrichtspraktischen Erfahrungshinweisen deutlich.

Meinung der Unterrichtspraktiker

2.3 Das Experimentieren als schülergesteuerte Problemlösungsstrategie

Die experimentelle Methode ist in Forschung und Unterricht durch eine Regelmäßigkeit in der Abfolge der Handlungsschritte gekennzeichnet. Durch die Art und die Hierarchie der experimentalmethodischen Schritte unterscheidet sich die experimentelle Lösungsstrategie von anderen Problemlösungsstrategien, und sie ist strategisch als eigene Forschungsstrategie zu bestimmen.

experimentelle Methode als eine Problemlösungsstrategie

Innerhalb der einzelnen Phasen der experimentellen Methode laufen interne und externe Operationen ab, die von kognitiven, emotionalen und psychomotorischen Leistungsdispositionen des kindlichen bzw.

„Algorithmus der Methode des Probierens“

wissenschaftlichen Forschers gesteuert werden. *Soostmeyer* (1975, S. 78) spricht im Zusammenhang mit strategischen Schritten beim forschend-findenden Lernen bzw. beim Experimentieren im Unterricht von einem „*Algorithmus der Methode des Probierens*“, der in schülergemäßer Formulierung für den Grundschulunterricht durch fünf nacheinander zu stellende und nacheinander zu beantwortende Fragen beschrieben werden kann:

- „Ich habe eine Frage (Frage).
- Was muß ich tun, um diese Frage zu beantworten (Versuchsplanung) ?
- Ich führe das aus, was ich geplant habe (Versuchsdurchführung).
- Welche Ergebnisse habe ich beobachtet (Ergebnis) ?
- Ich beantworte die Frage mit Hilfe der Ergebnisse (Beantwortung der Frage).“

Die auf die kognitive und emotionale Struktur des Kindes bezogene *Vermittlung dieses Algorithmus* ist bereits in der Grundschule sinnvoll, „da das Kind bereits im Vorschulalter Probehandlungen dieser Art an Spielzeugen, Fahrrädern usw. selbst durchführt und die Bewußtmachung der Schrittfolge durch Reflexion, Tafelbilder, Klassengespräche und der Analyse von Handlungsschritten auf der Basis hinreichend konkreter Erfahrungen erfolgt. Im Rahmen des forschend-findenden Lernens ist dieser Algorithmus als methodisches Konzept zur Neuordnung, Strukturierung oder Transformierung von Gegebenheiten anzusehen.“ (ebd.)

Gewinnung naturwissenschaftlicher Grunderfahrungen

Naturwissenschaftliche Grunderfahrungen wie Beobachtung, Problemfindung, Hypothesenbildung, Versuchsplanung, Versuchsdurchführung und Versuchsauswertung sind Voraussetzungen bzw. *Teilstrategien* innerhalb des Komplexes aller möglichen Problemlösungsstrategien und *elementare Faktoren* innerhalb der experimentellen Methode als zentrale naturwissenschaftliche Forschungsstrategie.

Hinsichtlich der selbständigen Steuerung der experimentellen L-L-Strategie durch den Schüler ist es notwendig, daß der Schüler die einzelnen Grunderfahrungen bzw. lernstrategischen Aktivitäten (vgl. auch Abb. 8 und 9, Seite 62/63) „an sich“ oder zumindest in weniger komplexen Aktivitätenkombinationen als innerhalb der höchstkomplexen experimentellen Strategie gewinnt. Denn die konkret-empirische Erfahrung dessen, was in der Auseinandersetzung zwischen Subjekt und Objekt das Untersuchen, Betrachten, Beobachten, Benennen, Messen, Zählen usw. bedeutet, ermöglicht es dem Kind erst, die innerhalb der experimentellen L-L-Strategie unabdingbaren Planungs-, Durchführungs- und Beurteilungsaktivitäten koordiniert (strategisch) anzuwenden (vgl. *Bäumli* 1976, S. 582; *Soostmeyer* 1975, S. 75).

experimentelle Methode als Operationskomplex in situativer Abhängigkeit

Die elementaren Aktivitäten bzw. Grundbeziehungen, welche die experimentelle Methode als I-I-strategischen *Operationskomplex* kennzeichnen, sind als Teiloperationen einzuüben.

Zum Erfassen einer Strategie ist eine Situation als Bedingungsrahmen notwendig, welcher die adäquate Zuordnung der Teiloperationen ausrichtet. Für die Durchführung der experimentellen L-L-Strategie muß deshalb die Ausgangssituation didaktisch besonders sorgfältig geplant werden. Der Lehrer muß die Aktivitäten der Schüler so ausrichten, „daß sie durch persönliches Suchen und Forschen das Ganze eines Operationssystems und nicht nur die Teiloperationen dieses Systems entdecken . . . Andererseits ist klar, daß man die Eignung des Kindes zum freien Forschen nicht überschätzen darf. Das Kind ist kein Wissenschaftler mit der Fähigkeit, den Blick auf ein fernes Ziel zu richten, auf dessen Verwirklichung er eine Vielfalt von Teiloperationen ausrichtet. Sobald der Abstand zwischen den bekannten alten Denkschemata mit einer neuen Operation eine gewisse Grenze überschreitet, verliert sich die Klasse im Laufe des Forschens. Daher die Regel für Aufgaben, welche vom Schüler eigenes Forschen und Fragen verlangen: *Die Problemweite ist so einzugrenzen, daß die Klasse selbst die Lösung finden kann, ohne jedoch die Grenze der sinnvollen Aufgaben zu überschreiten.*“ (Aebli 1963, S. 94)

Eine individualpsychologisch und sachstrukturell angemessene, lehrstrategisch vermittelte *Problemstellung* regt im Lernenden *interne Problemlösungsbedürfnisse* und Problemlösungshypothesen an, die Voraussetzungen für externes Problemlöseverhalten und das Experimentieren darstellen (vgl. Travers 1975).

individualpsychologisch abgestimmte Problemstellungen

Je zahlreicher Elemente und Sequenzen von Problemlösungsprozessen im Unterricht wirksam werden, um so schneller lernen die Schüler, Problemsituationen selbststeuernd zu bewältigen, indem sie einzelne strategische Maßnahmen zu umfassenderen Lösungsstrategien kombinieren. Sie werden dann auch sensibilisiert für die Zuordnung von Problemtypen und adäquaten Problemlösungsstrategien.

Als Lehrer muß man darauf achten, daß man den Lernenden „mit variierten und in ihrer Schwierigkeit gut dosierten Problemen konfrontiert, daß man die Aufmerksamkeit allmählich auf die Lösungsansätze lenkt, daß man die Lösungsbemühungen in ihren Stärken und Schwächen reflektiert und einzelne Teilschritte zu unterscheiden und zu kontrollieren sucht“ (Skowronek 1969, S. 165).

Dann kann der Schüler die experimentelle L-L-Strategie als eine Verfahrensweise einüben, die als *adäquates Instrumentarium Suchprozesse* lösen hilft.

Die verschiedenen experimentellen Handlungsschritte wie Vorbereitung, Organisation, Durchführung und Auswertung des Experiments können mit zunehmender Übung aus den spezifischen Untersuchungskontexten gelöst und als allgemeine lösungsstrategische Schritte erfaßt werden. Die durch Erfahrung gewonnene Kenntnis einzelner Phasen des Problemlösungsprozesses wie Problemstellung, Explikation der Situationsmomente, Ziel- und Materialanalyse, Funktionalisierung und Konkretisierung der Lösung (vgl. Rohr 1975, S. 62) erleichtert das selbständige Aufstellen von Lösungsplänen. Deshalb sollte der Lehrer im Unterricht forschungsstrategische *Elemente des*

strategische Einzelhandlungen als Problemlösungsschritte

Problemlösungsprozesses bewußt machen und z. B. die verschiedenen Möglichkeiten der *Phaseinteilung* bei der experimentellen L-L-Strategie an Beispielen erarbeiten (vgl. Abb. 4, 5 und 6, Seite 58/60).

Für das selbständige Erschließen der Umwelt durch das Kind ist die experimentelle L-L-Strategie eine das kindliche epistemische Verhalten systematisch weiterentfaltende unterrichtliche Maßnahme.

Diese Einschätzung des Experiments im Unterricht wurde auch in der *Fragebogenerhebung* deutlich, die im Zusammenhang mit dieser Untersuchung durchgeführt wurde (vgl. Anh.). Die Verwirklichung der didaktischen Zielvorstellung des *entdeckenden Lernens* und das *Lernen durch Tun* wurden von den Lehrkräften mit großem Abstand *vor anderen genannten Zielvorstellungen* aufgeführt (vgl. Anh., Frage 19, Seite 200). Auch die Angaben zur Verwirklichung von Unterrichtsprinzipien durch die experimentelle Unterrichtsform, die dem *Prinzip der Veranschaulichung den höchsten Rangplatz* einräumen, muß aus der Sicht des Unterrichtspraktikers wohl dahingehend gedeutet werden, daß die experimentelle L-L-Strategie als schülerorientierte methodische Maßnahme gewertet wird (vgl. Anh., Frage 10, Seite 198). Die *Notwendigkeit lehrstrategischer Maßnahmen für die Lernwirksamkeit* der experimentellen Unterrichtsform ist in der Beantwortung der Fragen 17 und 8 (vgl. Anh., Seite 200/197) deutlich artikuliert worden. Auch die *Gestaltung einer problemträchtigen Ausgangssituation*, das Initiieren bestimmter Fragestellungen bzw. die gemeinsame Planung des Experiments mit der Klasse werden von den Unterrichtspraktikern relativ hoch eingeschätzt.

Resümee

Die Analyse des Realisationszusammenhanges zwischen den einzelnen *Zielkomponenten* der didaktischen Leitvorstellung der *Schülerorientierung* und der *experimentellen L-L-Strategie* ließ erkennen, daß innerhalb der experimentellen L-L-Strategie qualitativ und quantitativ in hohem Maße *schülerorientierte Aktivitäten* zum Einsatz kommen.

Die didaktische Intention der Schülerorientierung und die experimentelle L-L-Strategie fordern die Berücksichtigung der *drei elementaren Dimensionen* des Lehr-Lern-Vollzugs (vgl. Abb. 21, Seite 169).

Die didaktische Intention der Schülerorientierung bezieht sich in den o. g. drei Teilkomponenten auf die Entfaltung bzw. Modifikation der kognitiven, psychomotorischen und emotionalen Leistungsdispositionen, welche innerhalb der experimentellen L-L-Strategie mehr oder weniger *interdependent* zum Einsatz kommen.

Unter der Zielperspektive einer schülerorientierten L-L-Prozessgestaltung, die alle Kräfte des Schülers im Unterricht zu ihrem Recht kommen lassen bzw. pädagogisch fördern will, ist die experimentelle L-L-Strategie im (naturwissenschaftlichen) Grundschulunterricht eine *angemessene Aktionsform*.

In Abb. 18, 19 und 20 (Seite 166/168) werden die *elementaren Kriterien* dieses Begründungszusammenhanges im Überblick dargestellt. Die

Meinung der Unterrichtspraktiker

Einsatz schülerorientierter Aktivitäten beim Experimentieren

Einsatz aller Lerndimensionen

tabellarische Anordnung erleichtert die rasche Erfassung der relationalen Kriterien für die Begründung der Annahme eines Realisationszusammenhanges zwischen der Zielsetzung der aufgezeigten Zielkomponenten der Schülerorientierung und der experimentellen L-L-Strategie.

Kriterien der individual-psychologisch orientierten L-L-Organisation als Zielkomponente der didaktischen Leitvorstellung der Schülerorientierung	Forderungen an eine dieser Zielsetzung adäquate Unterrichtsgestaltung	Realisationszusammenhang mit der experimentellen L-L-Strategie
Leitgedanke: Die L-L-Organisation muß sich an den individual-psychologischen Gegebenheiten orientieren	Leitgedanke: Die Unterrichtsgestaltung muß lehrdivergente Interessen und Bedürfnisse der Schüler berücksichtigen	Leitgedanke: Die experimentelle L-L-Strategie ist eine angemessene Realisationsweise für die Zielsetzung der individual-psychologisch orientierten L-L-Organisation
alterstypisch und umweltspezifisch geprägte physische und psychische Leistungsdispositionen des Kindes als Bestimmungsfaktoren des L-L-Prozesses	Anpassung der L-L-Ziele und der L-L-Verfahren an die individuellen Leistungsmodi (adaptive Lernsituationen)	(schüler)subjekteigene Fähigkeiten und Fertigkeiten als subjektive Relevanzkriterien der experimentellen Methode; (subjektbestimmte) Zielsetzung, Planung, Durchführung, Interpretation des Experiments
Stärkung bzw. Modifikation der Fähigkeits- und Interessenprofile der Schüler — epistemisch-aktivistische Verhaltensmöglichkeiten des Grundschülers	lehrstrategische Hilfestellung zur Förderung der mehrdimensionalen Fähigkeitsdispositionen der Schüler (interdependente Lernsituationen)	das Experimentieren als aktive, konkret-operationale Erfahrungsgewinnung und Erfahrungserweiterung (mehrdimensionale Aktivitätenkombination)
individuell unterschiedliche Strukturhöhe der epistemischen und heuristischen kognitiven Struktur der Schüler	lehrstrategische Anregung zur selbständigen Exploration von Sachverhalten durch die Schüler (entdeckende Lernsituationen)	die experimentelle Methode als Verfahren zum individuellen Aufbau und Ausbau kognitiver, motivationaler und pragmatischer Strukturen

Abb. 18: Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielsetzung der individualpsychologisch orientierten Lehr-Lern-Organisation und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie

Kriterien der Lernmotivierung als Zielkomponente der didaktischen Intention der Schülerorientierung	Forderung an eine dieser Zielsetzung adäquate Unterrichtsgestaltung	Realisationszusammenhang mit der experimentellen L-L-Strategie
Leitgedanke: Der Unterricht hat Motive als handlungsleitende Beweggründe zu aktivieren	Leitgedanke: Die Unterrichtsgestaltung soll lernmotivierende Elemente enthalten	Leitgedanke: Die experimentelle L-L-Strategie ist eine angemessene Realisationsweise für die Zielsetzung der Lernmotivierung
Erkenntnisinteresse, Erlebnisfähigkeit und Handlungsbereitschaft als Bestimmungsfaktor des L-L-Prozesses	Bereitstellen motivierender Lernumwelten zur Anregung und Ausrichtung der Motive im Schüler	epistemisches Interesse als Ursprung und Regulativ des experimentellen Forschens in Wissenschaft und Unterricht
emotionale Gegenstandsgerichtetheiten (sachbezogene Motivation) als Hauptmotive für forschendes Lernen	lehrstrategische Initiierung kognitiver Konflikte als Ausgangssituationen für ein exploratives Gegenstandsverhalten	experimentelle Methode als probierendes und erkundendes Gegenstandsverhalten
schülermotivierende Lernprozeßorientierung und weniger lehrerdeterminierte Lernproduktorientierung	Einsatz mehr sachbezogener als lehr(er)bezogener L-L-Aktivitäten	Einsatz der experimentellen Methode zur methodisch bewußten und gezielt angestrebten Erfahrungsgewinnung als genuin motivierende Tätigkeit

Abb. 19: Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhanges zwischen der Zielsetzung der Lernmotivierung und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie

Kriterien des schülergesteuerten Problemlöseverhaltens als Zielkomponente der didaktischen Leitvorstellung der Schülerorientierung	Forderungen an eine dieser Zielsetzung adäquate Unterrichtsgestaltung	Realisationszusammenhang mit der experimentellen L-L-Strategie
Leitgedanke: Durch den Unterricht sollen die Schüler zur selbständigen Durchführung von Problemlösungsstrategien befähigt werden	Leitgedanke: Die L-L-Organisation muß sich um eine problemhaltige Gestaltung des L-L-Vollzugs bemühen	Leitgedanke: Die experimentelle L-L-Strategie ist eine angemessene Realisationsweise für die Zielsetzung des schülergesteuerten Problemlöseverhaltens
bei der Durchführung von Problemlösungsstrategien als schülergesteuerte Aktionsformen Einsatz von individuellen Leistungsdispositionen	durch problemorientierte Lernhilfen die schülergesteuerte Wissens- und Erkenntnisorganisation anregen	mehrdimensionaler Einsatz von Leistungsdispositionen bei der experimentellen Methode als zentrale naturwissenschaftliche Problemlösungsstrategie
Problemlösungsstrategien als Abfolge von erprobten Handlungsschritten zur Lösungsfindung	strategische Teilschritte bzw. Lösungstechniken durch Lehraktivitäten bewußt fördern	Koordination von makro- und mikrostrategischen Teilschritten zur experimentellen L-L-Strategie
Förderung des Problemlösevermögens durch das genetische und sokratische Forschen als Nach-Forschen und Miteinander-Forschen	das strategisch angestrebte Entdecken der Schüler selbst anregen und bewußtmachen	spielerisches Experimentieren als Vorform des forschungsstrategischen Einsatzes der experimentellen Methode

Abb. 20: Prinzipielle Perspektiven des Realisationszusammenhangs zwischen der Zielsetzung des schülergesteuerten Problemlöseverhaltens und der experimentellen Lehr-Lern-Strategie

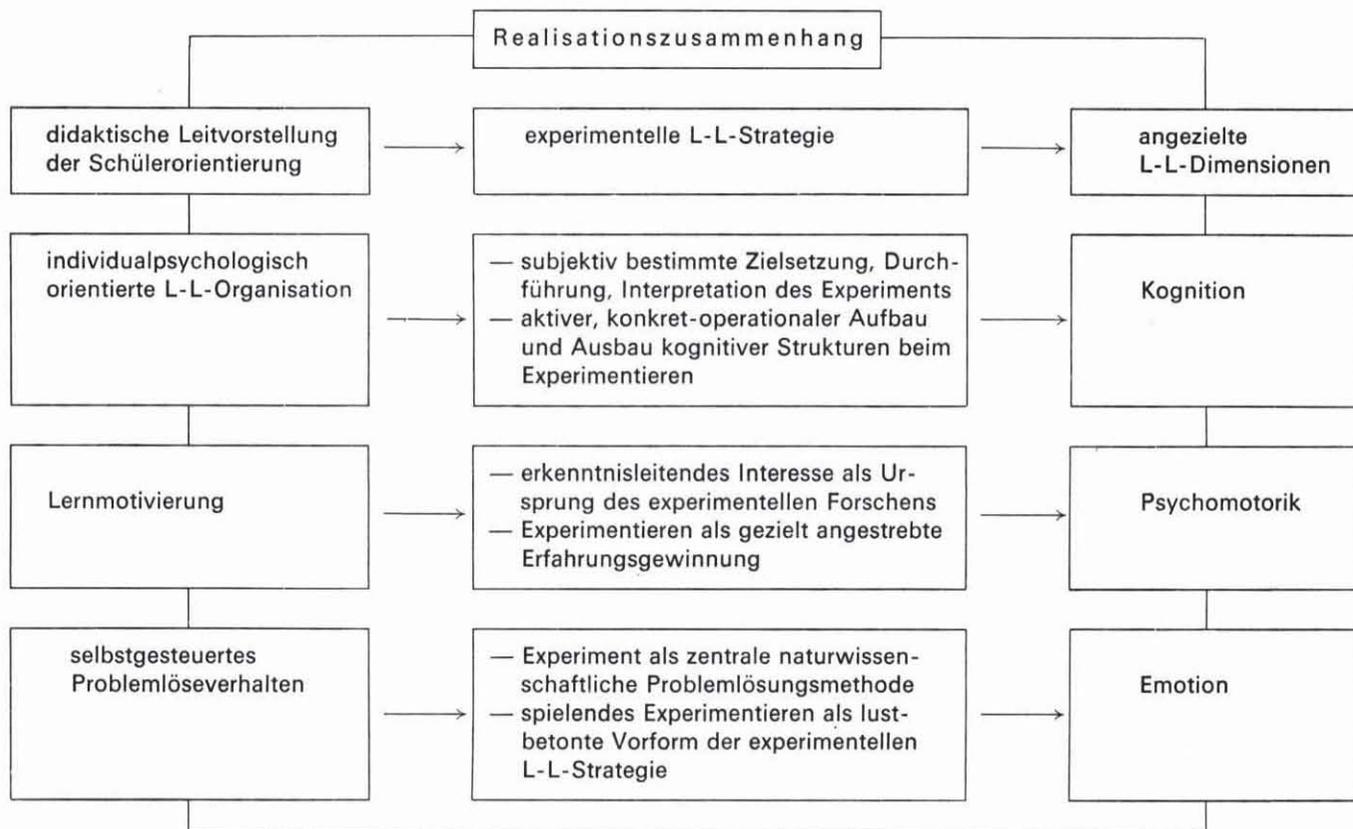


Abb. 21: Strukturmodell des Realisationszusammenhanges zwischen den durch die didaktische Leitvorstellung der Schülerorientierung angezielten L-L-Dimensionen und der experimentellen L-L-Strategie

3. Unterrichtsmodelle

3.1 Thema: Stoffe können ihre Form verändern

Empfohlene Jahrgangsstufe: 1–2

Fachbezug: Physik/Umweltkunde

Experimentelle
Lehr-Lern-Strategie
Unterrichtsformen

Lehr-Inhalte
Lern-Ziele

I. Fragestellung

Gelegenheits-
unterricht bzw.
Impulsunterricht

Mit manchen Dingen aus unserer Umwelt können wir zaubern. Diese Dinge können verschwinden und wieder zum Vorschein kommen.
Dinge können ihre Gestalt, ihr Aussehen verändern. Wie geschieht das?

II. Planung

entwickelndes
Unterrichtsgespräch

Wir untersuchen,
— wovon es abhängt, daß Stoffe Aussehen und Eigenschaften verändern,
— ob die veränderbaren Stoffe immer „ganz“ verändert werden.

III. Durchführung der Experimente

Versuche
in Gruppenarbeit

V₁: Zucker bzw. Salz oder pulverisierte Farbe
— in Gläsern mit Wasser bzw. anderen Flüssigkeiten in größeren und kleineren Mengen auflösen
— eine Zeitlang stehen lassen

Versuche
in Alleinarbeit
bzw.
L-Demonstrations-
versuch

V₂: Wachsreste kneten bzw. im Topf schmelzen
— das flüssige Wachs in eine Form (Joghurt-Becher) gießen
— erkalten lassen und Form entfernen
analoge Versuche mit Butter, Schokolade, Zinn (?)
V₃: Eisenfeilspäne — Eisenpulver — Nägel:
— jeweils Magnetprobe durchführen
Nägel mit Zange in Stücke zerteilen
— Magnetprobe beim ganzen Nagel/bei den Nagelstücken

IV. Auswertung

Unterrichtsgespräche
als Partnergespräch
bzw.
im Klassenunterricht

LZ₁: Bestimmte Stoffe können in Wasser gelöst werden.
— Die festen Stoffteilchen zerfallen in viele unsichtbar kleine Teilchen.
— Das *Wasser nimmt die Eigenschaften (Aussehen/ Farbe — Geschmack) des festen Stoffes an.*
LZ₂: Kaltes Wachs ist *hart und fest.*
— Durch Kneten mit den warmen Händen wird Wachs *weich und formbar.*
— Erfolgt größere Wärmezufuhr (Erhitzung), wird Wachs *flüssig; es schmilzt.*
— Nach dem Abkühlen ist Wachs *wieder fest und hart.*
LZ₃: Der zerteilte Eisennagel hat seine *Form verloren, aber seine Eigenschaften bleiben erhalten.*
Eisenfeilspäne, Eisenpulver und Eisenstücke sind gleich magnetisch.

Didaktische Intention: Elementare physikalische Kenntnisse durch handelnd-experimentellen Umgang erwerben

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

- L: in Rätsellform eine unterrichtliche Problemsituation aufwerfen
- SS: über die Problemstellung nachdenken und gemachte Umgangserfahrungen anführen



- L/SS: eine gezielte Fragestellung präzise formulieren

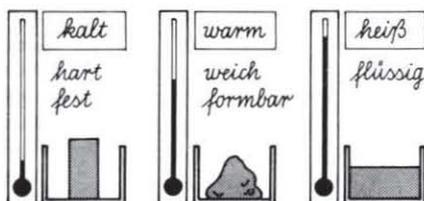
- L: — Versuchsmaterialien (Haushalt) bereitstellen
— die SS zur Versuchsdurchführung anleiten
— Demonstrationsversuche mit kindgemäßen Erläuterungen durchführen



- SS: — bei der Versuchsdurchführung genau beobachten
— die während der Versuchsdurchführung und nach dem Versuch gemachten Beobachtungen ausführlich beschreiben
— Vergleiche bei einzelnen Beobachtungsergebnissen durchführen



- L: — die SS zum Versprachlichen der Beobachtungsdaten auffordern
— fachsprachliche Begriffe bzw. fachliches Wissen (in kindgemäßer Form) anbieten
— auf die Sachzusammenhänge zwischen den verschiedenen Versuchen hinweisen



- SS: — die Versuchsergebnisse im Zusammenhang mit den gewonnenen Einsichten versprachlichen
— Gemeinsamkeiten/Unterschiede zwischen den einzelnen Versuchsergebnissen herausstellen
— den Transfer der erarbeiteten Kenntnisse auf alltägliche Umweltphänomene vollziehen können



3.2 Thema: Die Pflanzenvermehrung ohne Samen

Empfohlene Jahrgangsstufe: 2–4

Fachbezug: Physik/Ökologie/Gartenbau

Experimentelle
Lehr-Lern-Strategie
Unterrichtsformen

Lehr-Inhalte
Lern-Ziele

I. Fragestellung

freies bzw. gelenktes
Unterrichtsgespräch

Wenn wir Pflanzen anbauen wollen, säen wir die Samen aus oder ...? Gibt es neben der Vermehrung durch Samen noch andere Möglichkeiten?

II. Planung

Klassenunterricht

Wir untersuchen,
— ob neue Pflanzen aus Blättern der alten Pflanzen wachsen können,
— ob Pflanzen aus Stengeln der alten Pflanzen sich entwickeln können.

III. Durchführung der Experimente

Demonstrations-
versuche
als L-Demonstration
bzw.
in Gruppenarbeit

Langzeitversuche

- V1: Eine gut beblätterte gelbe Rübe der Länge nach halbieren
— Hälften in je einen Blumentopf mit Gartenerde setzen, in helles Licht stellen, reichlich gießen
— gleichzeitig eine ganze Rübe unter denselben Bedingungen einpflanzen
- V2: Ein vom Stamm des Gummibaumes abgeschnittenes Blatt in ein Glas mit Wasser geben
— nach Wurzelbildung in gute Erde eintopfen
— analoge Versuche mit „Fleißigem Lieschen“
- V3: Stengel einer Gartennelke im Blumentopf abwärtsbiegen, die knotigen Stellen teilweise mit Erde bedecken
— später Verbindung der knotigen Stellen mit der Mutterpflanze lösen
- V4: Oberirdische Ausläufer der Erdbeere abschneiden
— auf einen Topf mit feuchtem Sägemehl legen
— mit einer Glasglocke abdecken
— hell, aber schattig aufstellen

IV. Auswertung

impulsgebendes
bzw.
entdeckenlassendes
Unterrichtsverfahren

Diskussionen
in Partner-
und Gruppenarbeit
Alleinarbeit
mit Hilfsmitteln
(Bücher u. a.)

- LZ1: Halbierten Rüben wachsen viele neue Würzelchen an, welche die Pflanze mit Nährstoffen versorgen. *Die Pflanzenhälften erneuern sich.*
- LZ2: An abgeschnittenen Blättern bzw. am Stengel bilden sich im Wasser Würzelchen.
— Aus Stengelteilen können neue Pflanzen wachsen. *Pflanzen können durch Setzlinge vermehrt werden.*
- LZ3: An knotigen Stellen bewurzeln sich die Stengel und bilden neue Pflanzen („vegetative“ Vermehrung).
- LZ4: Die oberirdischen Ausläufer bewurzeln sich.
— Es entstehen neue Pflanzen durch Ausläufer (Ableger).

Didaktische Intention: Biologisch grundlegendes Wissen über die Möglichkeiten der künstlichen bzw. der natürlichen vegetativen Vermehrung erarbeiten

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: die SS zu themenspezifischen Fragestellungen anregen

SS: Erfahrungswissen und angelesenes Wissen in die Unterrichtssituation themengemäß einbringen



L/SS: mögliche Fragestellungen entwickeln für Versuche, die im Klassenraum durchgeführt werden können

L: — Versuchsmaterialien bereitstellen
— zielorientierte Hinweise zur Versuchsanordnung geben
— die Betreuung der Langzeitversuche durch die SS überwachen



SS: — mit den bereitgestellten Versuchsmaterialien Versuchsanordnungen planen
— die Versuche in allen experimentellen Einzelphasen und die Feststellung der Beobachtungsdaten sehr sorgfältig ausführen
— experimentelle Fragestellung und experimentelle Anordnung je neu kritisch in Zusammenhang bringen



L: — zur Auswertung der Beobachtungsdaten auffordern und Hilfestellung geben
— die SS zu Erklärungsversuchen auffordern
— fachgemäße Informationen anbieten



SS: — die Beobachtungsdaten kritisch mit den experimentellen Fragestellungen in Zusammenhang bringen
— die eigenen Erklärungsversuche mit den Fachinformationen des L in Zusammenhang bringen
— zum „Entdecken“ der erarbeiteten Wissenszusammenhänge in der natürlichen Umwelt bereit sein



3.3 Thema: Was die Luftwirkung auf alkoholische Getränke bewirkt

Empfohlene Jahrgangsstufe: 2—3

Fachbezug: Chemie/Haushaltslehre

Experimentelle
Lehr-Lern-Strategie
Unterrichtsformen

Lehr-Inhalte
Lern-Ziele

I. Fragestellung

Gelegenheits-
unterricht bzw.
Frageunterricht

Weinflaschen werden nach der Abfüllung bis zum Verbrauch oft jahrelang gelagert. Sie sind dicht mit einem Korken verschlossen, so dicht, daß wir den Korken nur mit Kraftanwendung aus der Flasche ziehen können. Warum wohl?

II. Planung

Lehrgespräch

Wir untersuchen,
— was geschieht, wenn Wein und andere alkoholische Getränke längere Zeit offen (nicht luftgeschützt) aufbewahrt werden.

III. Durchführung der Experimente

SS-Demonstrations-
experimente
bzw.
L-Demonstrations-
experimente
(Langzeitversuch)

- V₁: Einige Bierflaschen offen stehen lassen — einige Bierflaschen geschlossen stehen lassen
Eine Weinflasche offen, eine geschlossen stehen lassen
— ab und zu „nachsehen“ (riechen, schmecken)
- V₂: (Helles) Bier und Wein aus geschlossenen Flaschen ausgießen und bei Zimmertemperatur etwa 1 Woche stehen lassen
— je ein Reagenzglas voll
— je ein breites Trinkglas voll
- V₃: Bier, Wein, Kognak, Rum, Schnaps
— in gleichen (kleinen) Mengen in je ein Schälchen gießen
— bei Zimmertemperatur offen stehen lassen
— ab und zu „nachsehen“

IV. Auswertung

gelenktes
Unterrichtsgespräch

- LZ₁: Bier und Wein in offenen Flaschen werden nach einigen Tagen sauer.
— Die sauren Flüssigkeiten sehen nicht mehr so klar wie ursprünglich aus.
- LZ₂: Nach einigen Tagen sind die Oberflächen von Wein und Bier in den Trinkgläsern mit einer Kahmhaut überzogen.
— In den Reagenzgläsern läuft der Vorgang wesentlich langsamer ab.
— In Bier und Wein sind Essigsäurebakterien, die Alkohol zu Essigsäure verwandeln (oxydieren). Dazu brauchen sie Luft (Sauerstoff).
— Je größer die luftzugängliche Oberfläche ist, desto schneller können die Essigsäurebakterien Alkohol sauer machen.
- LZ₃: Je geringer der Alkoholgehalt von Getränken ist, desto schneller werden sie sauer, wenn sie nicht luftdicht verschlossen sind.

Didaktische Intention : Alltägliche Umwelterfahrungen mit Hilfe von chemischen Grundkenntnissen erklären können

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

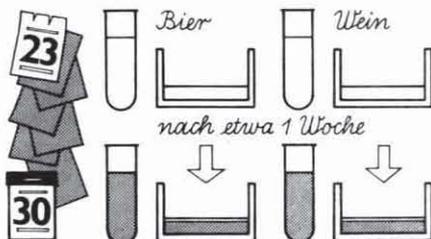
L: eine alltägliche Erfahrungssituation in den Fragehorizont der SS bringen

SS: über themagemäße Alltagserfahrungen möglichst genau berichten

L/SS: fachlich mögliche Untersuchungsaspekte im Hinblick auf die experimentelle Überprüfungssituation im Klassenraum aufgreifen



L: — die Experimentiermaterialien bereitstellen
 — zur Versuchsdurchführung gemäß der experimentellen Fragestellung anleiten
 — auf die Gleichheit in den Versuchsbedingungen achten



SS: — die Langzeitversuche auch bei geringer Veränderung im Versuchsmaterial mit Interesse verfolgen
 — Überlegungen zur Feststellung von etwaigen Veränderungen anstellen
 — die Fragestellung der Ausgangssituation „im Auge“ behalten



L: — die SS zur Verbalisierung und zum Vergleich der Beobachtungsergebnisse anregen
 — den SS Informationen über chemische Zusammenhänge bzw. Ursachen geben
 — die Einzelkenntnisse in größere Wissenszusammenhänge einordnen

SS: — die Beobachtungsdaten so präzise wie möglich verbalisieren
 — Sachinformationen aufnehmen und in Zusammenhang mit den Beobachtungsergebnissen bringen
 — einen Einblick in chemische Grundkenntnisse erhalten



3.4 Thema: Wie unterschiedlich Pflanzen wachsen können

Empfohlene Jahrgangsstufe: 1—4

Fachbezug: Biologie/Ökologie

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung Gelegenheitsunterricht bzw. Impulsunterricht	An Blumen und Blattpflanzen im Klassenzimmer können wir immer wieder neue Entdeckungen machen: schnelles — langsames Wachsen . . . Blühen . . . Samenbildung. Nach welchen Gesetzmäßigkeiten wachsen die Pflanzen?
II. Planung gelenktes Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen, — ob die Pflanzen <i>auf jedem Boden gleich gut wachsen</i> , — ob die Pflanzen <i>zu jeder Tages- und Jahreszeit gleich schnell</i> wachsen.
III. Durchführung der Experimente Demonstrationsversuche Versuche in Gruppenarbeit Versuche in Langzeitbeobachtung	V ₁ : Gut beblätterte gelbe Rübe der Länge nach halbieren — eine Hälfte in Blumentopf mit reinem Sand, die andere in Blumentopf mit Gartenerde pflanzen — beide hellem Licht aussetzen/reichlich gießen V ₂ : wie bei V ₁ — die beiden Hälften der gelben Rübe in Töpfe mit Gartenerde stecken — anwachsen lassen (1 Woche), dann in einem Topf kein Wasser mehr zugießen V ₃ : Einen Bohnenkeimling beim Wachsen genau beobachten — tabellarisch die Beobachtungen festhalten V ₄ : Im Herbst nach Laubfall Kirschen- und Aprikosenzweige in 30—40 cm Länge abschneiden, im warmen Zimmer in Wasser stehen lassen — von denselben Bäumen Zweige um Barbara (4. Dez.) abschneiden und ebenso behandeln
IV. Auswertung freies bzw. gelenktes Unterrichtsgespräch Auswertung der Langzeitbeobachtung in Gruppenarbeit bzw. Klassenunterricht	LZ ₁ : Die Hälfte der gelben Rübe im Sand verkümmert; die Hälfte in Gartenerde entwickelt sich kräftig, weil sie <i>Nährstoffe</i> hat. LZ ₂ : Die bewässerte Pflanze entwickelt sich normal; die Hälfte, die kein Wasser bekommt, verkümmert langsam, weil ihr <i>Feuchtigkeit fehlt</i> . LZ ₃ : Das <i>Wachstum</i> ist in den <i>einzelnen Entwicklungsstadien ungleichmäßig</i> . Das schnellste Wachstum findet in der Jugend statt. Je „älter“ die Pflanze ist, desto langsamer wächst sie. LZ ₄ : Die im Herbst geschnittenen Zweige treiben oft nicht aus, die um Barbara geschnittenen treiben um Weihnachten Blüten. — (Mehrjährige) Pflanzen haben eine „ <i>natürliche Ruheperiode</i> “, z. B. unsere Obstbäume vom Oktober bis Dezember (dazu kommt die klimatisch bedingte „ <i>unfreiwillige</i> “ Ruheperiode!).

Didaktische Intention: Kenntnisse und Einsichten in biologische Wachstumsvorgänge und Wachstumsbedingungen gewinnen

Lehr-Aktivitäten

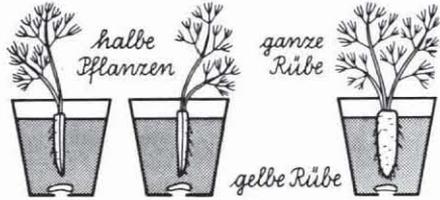
Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

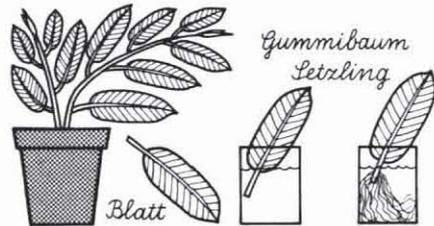
L: einen Sachverhalt aus der alltäglichen Erfahrung als Problemstellung für den Unterricht aufgreifen

SS: alltägliche Erfahrungen bewußt und gezielt hinterfragen (auf Ursachen hin die Phänomene überprüfen)



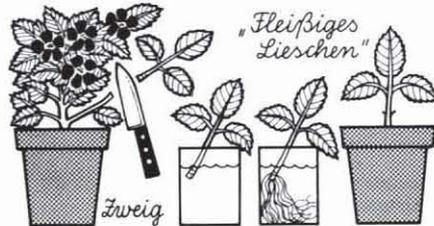
L: das Stellen von gezielten Problemfragen anregen

SS: eigene Vermutungen zur Phänomenklärung präzise versprachlichen



L: — den SS Impulse zur Organisation der Langzeitversuche geben
 — Möglichkeiten zur tabellarischen Aufzeichnung der Langzeit-Beobachtungsdaten aufzeigen bzw. beurteilen
 — die Betreuung der Langzeitversuche durch die SS überwachen

SS: — Möglichkeiten der Versuchsanordnung „erfinden“
 — verschiedene Möglichkeiten zur tabellarischen Aufzeichnung der Beobachtungsdaten ausführen
 — Sorgfalt zeigen bei der Betreuung der Langzeitversuche



L: — die SS zum Verbalisieren der gemachten Beobachtungen anregen
 — Materialien (Bücher, Sachzeichnungen...) zur Klärung der Versuchsergebnisse bereitstellen
 — Informationen bzw. Hilfestellung zur sachgemäßen Erklärung anbieten



SS: — Aussagen über die Beobachtungsdaten erläuternd und erklärend machen
 — Vergleiche ziehen zwischen den eigenen Vermutungen und den Beobachtungsergebnissen
 — mit Hilfe von Büchern usw. die eigenen Deutungsversuche der experimentellen Beobachtungsdaten kritisch überprüfen



3.5 Thema: Die Farbprobe als Nachweis für Säuren und Laugen

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3–4 Fachbezug: Chemie/Haushaltslehre/Umweltkunde

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung Lehrgespräch oder Gelegenheitsunterricht	Manche Flüssigkeiten verändern bei Zugabe von anderen Flüssigkeiten ihre Farbe, z. B. schwarzer Tee bekommt durch Zugabe von Zitronensaft eine hellere Färbung, weiße Milch wird rosa, wenn wir Kirschsafte zugießen . . . Können Farbveränderungen bei Flüssigkeiten etwas über die Eigenschaften der jeweiligen Flüssigkeit aussagen ?
II. Planung Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen, — welche Flüssigkeiten bei der Zugabe von anderen Flüssigkeiten eine Farbveränderung erhalten, — wie mit einer bestimmten Farbprobe die Eigenschaften von Flüssigkeiten festgestellt werden können.
III. Durchführung der Experimente L-Demonstrationsversuche bzw. SS-Demonstrationsversuche	V ₁ : In ein Glas — gefüllt mit Wasser — einige Tropfen Tinte geben — dann einige Tropfen Zitronensaft zugeben In ein Glas — gefüllt mit violetter Rotkrautsaft (Saft von gekochtem Rotkraut) — einige Tropfen Zitronensaft zugeben V ₂ : 5 Gläser mit gleichen Mengen von Rotkrautsaft füllen — jeweils Zugaben von: — Zitronensaft — Essig — Waschpulver — Sidolin (Scheuerpulver) — 1 Glas ohne Zugabe lassen V ₃ : Apfelwein, hellen Essig, Zitronensaft, Sidolin, Persil, Seifenlauge (jeweils Lösungen) in gleichen Mengen in je ein Glas schütten — jeweils blaue und rote Lackmuspapierstreifen eintauchen
IV. Auswertung Partnersgespräch bzw. Unterrichtsgespräch entwickelndes Lehrverfahren	LZ ₁ : Das durch Tinte gefärbte Wasser ändert sich bei Zugabe von Zitronensaft nicht. Der violette Rotkrautsaft aber färbt sich rot. LZ ₂ : Auf die verschiedenen Stoffzugaben reagiert der Rotkrautsaft in den Gläsern unterschiedlich: — Die <i>sauerschmeckenden Zutaten</i> (Zitronensaft, Essig) färben den violetten Rotkrautsaft <i>rot</i> . — Die <i>Zutaten mit seifigem Geschmack</i> (Waschmittel, Sidolin) färben den violetten Rotkrautsaft <i>blau</i> . — In der chemischen Fachsprache nennt man diese beiden Stoffgruppen <i>Säuren</i> und <i>Laugen (Basen)</i> . LZ ₃ : Das <i>blaue Lackmuspapier färbt sich</i> in den Gläsern mit Apfelwein, Essig und Zitronensaft <i>rot</i> . — Blaues Lackmuspapier ist ein <i>Nachweismittel für Säuren</i> (färbt sich rot). Das <i>rote Lackmuspapier färbt sich</i> in den Gläsern mit Sidolin, Persil, Seifenlösung <i>blau</i> . — Rotes Lackmuspapier ist ein <i>Nachweismittel für Laugen</i> (färbt sich blau).

Didaktische Intention: Elementares chemisches Wissen über Farbproben als Nachweis für das Vorhandensein bestimmter Stoffe erwerben

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: alltägliche Phänomene als Hintergrund für Sachprobleme aufgreifen

SS: die Fragestellung des L in Bezug zu den eigenen Umwelterfahrungen bringen

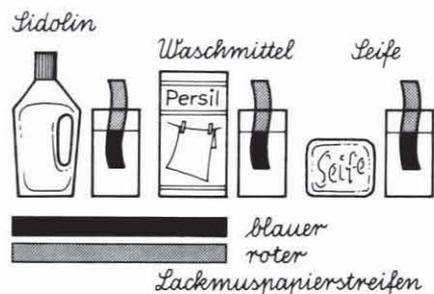
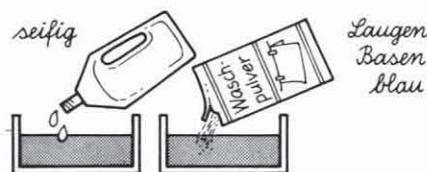
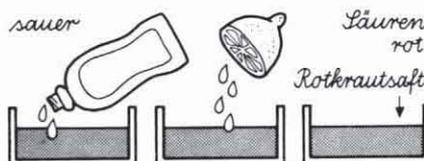
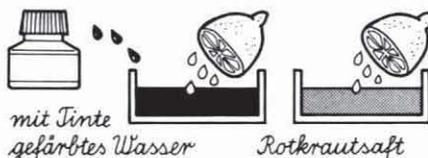
L/SS: die experimentelle Fragestellung präzise formulieren

L: — die SS zur Versuchsplanung motivieren
— die sachgerechte Versuchsanordnung/Versuchsdurchführung überwachen
— die SS zur genauen Beobachtung der Farbveränderungen anhalten

SS: — die einzelnen Versuche sorgfältig beobachten bzw. durchführen
— die Notwendigkeit des Erprobens von möglichst vielen Stoffen einsehen
— einzelne Versuche als Versuchsreihe identifizieren können (in ihrer problemorientierten Zuordnung)

L: — Anregungen geben zum Zuordnen von Einzelversuchen zu den Versuchsreihen: Säurenachweis — Laugennachweis
— sachliche Erklärungen bzw. Fachbegriffe verwenden
— Impulse geben zum Vergleich der Versuchsergebnisse der beiden Versuchsreihen

SS: — auf genaue sprachliche Formulierung bzw. die Farbangabe zu den einzelnen Versuchen achten
— Fachinformationen und Fachbegriffe verstehen und verwenden können
— die Farbprobe auch bei anderen Flüssigkeiten als den im Unterricht verwendeten anwenden und interpretieren können



3.6 Thema: Die Jodprobe als Nachweis für Stärke in „weißem Pulver“

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3–4

Fachbezug: Chemie/Umweltkunde

Experimentelle	Lehr-Inhalte
Lehr-Lern-Strategie	Lern-Ziele
Unterrichtsformen	

I. Fragestellung

- Impulsunterricht Wir kennen viele „weiße Pulver“. Sie sind nicht alle gleich . . .
Wie können wir genaue Unterschiede feststellen ?

II. Planung

- Unterrichtsgespräch Wir untersuchen,
— ob man weißes Pulver genau bestimmen kann
— durch Betrachten (mit dem Auge),
— durch Befühlen/Betasten (mit den Fingern),
— durch Schmecken (mit der Zunge),
— durch Riechen (mit der Nase/Geruchssinn),
— durch Lösen in Wasser,
— durch Betropfen mit einer bestimmten Lösung (Jod).

III. Durchführung der Experimente

- L-Demonstrations-
experimente
bzw.
SS-Demonstrations-
experimente
- V₁: Verschiedene „weiße Pulver“ in gleichen Mengen in Schälchen geben
— Unterschiede feststellen durch Betrachten, Schmecken, Befühlen, Wasserzugabe
- V₂: „weiße Pulver“ wie in V₁
— auf jedes Schälchen mit einer Pipette einen Tropfen Jodlösung träufeln
- V₃: Weizen-, Roggen-, Hafer-, Gersten-, Maismehl, eine halbierte Kartoffel, eine halbierte Zwiebel, verschiedene Früchte und Speisen mit einem Tropfen Jodlösung beträufeln
— Pulvermischungen herstellen, wiederum die Jodprobe durchführen

IV. Auswertung

- impulsgebendes
bzw. darstellendes
Unterrichtsverfahren
- LZ₁: Beim Betrachten und Befühlen kann bei „weißem Pulver“ meist kein großer Unterschied zwischen den einzelnen Pulverarten festgestellt werden.
— Beim Schmecken bzw. Riechen und beim Vermischen mit Wasser zeigen sich große Unterschiede.
- LZ₂: Die einzelnen „weißen Pulver“ reagieren auf Jodlösung anders als auf Wasser.
— Ein Teil der Pulver verfärbt sich blau, z. B. Mehl, Stärke . . . ,
andere Stoffe zeigen keine farbliche Veränderung.
— Jodlösung ist ein Erkennungsmittel für Stärke.
- LZ₃: Die Mehlpulver und die Fruchtschnitten färben sich alle blau.
— Stärke ist ein wichtiger Stoff in vielen Früchten und Nahrungsmitteln; Stärke ist ein „Kraft“-Reservestoff.

Didaktische Intention: Grundlegende chemische Verfahrensweisen zur Bestimmung von Stoffeigenschaften am Beispiel des Jodnachweises kennenlernen

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: mit einem Reizwort „weißes Pulver“ die SS zum Nachdenken anregen



SS: Umwelterfahrungen in bezug auf das Unterrichtsthema mobilisieren



L: die SS-Vermutungen systematisch ordnen

SS: möglichst viele Untersuchungsmöglichkeiten „erfinden“



L: — die nötigen Versuchsmaterialien bereitstellen (lassen)
— die SS zum möglichst genauen/möglichst variablen Untersuchen der „weißen Pulver“ anhalten
— die SS zur Formulierung von Hypothesen anregen



Zucker · Grieß · Mehl · Puderzucker · Reis · Waschpulver · Lägespäne · Pulverfarbe

SS: — die „weißen Pulver“ mit und ohne Hilfsmittel möglichst genau untersuchen
— auf die Gleichheiten/Unterschiede in den Versuchsbedingungen achten
— eigene Vermutungen über das Versuchsergebnis anstellen



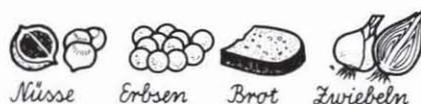
mit 1 Tropfen Jodlösung beträufeln



L: — die SS zur Systematisierung der Beobachtungsdaten anhalten
— fachspezifische Ausdrücke anbieten und kindgemäß erklären
— Einzelwissen in größere fachliche Zusammenhänge einordnen



SS: — die Vermutungen mit den Beobachtungsdaten kritisch vergleichen
— Fachausdrücke verstehen und richtig verwenden können
— die Jodprobe auch auf andere als im Unterricht erprobte Stoffe anwenden können



3.7 Thema: Wie verschmutztes Wasser gereinigt werden kann

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3–4 Fachbezug: Physik/Chemie/Umweltschutz/Biologie

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung	
Lehrgespräch	In allen größeren Wohnorten gibt es eine Kläranlage. Dort wird das schmutzige Abwasser gereinigt. Was geschieht in einer Kläranlage mit dem Schmutzwasser?
II. Planung	
Impulsunterricht	Wir untersuchen, — wie grobe Schmutzteilchen aus dem Wasser entfernt werden können, — wie mit dem Wasser vermischte Schmutzteilchen wieder vom Wasser getrennt werden können.
III. Durchführung der Experimente	
Demonstrationsversuche durch SS bzw. den L	V ₁ : Glas, gefüllt mit verschmutztem Wasser (Sand, Schlamm, Papierschnitzel, Asche, Kreidepulver, Tinte, Reiskörner, Holzteilchen . . .) — Reinigungsversuche ohne und mit Hilfsmitteln (Sieb, Kamm . . .) V ₂ : Blumentopf (oder durchsichtigen Kaffeefilter) abwechselnd mit gut gewaschenen Kies- und Sandschichten füllen — in einem Becher lehmige Erde in Wasser auflösen (Schmutzwasser) — Schmutzwasser in den Sand-Kies-Filter gießen, eingegossenes mit durchgeflossenenem Wasser vergleichen — analoge Versuche mit vielen/wenigen Sandschichten und mit einem Papierfilter V ₃ : Einen Teil des von V ₁ übrigen Schmutzwassers durch den Sand/Kies- bzw. den Papier-Filter gießen — analoge Versuche mit Waschlauge, Spülwasser, Essigwasser, mit Öl vermischem Wasser
IV. Auswertung	
entwickelndes bzw. darbietendes Lehrverfahren	LZ ₁ : Mit kamm- und siebartigen Hilfsmitteln können kleinere feste Teilchen aus dem Wasser geholt werden. — <i>Schmutzwasser kann durch Sieben, Abrechen und Absetzenlassen von Schwimm-, Schweb- und Sinkstoffen gereinigt werden.</i>
Diskussionen im Partner- und im Gruppengespräch	LZ ₂ : Schmutzwasser, das durch Sand- und Kiesschichten gelaufen ist, ist nicht mehr (so) schmutzig. — Kies- und Sandschichten wirken wie ein Filter (<i>Filtrieren</i>). LZ ₃ : Durch Filtrieren können Verschmutzungen des Wassers durch Farben, Öl u. a. nicht gereinigt werden. — Für solche und <i>andere Verunreinigungen</i> des Wassers, z. B. Bakterien, sind komplizierte <i>Verfahren</i> nötig.

Didaktische Intention: Physikalische, chemische und biologische Kenntnisse in ihrer Anwendbarkeit auf eine alltägliche Umweltsituation verstehen

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

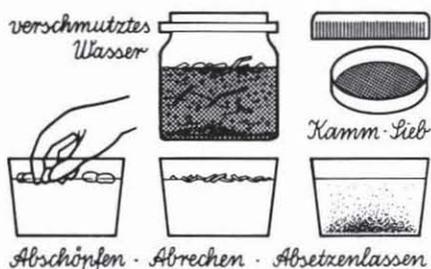
Medien

L: Informationen (auch Bildmaterial) zum Thema anbieten

SS: aufgrund der L-Informationen unterrichtliche Fragestellungen entwickeln

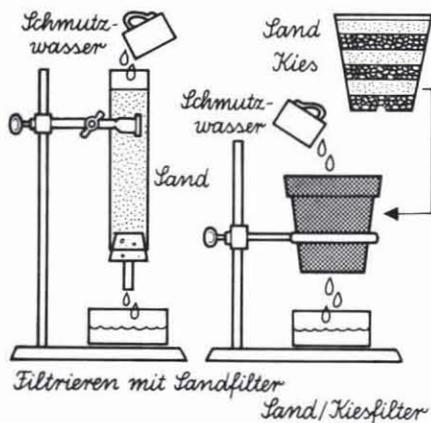
L: eine Struktur in die experimentelle Fragestellung bringen

SS: experimentelle Fragestellungen präzise formulieren



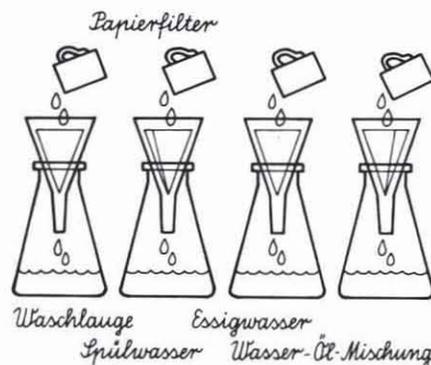
L: — Demonstrationsversuche sehr sorgfältig durchführen (lassen)
 — auf eine sorgfältige Versprachlichung der Versuche/Versuchsschritte achten
 — Anregungen zur Variation der Einzelversuche geben

SS: — die einzelnen Versuche genau beschreiben
 — Zusammenhänge zwischen der experimentellen Fragestellung und den Beobachtungsdaten herstellen
 — möglichst viele Versuchsvarianten „erfinden“



L: — eine Struktur in die einzelnen Beobachtungsergebnisse bringen
 — sachklärende Informationen anbieten
 — Arbeitsmaterialien (Bücher, Lexika ...) zur Unterstützung der Sachklärung zur Verfügung stellen

SS: — die Beobachtungsdaten gemäß den experimentellen Fragestellungen zu erklären versuchen
 — L-Informationen, Beobachtungsdaten und Informationen aus der Literatur in Zusammenhang bringen
 — zur Übertragung der gewonnenen Einsichten auf analoge Situationen bereit sein



3.8 Thema: Wovon die Rostbildung abhängig ist

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3–4 Fachbezug: Chemie/Werkzeugkunde/Umweltkunde

Experimentelle Lehr-Lern-Strategie Unterrichtsformen	Lehr-Inhalte Lern-Ziele
I. Fragestellung Gelegenheitsunterricht oder Impulsunterricht	Alte Autos haben meistens mehr und größere Rostflecken als neuere Autos. Woran liegt das?
II. Planung gelenktes Unterrichtsgespräch	Wir untersuchen, — bei welchen Stoffen Rostbildung überhaupt vorkommt, — wovon die Rostbildung abhängt.
III. Durchführung der Experimente Demonstrations- versuche in Gruppenarbeit bzw. L-Demonstrations- versuche	V ₁ : Verschiedene Stoffe in Reagenzgläser füllen (Eisenwolle, Papier, Sägespäne . . .) — in unterschiedlichen Mengen — über einen längeren Zeitraum trocken stehen lassen V ₂ : In alle Probiergläser von V ₁ Wasser in gleichen Mengen gießen und mehrere Tage hindurch beobachten V ₃ : Eisenwolle in Öl oder Lackfarbe eintauchen (Autolack) — in ein Glas geben — Wasser dazuschütten — mehrere Tage hindurch beobachten V ₄ : In ein Reagenzglas etwa 3 cm hoch angefeuchtete Eisenwolle geben, in ein zweites Glas die gleiche Menge in Öl getauchte Eisenwolle — Glasöffnungen zuhalten, beide Reagenzgläser mit den Öffnungen nach unten in mit Wasser gefüllte Schüssel tauchen, so mit Tesaband am Rand der Schüssel befestigen, daß kein Wasser einlaufen kann — den Luftraum in beiden Gläsern messen, nach 2 Tagen wiederholen
IV. Auswertung entdeckendes Lernen bzw. entwickelndes Unterrichtsverfahren	LZ ₁ : An den Stoffen können keine Veränderungen festgestellt werden. LZ ₂ : Die Eisenwolle wird rotbraun; sie <i>rostet</i> ; Papier und Sägespäne sind unverändert. — Die <i>rotbraune Schicht</i> auf dem Eisen ist <i>Eisenoxid</i> . — <i>Feuchtigkeit fördert die Rostbildung</i> . LZ ₃ : Es entsteht keine Rostbildung. — Öl oder Lackfarbe umgeben die Eisenwolle luft- und wasserdicht. — Einölen oder Bestreichen mit Farbe kann Gegenstände aus Eisen vor Rost schützen. LZ ₄ : Die angefeuchtete Eisenwolle im Reagenzglas rostet. — Die eingeeölte Eisenwolle verändert sich nicht. — Der Luftraum nimmt nur im Glas mit der Eisenwolle ab, weil <i>bei der Rostbildung Luft (Sauerstoff) an Eisen gebunden wird</i> .

Didaktische Intention: Am Beispiel der Rostbildung einen exemplarischen Einblick in elementare chemische Vorgänge gewinnen

Lehr-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Lern-Aktivitäten

Medien

L: eine Problemsituation aus der kindlichen Erfahrungswelt aufgreifen

SS: gewöhnliche Alltagsphänomene auf ihre Ursachen hin hinterfragen lernen

L: zu einer präzisen Fragestellung auffordern

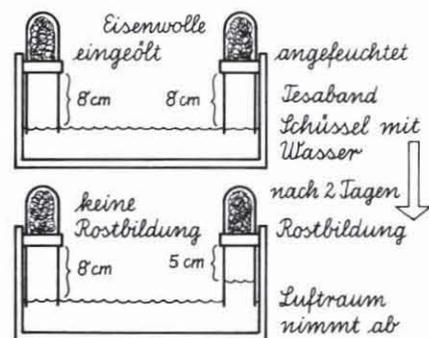
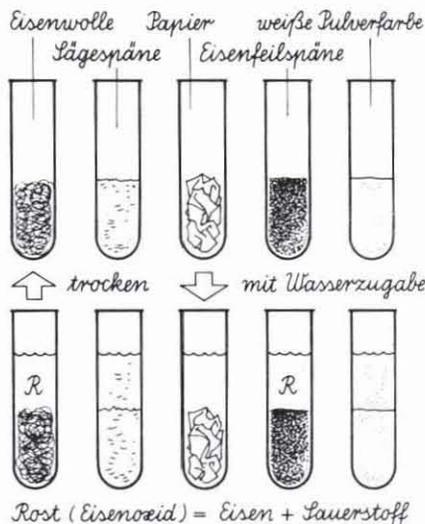
SS: die eigenen Frageansätze in eine experimentell übergreifende Fragerichtung bringen

L: — die nötigen Versuchsmaterialien bereitstellen
 — Hilfestellung zur experimentellen Anordnung geben
 — die für SS schwierigen Versuche als L-Demonstrationsversuche durchführen

SS: — anhand der bereitgestellten Versuchsmaterialien möglichst verschiedene Versuchsanordnungen planen
 — einige Versuche selbst sorgfältig durchführen
 — die Demonstrationsversuche mit Interesse beobachten

L: — die SS zur Formulierung von Erklärungsmöglichkeiten auffordern
 — die Ergebnisse der Einzelversuche in einen größeren Sachzusammenhang stellen
 — chemisches Fachwissen anbieten und gegebenenfalls durch Fachliteratur vertiefen

SS: — eigene Erklärungsversuche anstellen
 — die einzelnen Beobachtungsdaten mit Hilfe der L-Information erklären können
 — einen Transfer der erarbeiteten Grundkenntnisse auf analoge Alltagserfahrungen durchführen können



3.9 Thema: Wasserstand und Wasserleitung

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3—4

Fachbezug: Physik/Chemie/Umweltkunde

Experimentelle
Lehr-Lern-Strategie
Unterrichtsformen

Lehr-Inhalte
Lern-Ziele

I. Fragestellung

Lehrgespräch

Die Wasserhähne in unseren Wohnungen sind an die zentrale Wasserleitung angeschlossen. Das war früher anders, als die Menschen Wasser aus Brunnen pumpen mußten. Wie funktioniert unsere Wasserleitung?

II. Planung

Unterrichtsgespräch

Wir untersuchen,
— wie eine Wasserleitung gebaut sein muß, damit Wasser in unsere Wohnungen kommen kann.

III. Durchführung der Experimente

SS-Demonstrations-
versuche

V₁: Gefärbtes Wasser in einen Trichter, der auf einen Plastikschauch gesetzt ist, gießen
— verschiedene Stellungen des Trichters und des Schlauches ausprobieren, z. B. Höhe verändern — schräg/senkrecht halten
— verschieden große Wassermengen verwenden

V₂: Wasser in ein Modell sog. verbundener Röhren gießen
— Wasserstand in den einzelnen Röhren beobachten

L-Demonstrations-
versuch

V₃: Wasserbehälter mit Plastikschauch und Glasrohr verbinden und an Stativ befestigen
— im Schlauch (etwa in der Hälfte) eine Klemm-
vorrichtung anbringen
— den Behälter mit Wasser füllen, Klemme öffnen
bzw. schließen

IV. Auswertung

entwickelndes
Unterrichtsgespräch

LZ₁: Das eingegossene Wasser fällt (sinkt) im *Fallrohr* nach unten und steigt im *Steigrohr* wieder nach oben.
— Der Wasserstand ist nach kurzer Zeit im Fallrohr (Trichter) und im Steigrohr *gleich hoch*, auch wenn wir beide schräg halten.

LZ₂: In *verbundenen Röhren/Gefäßen* ist der Wasserspiegel immer gleich hoch (Leitungsrohrnetz).

— Das Wasser kann in Häusern (ohne Pumpvorrichtung) nur so hoch steigen, wie es im Hochbehälter steht.

— Der gleich hohe Wasserstand in verbundenen Röhren wird bei Toiletten (Abflüssen) angewendet, um das Aufsteigen von übelriechenden Gasen zu verhindern.

LZ₃: Die Klemmvorrichtung verhindert, daß das Wasser im Glasrohr genauso hoch steigen kann wie im Wasserbehälter.

Der Wasserhahn funktioniert ähnlich wie die Klemm-
vorrichtung.

Didaktische Intention: Physikalische Kenntnisse im Zusammenhang mit alltäglichen Umweltphänomenen sehen lernen

Lehr-Aktivitäten

Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation

Medien

L: ein Phänomen aus der alltäglichen Umwelt aufgreifen und in den Fragehorizont der SS stellen

SS: selbstverständliche alltägliche Umweltgegebenheiten denkerisch zu hinterfragen bereit sein

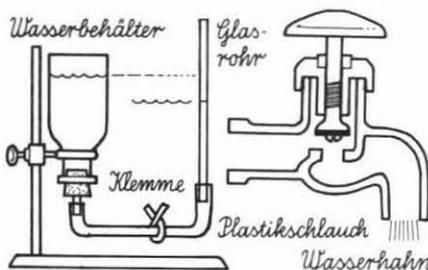
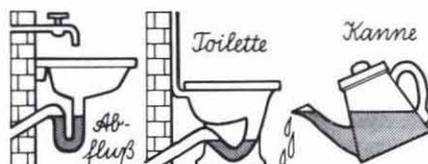
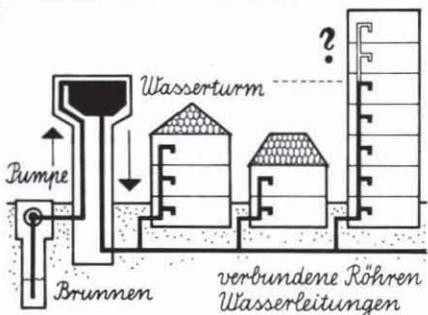
L/SS: eine präzise unterrichtliche Fragestellung formulieren

L: — Versuchsmaterialien bereitstellen
— die einzelnen Versuche mit möglichst vielen Variationen durchführen (lassen)
— auf die Analogie von Versuchsmodell und Umweltobjekt (in den Einzelteilen zuordnen!) hinweisen

SS: — mit den bereitgestellten Versuchsmaterialien Versuchsanordnungen treffen
— immer wieder neue Variationen bei der Versuchsdurchführung „erfinden“
— die Versuchsmodelle mit den konkreten Umweltobjekten vergleichend in Zusammenhang bringen

L: — zur genauen Verbalisierung der Beobachtungsdaten auffordern
— Fachbegriffe und Fachinformationen anbieten
— Einzelkenntnisse in größere Wissenszusammenhänge einordnen

SS: — die Beobachtungsdaten in der Alltagssprache und in der Fachsprache formulieren
— aus den Ergebnissen der Modellversuche Erkenntnisse für die Klärung der entsprechenden Umweltgegebenheiten ziehen
— Modellversuche als eine Möglichkeit zur experimentellen Klärung komplizierter bzw. materialaufwendiger Umweltphänomene richtig einschätzen lernen



3.10 Thema: Wie Räder und Riemen in einem Getriebe zusammenwirken

Empfohlene Jahrgangsstufe: 3—4

Fachbezug:

Physik/Technik/Maschinen-/Werkzeugkunde

Experimentelle
Lehr-Lern-Strategie
Unterrichtsformen

Lehr-Inhalte
Lern-Ziele

I. Fragestellung

Gelegenheits-
unterricht bzw.
Impulsunterricht

Gegenstände aus der Umwelt des Kindes: Räderquirl,
Fahrrad, Mühle . . .
Viele Geräte in unserer alltäglichen Erfahrungswelt sind
mit Rädern zusammengebaut. Warum ?

II. Planung

Wir untersuchen,
— wie mehrere Räder gleichzeitig bewegt werden können,
— wie Zahnräder zusammengebaut sein müssen, damit sie
ein (Zahnrad)Getriebe bilden,
— wie mehrere Räder unterschiedlich schnell bewegt wer-
den können.

III. Durchführung der Experimente

Experimente
in Alleinarbeit
Experimente
in Partnerarbeit

V1: Mit Materialien aus technischen Baukästen ver-
schiedene Riemenantriebe bauen
— beim Drehen des einzelnen Rades auf die Be-
wegungsgeschwindigkeit und die Umdrehungs-
richtung der einzelnen Räder achten

Experimente
in Gruppenarbeit

V2: Zahnräder (aus Haushaltgeräten oder einem Bau-
kasten) bewegen
— ineinander verzahnt — nicht genau ineinander verzahnt
— das kleine, das große Zahnrad drehen
— beide Zahnräder drehen
— jeweils Umdrehungszahl und -richtung feststellen

L-Demonstrations-
versuche

V3: Versuche mit 2 bzw. 3 Zahnrädern durchführen
— Drehrichtung gezielt ändern
— Drehgeschwindigkeit bewußt ändern
— Antriebsrad (groß/klein) ändern

IV. Auswertung

Gruppengespräche
Klassenunterricht
als entwickelndes
Lehrverfahren

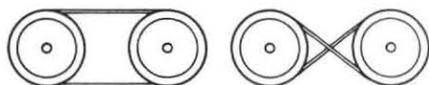
LZ1: Räder, die *miteinander verbunden* sind, drehen sich
alle, wenn nur ein einziges von ihnen bewegt wird.
— Man nennt miteinander durch Riemen verbundene
Räder *Riemenantriebe*.
LZ2: Greifen die Zähne der *Zahnräder ineinander*, treiben
sich diese gegenseitig an.
— Die Verbindung von Zahnrädern nennt man *Getriebe*.
— Ein Getriebe kann eine langsame Drehung in eine
schnelle umwandeln und umgekehrt (Fahrrad).
LZ3: Je größer das antreibende und je kleiner das an-
getriebene Rad ist, desto schneller dreht sich das
angetriebene Rad.
— Die *Drehrichtung von antreibendem und an-
getriebenem Rad* ist beim Zahnrad immer *entgegengesetzt*.
— Ist das Antriebsrad größer als das angetriebene Rad,
spricht man von einer *Übersetzung*. Umgekehrt:
Untersetzung.

Didaktische Intention: Elementare physikalisch-technische Einsichten beim handelnd-experimentierenden Umgang mit Rädern gewinnen

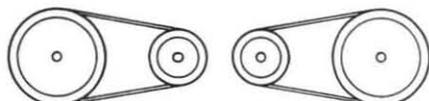
Lehr-Aktivitäten
Lern-Aktivitäten

Unterrichtsorganisation
Medien

L: technische Umweltphänomene bzw. Spielsituationen der SS zur Stellung des Sachproblems aufgreifen



SS: alltägliche Umgangserfahrungen oder Spielerfahrungen auf Ursachen hin befragen lernen



L: Vermutungen und Fragestellungen der SS aufgreifen und einordnen

SS: möglichst viele themenspezifische Fragestellungen „erfinden“



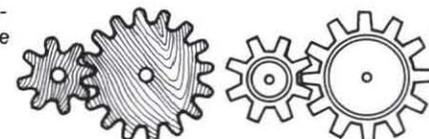
L: — Versuchsmaterialien bereitstellen (lassen)
— individuelle Hilfestellung bei der Durchführung und Auswertung des spielenden Experimentierens geben
— die SS auf den Zusammenhang von experimentellen Ausgangsfragen und spielendem Experimentieren hinweisen



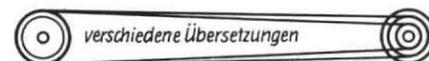
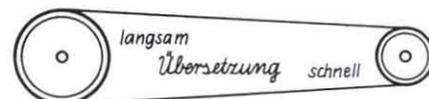
SS: — mit den bereitgestellten Versuchsmaterialien möglichst viele und möglichst fragespezifische Versuche durchführen
— in Einzelarbeit sorgfältig und in Partnerarbeit aufeinander abgestimmt Versuche durchführen
— auf besonders genaue Beobachtung achten



L: — Einzelaussagen in den Zusammenhang mit physikalisch-technischen Gesetzmäßigkeiten stellen
— Sachinformationen zur Klärung der Vorgänge anbieten
— Zusammenhänge zwischen Einzelbeobachtungen feststellen



SS: — die eigenen Vermutungen mit den Beobachtungsdaten in Zusammenhang bringen
— die Sachklärungen des L mit den eigenen Vermutungen vergleichen
— physikalisch-technische Gesetzmäßigkeiten an Umweltphänomenen entdecken können



Antriebsrad

Abtriebsrad

Anhang

Darstellung der schriftlichen Befragung

1. Zielsetzung der Befragung

Die *Adressaten* der schriftlichen Befragung waren Lehrkräfte der Grundschulen, die zum Zeitpunkt der Befragung in einem 3. oder 4. Schülerjahrgang unterrichteten. Zu den Aufgaben dieser Adressatengruppe gehört auch, die von Richtlinien und Lehrplänen vorgeschlagenen Unterrichtsmethoden in den konkreten alltäglichen Schulsituationen durchzuführen und im Hinblick auf die Effektivität des eigenen Unterrichts sich kritisch damit auseinanderzusetzen.

Die Eruiierung von Einstellungen und Wertungen von Lehrkräften gegenüber Unterrichtsmethoden ist deshalb für die praxisrelevante Einschätzung unterrichtstheoretisch für „gut“ befundener Unterrichtsmethoden besonders aufschlußreich im Hinblick auf die praktische Relevanz der Unterrichtsmethoden — die Anwendungssituation im schulischen Alltag. Die Einschätzung durch die Lehrkräfte — die von sehr unterschiedlichen Ursachen bestimmt werden kann — bestimmt auch die „Anwendung“ einer Methode. Die in solch einer Befragung gewonnenen Ergebnisse sollten — wenn Repräsentativität vorliegt — eine mitbestimmende Information für theoretische und praktische Entscheidungsprozesse über Auswahl und Einsatz von Unterrichtsmethoden sein.

Befragungsgegenstand ist nicht eine eng an die theoretische Problemstellung der vorliegenden Arbeit anschließende Fragestellung; vielmehr sollte eine möglichst breit angelegte Datensammlung hinsichtlich der Durchführung von Experimenten im Grundschulunterricht erfolgen, in der Erfahrungen, Meinungen, Einschätzungen der Effektivität der experimentellen Unterrichtsform sowie Verwendungshäufigkeit und schulorganisatorische sowie materiale Voraussetzungen in der Unterrichtspraxis ermittelt werden sollten. (1)

Einzelresultate dieser Befragung wurden in die vorliegende Untersuchung an entsprechenden Stellen eingearbeitet. Eine in diesem Kapitel gegebene systematische Darstellung der Befragung soll Einzelresultate im Vergleich zu anderen Einschätzungen und Aussagen aufzeigen.

Zweck der Fragebogenuntersuchung

- (1) Ermittlung von *Daten* hinsichtlich der *Häufigkeit und Art* der Durchführung von Versuchen im grundlegenden Sachunterricht
- (2) Ermittlung der *Meinung/Einstellung* der Lehrkräfte gegenüber der experimentellen Unterrichtsform
- (3) Ermittlung von *Erfahrungswissen*, um dieses mit theoretischen Annahmen (prognostisch) vergleichen zu können

1) Die Anlage des Fragebogens wurde deshalb auf so breiter Basis belassen, weil in der Fachliteratur keine ähnliche Befragung auf so allgemeiner Basis bekannt ist. Diese Befragung ist als *Pilot-Study* zu verstehen, die spezifischere Fragestellungen, z. B. im Anschluß an die vorliegende Untersuchung, erst ermitteln soll.

2. Anlage der schriftlichen Befragung

Schriftliche Befragungen sind im Vergleich zu anderen empirischen Untersuchungsmethoden verhältnismäßig leichter (ökonomischer) durchzuführen. Die Fragestellungen wurden formuliert aus der kritischen Zusammenschau entsprechender theoretischer Annahmen aus der einschlägigen Fachliteratur und aus in eigener praktischer Unterrichtstätigkeit gewonnenen Einsichten und Problemstellungen bzw. informellen Gesprächen mit unterrichtspraktisch und unterrichtstheoretisch interessierten Fachleuten.

2.1 Aufbau des Fragebogens

Entsprechend dem in 1. dargestellten Befragungsgegenstand wurden Einzelfragen so formuliert und thematisch geordnet, daß ein möglichst breites Erfahrungswissen der Adressatengruppe hinsichtlich der Durchführungs- und Effektivitätsfaktoren der experimentellen Unterrichtsform ermittelt werden konnte. Im einzelnen wurden folgende Frageaspekte gewählt:

Frage-Nr.	Frageaspekt
	A) <i>Häufigkeit</i> und <i>Art</i> (Methodik) der Durchführung von Experimenten im Grundschulunterricht
1	Meinung zur Häufigkeit der Durchführung
2	tatsächliche Angaben zur Häufigkeit der Durchführung
3	Angaben zur Durchführung von Versuchen in den verschiedenen Lernbereichen des grundlegenden Sachunterrichts
4	Angaben zur Bevorzugung von Versuchsarten
5	Angaben zu bevorzugten Hilfsmitteln bei der Durchführung (2)
6	tatsächliche Angaben über die Beliebtheit der experimentellen Unterrichtsform beim Lehrer
7	Meinung zum didaktischen Ort der Durchführung (Einsatz in welchen Unterrichtsphasen)
8	Meinung zur Gewichtung methodischer Maßnahmen bei der Durchführung
9	Einschätzung besonderer Schwierigkeiten für die Durchführung von Experimenten (3)
14	Meinung zu grundschulspezifischen Durchführungsarten
24	Meinung zur methodischen Kennzeichnung der experimentellen Unterrichtsform (4)

- 2) Die vorliegende Dreiteilung wurde entsprechend den heute gebräuchlichen Materialien vorgenommen.
- 3) „Vorgenannt“ ist keine zutreffende Formulierung, die aber anscheinend keine Auswirkung auf die Angaben hatte!
- 4) Diese Frage wurde zur Abklärung der theoretisch diskutierten Frage gestellt.

Frage-Nr. Frageaspekt

	B) Einschätzung der <i>didaktischen Funktionen</i> der experimentellen Unterrichtsform
10	Meinung zur Verwirklichung von Unterrichtsgrundsätzen (didaktisch-methodische Prinzipien)
15	Einschätzung grundschulspezifischer Verfehlungen der didaktischen Wirksamkeit
16	Einschätzung spezifischer Lernwirksamkeiten
27	Einschätzung der notwendigen Voraussetzungen für die Lernwirksamkeit des Experiments im Grundschulunterricht
19,20,22	Einschätzung der Wirksamkeit der experimentellen Unterrichtsform für die Verwirklichung spezifischer Intentionen
23	tatsächliche Angaben zur Effektivität von Unterrichtsformen
	C) <i>Schülerorientierte</i> Fragestellungen
11	Einschätzung der Bedeutsamkeit des Einsatzes der verschiedenen psychischen Bereiche beim Schüler für die Durchführung der experimentellen Unterrichtsform
12	Einschätzung, welcher psychische Bereich beim Schüler während der Durchführung der experimentellen Unterrichtsform zum Einsatz kommt
13	Einschätzung der Schülerinteressen bei bestimmten Versuchsarten
18	Einschätzung der Bedeutung der experimentellen Unterrichtsform für die Einstellung der Schüler zum jeweiligen Fach
21	Einschätzung der Bedeutung der experimentellen Unterrichtsform für lernschwache Schüler
25	Meinung zur Notwendigkeit theoretischer Untersuchungen über Durchführungs- und Wirkungsaspekte der experimentellen Unterrichtsform

2.2 Erprobung und Revision des Fragebogens

Der Erstentwurf des Fragebogens entsprach in Anzahl und Anordnung der Fragen der Revision.

Die Erprobung des Erstentwurfes erfolgte durch 7 Einzel-Interviews, in denen 4 Grundschullehrer, 2 ehemalige Grundschullehrer, derzeit Dozenten in der Lehrerbildung, und ein Hauptschullehrer interviewt wurden. Die Einzel-Interviews wurden so durchgeführt, daß in einem kurzen Gespräch das Anliegen der schriftlichen Befragung mitgeteilt wurde, dann ohne konkretere Hinweise die Fragen schriftlich beantwortet wurden und sich daran eine Aussprache über aufgetauchte Probleme bei der Beantwortung angeschlossen hat. Nach den solchermaßen durchgeführten Einzelinterviews wurden folgende Aspekte verbessert:

- Kennzeichnung der Aufgaben, bei denen aus den vorgegebenen Antworten *mehrere Antworten* angekreuzt werden konnten
- Kennzeichnung der Fragen, bei denen die Antworten nach einer bestimmten *Rangfolge* genannt werden sollten
- Bestimmung, daß alle nicht näher gekennzeichneten Fragen mit nur *einer Antwortmöglichkeit* beantwortet werden sollten

- Hervorhebung der *Hauptbegriffe* der jeweiligen Frage im Hinblick auf ein rascheres Verständnis der Frage
- Umformulierung von Ausdrücken, die sich bei der Beantwortung als nicht eindeutig beantwortbar erwiesen hatten
- Einbringen einzelner neuer Antwortmöglichkeiten

3. Bemerkungen zum Ausfüllen des Fragebogens

1. Bei *Fragen, die mit ▲ gekennzeichnet* sind, können *mehrere Möglichkeiten* angekreuzt werden.

Beispiel: Mit welchen der genannten Gebiete würden Sie sich gern beschäftigen?

- Musik
- Kunst
- Sport

2. *Fragen, die mit ● gekennzeichnet* sind, sollten Antworten nach *Rangfolge* geordnet erhalten.

Beispiel: Welche der genannten Fähigkeiten sollte ein guter Autofahrer besitzen?

- ① Gutes Sehvermögen
- ② Konzentrationsvermögen
- ③ schnelle Reaktionsfähigkeit
- ④ technisches Können

3. Alle *nicht näher gekennzeichneten Fragen* sollten durch Ankreuzen *einer Antwortmöglichkeit* beantwortet werden.

4. Durchführung der Befragung

4.1 Auswahl der Adressatengruppe

Die Population sollte Lehrkräfte des 3. und 4. Schülerjahrgangs umfassen.

Als Stichproben wurden alle Lehrkräfte des 3. und 4. Schuljahres ausgewählt, die in den Schulbezirken Regensburg-Stadt und Regensburg-Land sowie im Landkreis Tirschenreuth im Juli 1976 unterrichteten.

4.2 Verteilung und Rücklauf des Fragebogens

Die Fragebögen wurden über die dienstliche Post (nach Genehmigung der Regierung der Oberpfalz), ausgehend von den Schulämtern, verteilt. Den Lehrkräften wurde zum Fragebogen ein Informationsblatt mit Zweckangabe und Beantwortungsmodus der Fragebögen überreicht.

Von den verteilten Fragebögen (302) gingen beim Rücklauf etwa 1/3 zurück (108).
(5)

- 5) Das mag z. T. auch daran gelegen haben, daß die Beantwortung völlig freigestellt war und in den letzten beiden Schulwochen (Ferienstimmung!) erfolgen sollte. Speziell für Regensburg: eventuell ein Überdruß für derartige Fragebogenuntersuchungen wegen der starken Frequentierung durch Universitätsangehörige. Insgesamt war der Rücklauf im Stadtbezirk bedeutend schlechter als in den Landbezirken.

4.3 Reaktionen auf die Befragung

Etwa 80% der Befragten nahmen in der Frage 25 zur Art und zum Sinn dieser Untersuchung bzw. zu dieser Befragung Stellung. Eine Auswahl der Stellungnahmen ist angeführt (vgl. Seite 202 f.). Insgesamt kann das Echo wohl als positiv bezeichnet werden, wenn auch einige kritische Stimmen laut wurden.

4.4 Art der Datenverarbeitung

Die statistische Auswertung der Fragebögen erfolgte am Rechenzentrum der Universität Regensburg (6).

Stichprobe: Lehrkräfte des 3. Schuljahres:	51	(54,6%)
Lehrkräfte des 4. Schuljahres:	46	(42,6%)
keine Angaben des geführten Schuljahres:	3	(2,8%)
	108	(100,0%)

Dienstalter: 41,7% der Lehrkräfte stehen in den ersten 10 Dienstjahren.

5. Darstellung des Fragebogens und der Ergebnisse der Befragung

In dieser systematischen Darstellung werden die einzelnen Fragen *der Reihe nach* unter Berücksichtigung der Frageart ausgewertet. Das geschieht in nachgenannter Form:

— Fragen, die mit einem Dreieck gekennzeichnet sind

Bei diesen konnten *mehrere Antwortmöglichkeiten* angegeben werden; weil Antwortmöglichkeiten bewußt nicht angekreuzt werden konnten, wird die *Beantwortungshäufigkeit* zu den einzelnen vorgegebenen Möglichkeiten mit der Prozentzahl der relativen Häufigkeit angeführt.

— Fragen, die mit einem Kreis gekennzeichnet sind

Bei diesen sollten die Antworten *nach Rangfolge* geordnet angegeben werden; die Darstellung der Ergebnisse erfolgt hier in *cross-tabs* (7), wobei jeweils auch die Durchschnittswerte (Mean) zusätzlich zum Rang angegeben werden.

— Fragen, die nicht näher gekennzeichnet sind

Bei diesen sollte die Beantwortung durch Ankreuzen einer Antwortmöglichkeit erfolgen; die Darstellung der Ergebnisse erfolgt durch Angabe der Urdaten bzw. der entsprechenden %-Zahlen.

Da die Einzelergebnisse der meisten Fragestellungen bereits in die theoretische Untersuchung interpretativ eingegangen sind, werden in diesem systematischen Überblick keine interpretativen Vergleiche mehr vorgenommen.

Schriftlich vorgelegte Fragen an die Lehrkräfte

Stadtschule

Landschule

Ich bin Lehrkraft im . . . ten Schülerjahrgang
abgeleistete Dienstjahre

6) Für die Aufbereitung der Daten und die statistischen Einzelarbeiten wurde ein Fachmann beauftragt.

7) cross-tabs: adjusted %-Angaben

Fragen und Ergebnisse der Beantwortung

Frage 1: Meinen Sie, daß *im Sachunterricht der Grundschule viele Versuche* durchgeführt werden?

- ja
 nein
 kann ich nicht entscheiden

Ergebnis

Diese Frage wurde von allen Probanden mit nur einer Ausnahme beantwortet. Die Angaben verteilen sich wie folgt:

53,3%: ja
 21,5%: nein
 25,2%: kann ich nicht entscheiden

Frage 2: Haben Sie selbst schon *Versuche im Unterricht durchgeführt* oder von den Schülern durchführen lassen?

- ja
 nein
 wenn ja, wie viele Versuche durchschnittlich im Jahr?
 zehn
 weniger als zehn
 mehr als zehn

Ergebnis

Alle Probanden mit nur einer Ausnahme beantworteten den 1. Teil der Frage mit „ja“ (99,1%). Die im 2. Teil geforderte Differenzierung der Beantwortung nach der Häufigkeit der Versuchsdurchführungen in einem Schuljahr verteilte sich folgendermaßen:

21,0%: zehn
 13,3%: weniger als zehn
 65,7%: mehr als zehn

Frage 3: *In welchen Lernbereichen* haben Sie Versuche durchgeführt?

- Biologie
 Physik/Chemie
 Erdkunde
 Sozial- und Wirtschaftslehre
 Geschichte

Ergebnis

Merkmal	Stelle					Mean	Rang
	1	2	3	4	5		
Biologie	16,2	80,8	3,0	—	—	1,869	2.
Physik/Chemie	84,2	15,8	—	—	—	1,158	1.
Erdkunde	1,4	6,9	87,5	2,8	1,4	2,958	3.
Soz./Wirtsch.lehre	—	—	12,5	87,5	—	3,875	4.
Geschichte	—	—	5,3	5,3	89,5	4,842	5.

Frage 4: Welche Arten von Versuchen bevorzugen Sie?

- Schülerversuche in Alleinarbeit
 Schülerversuche in Partnerarbeit
 Schülerversuche in Gruppenarbeit
 Schülerdemonstrationsversuche
 Lehrerdemonstrationsversuche

Ergebnis

Merkmal	Stelle					Mean	Rang
	1	2	3	4	5		
SV in AA	5,5	13,7	24,7	26,0	30,1	3,616	4.
SV in PA	22,5	51,7	21,3	4,5	—	2,079	2.
SV in GA	42,9	28,6	16,5	7,7	4,4	2,022	1.
S-Dem-V	4,4	7,4	10,3	32,4	45,6	4,074	5.
L-Dem-V	38,6	12,9	23,8	18,8	5,9	2,406	3.

Frage 5: Welche Hilfsmittel bevorzugen Sie bei der Durchführung von Versuchen?

- ▲ Gegenstände aus der Umwelt des Kindes
 technische Versuchsmaterialien
 didaktisch aufbereitetes Material (z. B. Arbeitskästen verschiedener Verlage)

Ergebnis

Insgesamt 88% der Probanden gaben die Bevorzugung der Gegenstände aus der Umwelt des Kindes an. Die übrigen Antwortmöglichkeiten wurden von etwa der Hälfte der Befragten angekreuzt:

58,3%: didaktisch aufbereitetes Material

51,9%: technische Versuchsmaterialien

Frage 6: Führen Sie in Ihrem Unterricht *gern* Versuche durch?

- ja
 nein
 ist mir gleich

Ergebnis

Etwa 3/4 aller Befragten äußerten sich positiv (79,4%). Die restlichen Angaben verteilen sich nahezu gleichmäßig auf die beiden übrigen Antwortmöglichkeiten:

11,2%: ist mir gleich

9,3%: nein

Frage 7: In welcher Unterrichtsphase sollte Ihrer Meinung nach der Versuch im Unterricht durchgeführt werden?

- a) Einführungsphase
 Erarbeitungsphase
 Vertiefungsphase
▲ b) ist vom jeweiligen Thema abhängig
 ist von den Lernvoraussetzungen der Schüler abhängig

Ergebnis

a) Merkmal	Stelle				Mean	Rang
	1	2	3			
Einführung	28,9	57,8	13,3		1,843	2.
Erarbeitung	82,0	18,0	—		1,110	1.
Vertiefung	1,4	21,9	76,7		2,753	3.

b) Die Abhängigkeit vom Thema wird weit höher eingeschätzt als die Abhängigkeit von den Lernvoraussetzungen der Schüler:

90,7%: ist vom jeweiligen Thema abhängig

27,8%: ist von den Lernvoraussetzungen der Schüler abhängig

Frage 8: Welcher der *folgenden Aspekte* ist Ihrer Meinung nach bei der Durchführung von Versuchen *besonders zu berücksichtigen*?

- gemeinsame Planung mit der Klasse
 Anleitung zur konkreten Ausführung des Versuchs
 Festhalten der Schülerhypothesen
 gemeinsame Formulierung der Ergebnisse

Ergebnis

Merkmal	Stelle				Mean	Rang
	1	2	3	4		
gem. Planung	57,6	29,3	5,4	7,6	1,630	1.
Anleitung	26,5	28,6	24,5	20,4	2,388	3.
Festhalten SH	22,1	32,6	26,7	17,4	2,372	2.
gem. Formulierung	4,0	18,2	37,4	40,4	3,141	4.

Frage 9: Welche der *vorgenannten Punkte* scheinen Ihnen den Einsatz der experimentellen Unterrichtsform *besonders zu erschweren*?

- ▲ Einstellung der Lehrperson
 Mangel an geeigneten Versuchsmaterialien
 Lehrerbildung
 weil das Verfahren zu viel Zeit und Vorbereitung verlangt
 weil die Klasse zu unruhig wird

Ergebnis

Als größte Schwierigkeit wurde der Mangel an geeigneten Versuchsmaterialien genannt: 70,4%. Die übrigen Aspekte verteilen sich wie folgt:

49,1%: weil das Verfahren zu viel Zeit und Vorbereitung verlangt

26,9%: weil die Klasse zu unruhig wird

22,2%: Einstellung der Lehrperson

14,8%: Lehrerbildung

Frage 10: Welche *Unterrichtsgrundsätze* werden Ihrer Meinung nach bei der experimentellen Unterrichtsform *am meisten verwirklicht*?

- Wissenschaftsorientierung
- Kindgemäßheit
- Veranschaulichung
- exemplarisches Lernen
- Lebensnähe
- Selbsttätigkeit

Ergebnis

Merkmal	Stelle						Mean	Rang
	1	2	3	4	5	6		
Wiss.orientierung	6,4	6,4	10,3	17,9	7,7	51,3	4,679	6.
Kindgemäßheit	11,4	10,1	15,2	27,8	27,8	7,6	3,734	4.
Veranschaulichung	59,8	27,5	5,9	4,9	2,0	—	1,618	1.
exempl. Lernen	7,4	19,8	24,7	16,0	23,5	8,6	3,543	3.
Lebensnähe	6,1	15,9	23,2	20,7	20,7	13,4	3,744	5.
Selbsttätigkeit	17,2	31,3	31,3	10,1	6,1	4,0	2,687	2.

Frage 11: Welche der *genannten Fähigkeiten* sind Ihrer Meinung nach für die Durchführung der experimentellen Unterrichtsform *am wichtigsten*?

- Beobachtungsfähigkeit
- Wahrnehmungsfähigkeit
- Deutungsvermögen
- Fragefähigkeit
- sorgfältiges Arbeitsverhalten

Ergebnis

Merkmal	Stelle					Mean	Rang
	1	2	3	4	5		
Beobachtungsf.	58,0	32,0	8,0	2,0	—	1,540	1.
Wahrnehmungsf.	12,4	29,2	24,7	23,6	10,1	2,899	2.
Deutungsv.	3,3	18,9	30,0	27,8	20,0	3,422	5.
Fragefähigkeit	18,1	13,3	19,3	21,7	27,7	3,277	4.
sorgfältiges AV	18,2	15,9	20,5	14,8	30,7	3,239	3.

Frage 12: Welcher *Bereich der kindlichen Kräfte* kommt Ihrer Meinung nach bei der Durchführung der experimentellen Unterrichtsform *am stärksten zum Einsatz*?

- Verstand
- Gefühl/Gemüt
- manuelle Fähigkeiten

Ergebnis

Etwa 3/4 der Antworten bezogen sich auf den Bereich „Verstand“: 79,6%.
Die übrigen Bereiche erhalten eine verhältnismäßig geringe Stimmzuordnung:

12,0%: manuelle Fähigkeiten

4,6%: Gefühl/Gemüt

Frage 13: Welche der angegebenen Möglichkeiten findet Ihrer Meinung nach bei den Schülern das größte Interesse?

- selbst experimentieren
- durch Demonstrationsexperimente lernen
- Gedankenexperimente durchführen
- Gruppenexperimente durchführen

Ergebnis

Merkmal \ Stelle	Stelle				Mean	Rang
	1	2	3	4		
selbst experiment.	87,3	12,7	—	—	1,127	1.
durch Dem. lernen	—	20,7	64,6	14,6	2,939	3.
Gedankenexp. durchf.	—	4,1	16,4	79,5	3,753	4.
Gruppenexp. durchf.	18,5	65,2	13,0	3,3	2,011	2.

Frage 14: Welche der genannten Formen der experimentellen Unterrichtsform scheint Ihnen für die Grundschule besonders wichtig zu sein?

- a) Versuche mit einfachen Materialien aus der kindlichen Umwelt
- Versuche mit technischen Apparaten
- b) der Einzelversuch
- Versuchsreihen

Ergebnis

Die Bewertung der einfachen Materialien überwog überaus: 94,4%.

4,6%: Versuche mit technischen Apparaten.

Das Verhältnis von Einzelversuch und Versuchsreihen wurde folgendermaßen gekennzeichnet:

51,9%: Einzelversuch

37,0%: Versuchsreihen

Frage 15: Scheint Ihnen eine oder mehrere der folgenden Gefahren bei der Durchführung von Versuchen im Unterricht der Grundschule besonders gegeben zu sein?

- Verfälschung
- Verpädagogisierung
- Spielerei
- Verführung
- keine Gefahr

Ergebnis

Die Hälfte der Befragten sah keine Gefahr: 45,4%.

Die übrigen Aspekte bezüglich sogenannter Gefahrenmomente verteilen sich wie folgt:

39,8%: Spielerei

27,8%: Verführung

17,6%: Verfälschung

9,3%: Verpädagogisierung

Frage 16: In welcher Hinsicht scheint Ihnen die *Lernwirksamkeit* der experimentellen Unterrichtsform *besonders groß* zu sein?

- ▲ a) Wissenserwerb
 Erkenntnisgewinnung
 b) Langzeitgedächtnis
 Kurzzeitgedächtnis

Ergebnis

Die Erkenntnisgewinnung als Lerneffekt wurde im Verhältnis zur Wissensaneignung sehr hoch eingeschätzt:

94,4%: Erkenntnisgewinnung

20,4%: Wissenserwerb

Das Kurzzeitgedächtnis erhält gegenüber dem Langzeitgedächtnis nahezu keine Bewertung:

76,9%: Langzeitgedächtnis

3,7%: Kurzzeitgedächtnis

Frage 17: Ist die experimentelle Unterrichtsform Ihrer Meinung nach *nur dann lernwirksam*, wenn eine oder mehrere der genannten *Voraussetzungen erfüllt* sind?

- ▲ bei bestimmten Stoffen
 bei bestimmten Fragestellungen
 bei Vorhandensein einer mittelmäßigen bis hohen Intelligenz
 ab der 4. Jahrgangsklasse
 bei einem besonders motivierten Lehrer

Ergebnis

Die Angabe des Merkmals „bei bestimmten Stoffen“ überwog die übrigen Angaben bei weitem: 76,9%

44,4%: bei bestimmten Fragestellungen

34,3%: bei einem besonders motivierten Lehrer

13,0%: bei Vorhandensein einer mittelmäßigen bis hohen Intelligenz

3,7%: ab der 4. Jahrgangsklasse

Frage 18: Glauben Sie, daß die experimentelle Unterrichtsform die *Einstellung der Schüler zum jeweiligen Fach positiv ändert*?

- ja
 nein
 kann ich nicht entscheiden

Ergebnis

Durchwegs überwog die Annahme einer positiven Einstellungsänderung: 88,0%.

9,3%: nein

1,9%: kann ich nicht entscheiden

Frage 19: Können Ihrer Meinung nach eine/einige der genannten *didaktischen Zielvorstellungen* bei der experimentellen Unterrichtsform verwirklicht werden?

- Förderung des schöpferischen Denkens
 Durchführung des entdeckenden Lernens
 Lernen durch Tun
 Erhöhung der Transferfähigkeit

Ergebnis

Die Verwirklichung der Zielvorstellung „entdeckendes Lernen“ wurde dominant eingeschätzt: 82,4%.

Die übrigen Angaben verteilen sich wie folgt:

60,2%: Lernen durch Tun

21,3%: Erhöhung der Transferfähigkeit

17,6%: Förderung des schöpferischen Denkens

Frage 20: Welchen der folgenden *Effekte* würden Sie bei der Durchführung der experimentellen Unterrichtsform *erwarten*?

- ▲ emotionaler Bezug zum jeweiligen Fach
 Lernmotivation
 Wissenserwerb
 Schulung fachspezifischer Fertigkeiten
 Förderung des produktiven Denkens

Ergebnis

Lernmotivation, Wissenserwerb und Förderung des produktiven Denkens wurden in etwa gleichem Verhältnis ziemlich hoch erwartet:

65,7%: Lernmotivation

59,3%: Wissenserwerb

59,3%: Förderung des produktiven Denkens

Die übrigen Effekte wurden wie folgt eingestuft:

42,6%: Schulung fachspezifischer Fertigkeiten

30,6%: emotionaler Bezug zum jeweiligen Fach

Frage 21: Meinen Sie, daß die Durchführung der experimentellen Unterrichtsform *bei lernschwachen Schülern besonders notwendig* ist?

- ja
 nein
 kann ich nicht entscheiden

Ergebnis

Ein hoher Prozentsatz der Befragten bejahte die Fragestellung: 85,2%

11,1%: kann ich nicht entscheiden

3,7%: nein

Frage 22: In welcher Hinsicht scheint Ihnen die Durchführung von Versuchen im Unterricht *besonders notwendig* zu sein?

- ▲ zur Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse
 zur Gewinnung eines naturwissenschaftlichen Methodenverständnisses
 zur Verwirklichung von Unterrichtsprinzipien
(z. B. Anschauung, Selbsttätigkeit)

Ergebnis

Die höchste Einschätzung erfuhr das Merkmal: „zur Verwirklichung von Unterrichtsprinzipien“: 80,6%

63,9%: zur Gewinnung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse

16,7%: zur Gewinnung eines naturwissenschaftlichen Methodenverständnisses

Frage 23: Mit welcher Unterrichtsform *erzielen Sie* den besten Unterrichtserfolg?

- ▲ darbietender Unterricht
 fragend-entwickelnder Unterricht
 Unterricht mit audio-visuellen Medien
 experimentelle Unterrichtsform
 mit wechselnden Unterrichtsformen

Ergebnis

Das Merkmal „mit wechselnden Unterrichtsformen“ übertraf bei weitem die Angaben zu den übrigen Unterrichtsformen:

- 88,0%: mit wechselnden Unterrichtsformen
31,5%: experimentelle Unterrichtsform
18,5%: Unterricht mit audio-visuellen Medien
15,7%: fragend-entwickelnder Unterricht
1,9%: darbietender Unterricht

Frage 24: Wie würden Sie die Durchführung von Versuchen *am ehesten kennzeichnen*?

- Sonderform der Beobachtung
 eigenständige Unterrichtsform

Ergebnis

Die Stellungnahme der Probanden verteilte sich folgendermaßen:

- 56,5%: Sonderform der Beobachtung
43,5%: eigenständige Unterrichtsform

Frage 25: Ist es Ihrer Meinung nach notwendig, daß Formen und Effekte der experimentellen Unterrichtsform *noch genauer untersucht* werden?

- nein
 ja

Bitte, begründen Sie Ihre Meinung!

Ergebnis

Etwa doppelt so viele Antworten wurden dem „Nein“ wie dem „Ja“ zugeordnet:

- 60,2%: nein
31,5%: ja

Nachstehend wird eine wortgetreue Auswahl aus den einzelnen begründenden Stellungnahmen wiedergegeben.

„Es ist m. E. noch nicht geklärt, wie weit die Schüler der Grundschule fähig sind, spezielle Ergebnisse von Versuchen zu verallgemeinern; auch das Problem des Transfer ist noch zu wenig untersucht.“ („ja“ — 8. Dienstjahr)

„Man will als Lehrer so viel wie nur möglich mit geeigneten Mitteln beibringen.“ („ja“ — 1. Dienstjahr)

„Um durch Vergleich diesbezüglicher Erfahrungen mit der Wirksamkeit der experimentellen Unterrichtsform allgemein gültige Aussagen machen zu können, die der schulischen Arbeit dienen.“ („ja“ — 23. Dienstjahr)

„In den Fachzeitschriften wurde schon viel über diese Unterrichtsform (entdeckendes Lernen!) berichtet. Derjenige Lehrer, der im HSU-Unterricht entdeckendes Lernen verwirklicht, weiß um die Vorteile; der andere wird sich auch durch eine neuerliche Untersuchung nicht dazu bekehren lassen — aus welchen Gründen auch immer.“ („nein“ — 5. Dienstjahr)

„Es ist notwendig zu untersuchen, welche Inhalte und Formen von Versuchen für die jeweiligen Jahrgangsstufen sinnvoll sind, um einen möglichst effektiven Einsatz dieser Unterrichtsform zu gewährleisten.“ („ja“ — 3. Dienstjahr)

„Nur dann, wenn diese Untersuchung Hilfsfunktion im Sinne der Lernfähigkeit des Kindes anzielt und nicht autonom „wissenschaftlich“ ohne Blick auf das Grundschulkind zu umfassenden Selbstdarstellung wird, da sonst ein erneuter Impuls für den falsch verstandenen und einseitig geförderten Sachunterricht als „Mini-Universität“ gerade den „braven Lehrerbeamten“ Handlangerdienste zu einem noch größeren Hiatus zwischen Kind und Stoff leistet und sich das Karussell der permanenten Lehrplan- und Methodenrevision, über die Köpfe der Kinder hinweg, munter weiterdreht.“ („ja“ — 6. Dienstjahr)

„Die Kindgemäßheit muß noch mehr berücksichtigt werden, denn der Stoff steht leider bislang noch zu sehr im Mittelpunkt.“ („ja“ — 24. Dienstjahr)

„Die Form des experimentellen Unterrichts sei jedem Lehrer persönlich überlassen. Erfolge erzielt mit dieser Unterrichtsart nur der Lehrer, der das Kind in den Mittelpunkt seiner Schularbeit stellt und nicht die Sache und seinen eigenen Erfolg.“ („nein“ — 28. Dienstjahr)

„Viele Versuche, die in Lehrbüchern beschrieben werden, sind zu wissenschaftlich und werden zu wenig kindgemäß durchgeführt. Oft sind die Versuche auch zu lang und ausführlich. Konzentration und Aufmerksamkeit der Kinder halten nicht so lange durch.“ („ja“ — 13 Dienstjahre)

„Das ist Sache der weiterführenden bzw. besonderen Fachschulen.“ („nein“ — 30 Dienstjahre)

„Es sollte vor allem untersucht werden, wie weit der Unterrichtserfolg durch die experimentelle Unterrichtsform gesteigert werden kann.“ („ja“ — 31 Dienstjahre)

„Jeder Lehrer ist zwar darüber informiert, daß die experimentelle Unterrichtsform Veranschaulichung ermöglicht; über die verschiedenen Formen des Experiments, dessen besonders effektvollen Einsatz und die entsprechende Abstimmung auf den Intelligenzgrad der Klasse erfährt er jedoch recht wenig.“ („ja“ — 6. Dienstjahr)

„Mögliche Fragestellungen der Untersuchung: Ist altersgemäßer Einsatz von Versuchen eher gewährleistet? Wird Langzeitwirkung bestätigt? Bringt es Gewinn für weiterführende Versuche in höheren Klassen? Sind Versuche doch nur Spielerei?“ („ja“ — 6. Dienstjahr)

„Vermutlich zu wenig Untersuchungen, vor allem im Hinblick auf: Stellung der Schüler selbst zum experimentellen Unterricht — Ergebnisse bzw. Erfolge: Kurzeitergebnisse oder Langzeitergebnis — Genaue Untersuchungen evtl. nötig im Hinblick auf Fachbereiche und entsprechende Arten von Experimenten (Versuche in Physik sind ganz anders in ihrer Struktur und Auswirkung als z. B. experimentelle Rollenspiele beim sozialen Lernen) — Inwiefern dient der experimentelle Unterricht der Vorbereitung für weiterführende Schulen, Berufsleben usw.?“ („ja“ — 6 Dienstjahre)

„Weiterentwicklung mit dem Ziel der Vereinfachung im Hinblick auf Zeitersparnis, größtmögliche Ausrichtung auf die Ziele des Lehrplans und entsprechenden Niederschlag im Unterrichtsmaterial (Lehrbücher, Arbeitsblätter, Material für Tageslichtprojektor ...).“ („ja“ — keine Dienstalterangabe)

„Durch Untersuchungen könnten Möglichkeiten, Grenzen und die effektivsten Versuche ermittelt werden. Die bisher vorgesehenen Versuche ‚kranken‘ nicht selten an entsprechenden einfachen, aber für den Lehrer genug informativen Modellen.“ („ja“ — 25 Dienstjahre)

„Mich würde vor allem interessieren, ob alle die Vermutungen, die angestellt werden, auch zutreffen. So hat sich z. B. meine Vermutung, physikalische Themen interessieren die Kinder auf Grund der Versuche besonders, als total falsch erwiesen. Eine Umfrage in meiner Klasse ergab, daß die Kinder andere Themen und andere Arbeitsweisen weit mehr bevorzugen.“ („ja“ — 3. Dienstjahr)

„Damit gezielter und nutzbringenderer Einsatz ermöglicht wird.“ („ja“ — 20. Dienstjahr)

„Zum Zwecke der Beachtung des Spiralmodells über die Grundschule hinaus.“ („ja“ — 37. Dienstjahr)

Literaturverzeichnis

Literatur zur Untersuchung des Experiments in Forschung und Unterricht

- Adrion/Schneider: Grundschule im Wandel. Ravensburg 1975. Darin: Leiprecht, K. J.: Von der Heimatkunde zum Sachunterricht. S. 110ff.
- Aebli, H.: Didactique psychologique. Application à la didactique de la psychologie de Jean Piaget. Neuchâtel 1951
- Aebli, H.: Psychologische Didaktik. Stuttgart 1963
- Aebli, H.: Über die geistige Entwicklung des Kindes. Stuttgart 1963
- Aebli, H.: Die geistige Entwicklung als Funktion von Anlage, Reifung, Umwelt- und Erziehungsbedingungen. In: Roth, H. (Hrsg.): Begabung und Lernen. Stuttgart 1971⁴, S. 151—192
- Aebli, H./Montada, L./Steiner, G.: Erkennen, Lernen, Wachsen. Stuttgart 1975
- Antenbrink, H.: Unterricht als Determinante kognitiven Lernens. Eine Untersuchung über die Auswirkungen von didaktischen Instruktionmethoden auf kognitive Lernprozesse. Basel/Weinheim 1973
- Bäumli, M.-A.: Fachspezifische Arbeitsweisen im grundlegenden Biologieunterricht. In: Sachunterricht und Mathematik in der Grundschule. H. 12/1976, S. 580ff.
- Bäumli, M.-A.: Der Sachunterricht in der Grundschule: naturwissenschaftlich-technischer Fächerbereich. München 1979
- Bandura, A./Walters, R. H.: Social learning and personality development. New York 1963
- Barthel, H.: Untersuchungen über die Entwicklung von Denkleistungen der Schüler durch Einsatz der experimentellen Methode. Dargestellt an Beispielen aus dem Chemieunterricht der 7. und 8. Klassen. Dissertation. Potsdam 1971
- Bauer, H. F. u. a. (Hrsg.): Fachgemäße Arbeitsweisen im Sachunterricht der Grundschule. Bad Heilbrunn 1975³
- Beck, G./Claussen, G.: Einführung in Probleme des Sachunterrichts. Kronberg 1976
- Berlyne, D. E.: The motivational significance of collative variables and conflict. In: Abelson, R. P. et al. (Hrsg.): Theories of cognitive consistence: A source book. Chicago 1968, S. 257ff.
- Berlyne, D. E.: Curiosity and Education. In: Krumboltz, J. (Hrsg.): Learning and the educational process. Chicago 1966²
- Bloch, J./Häußler, P./Jaeckel, K./Reiß, V.: Curriculum Naturwissenschaft. Struktur — Planung — Wirkung. Köln 1976
- Bönsch, M.: Produktives Lernen in dynamischen und variabel organisierten Unterrichtsprozessen. Essen 1970
- Brezinka, W.: Von der Pädagogik zur Erziehungswissenschaft. Weinheim 1971
- Bruner, J. S. et al.: A study of thinking. New York 1956
- Bruner, J. S.: The act of discovery. In: Harvard Educ. Rev. 1961, H. 31, S. 21ff.
- Bruner, J. S.: Toward a theory of instruction. Cambridge, Mass. 1966
- Bruner, J. S.: Der Prozeß der Erziehung. Düsseldorf 1970
- Burk, K.: 'Lernbereich' — was ist das? Eine didaktische Aufgabe (nicht nur) für die Grundschule. In: Westermanns Pädagogische Beiträge, H. 1/1977, S. 28
- Correll, W.: Lernen und Verhalten. Grundlagen der Optimierung von Lernen und Lehren. München 1971
- Deutscher Bildungsrat (Hrsg.): Strukturplan für das deutsche Bildungswesen. Empfehlungen der Bildungskommission. Stuttgart 1970
- Deutscher Bildungsrat (Hrsg.): Empfehlungen der Bildungskommission „zur Förderung praxisnaher Curriculum-Entwicklung“. Saarbrücken 1973
- Deutscher Bildungsrat (Hrsg.): Gutachten und Studien der Bildungskommission. Die Eingangsstufe des Primarbereichs. Band 1 Ansätze zur Entwicklung, Band 2/1 Spielen und Gestalten. Stuttgart 1975

- Dewey, J.: Psychologische Grundfragen der Erziehung. Hrsg. v. Correll, W. (amerikan. Ausg. 1938). München 1974
- Diemer, A.: Was heißt Wissenschaft? Meisenheim a. Gl. 1964
- Dingler, H.: Über die Geschichte und das Wesen des Experiments. München 1952 (orig. 1928)
- Döpp, A.: Naturgeschichte im 1. Schuljahr. In: Die neue Volksschule. 1. Bd. H. 8/1949, S. 250ff.
- Dolch, J.: Lehrplan des Abendlandes. Ratingen 1959
- Dolch, J.: Grundbegriffe der pädagogischen Fachsprache. München 1963
- Duncker, K.: Zur Psychologie des produktiven Denkens. Berlin 1935 (Neudruck 1963)
- Eckardt, P. D.: Sachunterricht. Analyse und Kritik. Ratingen/Kastellaun/Düsseldorf 1974
- Edelstein, W.: Diskursive oder Soziologische Legitimation durch Wissenschaft. In: Neue Sammlung 1974, S. 133—143
- Egger, H.: Eine kritische Situation im Unterricht. In: Westermanns Pädagogische Beiträge, H. 1/1977, S. 35ff.
- Eggersdorfer, F. X.: Jugendbildung. Allgemeine Theorie des Schulunterrichts. Teil I: Allgemeine Erziehungslehre des Handbuchs der Erziehungswissenschaft. Bd. 3. München 1928
- Eichmüller, R.: Vorschläge zur Durchführung von Experimenten im fachlichen Bereich Physik/Chemie (Teil 1). In: Welt der Schule H. 5/1976, S. 281—294
- Eigenmann, J./Strittmatter, A.: Ein Zielebenenmodell zur Curriculumkonstruktion. In: Aregger/Isenegger (Hrsg.): Curriculumprozeß: Beiträge zur Curriculumkonstruktion und zur Implementation. Basel 1972
- Eigler, G./Macke, G./Nenninger, P./Poelchau, H.-W./Straka, G. A.: Mehrdimensionale Zielerreichung in Lehr-Lern-Prozessen. In: Zeitschrift für Pädagogik H. 2/1976, S. 181ff.
- Einsiedler, W./Härle, H. (Hrsg.): Schülerorientierter Unterricht. Donauwörth 1972²
- Einsiedler, W.: Schulpädagogik. Eine Einführung. Donauwörth 1974
- Einsiedler, W.: Lehrstrategien und Lernerfolg. Weinheim 1976 a
- Einsiedler, W.: Unterrichtsmethoden in der Heimat- und Sachkunde. Ein Beitrag zur Besinnung auf einen schülerorientierten Unterricht. In: Sauter, H. (Hrsg.): Heimat- und Sachkunde in der Grundschule. Donauwörth 1976 b, S. 22ff.
- Erlinghagen, K.: Vom Bildungsideal zur Lebensordnung. Freiburg 1960
- Flehsig, K. H.: Was ist ein Lernprojekt? In: Flehsig/Haller: Einführung in didaktisches Handeln. Stuttgart 1975, S. 327ff.
- Flehsig/Haller: Einführung in didaktisches Handeln. Stuttgart 1975
- Flessau, I./Minder, U.: Wissenschaftsorientierter Unterricht als Projektunterricht. In: Die Realschule H. 8/9/1976, S. 491—501
- Flitner, W.: Allgemeine Pädagogik. Stuttgart 1966¹¹
- Flitner, W.: Spielenlernen. Praxis und Deutung des Kinderspiels. München 1972
- Freise, G.: Weg in die Naturwissenschaft — oder Irrwege einer Unterrichtsreform? Anmerkungen zu einigen Arbeitsmaterialien für den naturwissenschaftlichen Sachunterricht in der Grundschule. In: Die Grundschule H. 5/1972, S. 312—320
- Frey, K.: Kognitionspsychologie und Unterricht. Zum heutigen Stand der Kenntnisse und ihrer Implementation. In: Frey, K./Lang, M. (Hrsg.): Kognitionspsychologie und naturwissenschaftlicher Unterricht. 2. IPN-Symposion. Kiel 1972, Wien 1973, S. 20—52
- Fries, E./Rosenberger, R.: Forschender Unterricht. Frankfurt a. M. 1967
- Fröhlingsdorf u. a.: Sachunterricht in der Primarstufe. Düsseldorf 1976
- Gagné, R.: Die Bedingungen des menschlichen Lernens. Hannover 1969
- Giehl, K.: Operationelles Denken und sprachliches Verstehen. In: Zeitschrift für Pädagogik, 1971, 7. Beiheft, S. 111—124
- Gordon, J.: Die frühe Kindheit in neuer Sicht. In: Halbfas, H./Maurer, F./Popp, W. (Hrsg.): Entwicklung der Lernfähigkeit. Stuttgart 1972, S. 32—43
- Graumann, C. F.: Motivation. Bern 1969

- Griebel, G. (Hrsg.): Weg in die Naturwissenschaft. Stuttgart 1971
- Grimm, J.: Etymologisches Wörterbuch. 3 Bde.
- Grzesik, J.: Die Steuerung von Lernprozessen im Unterricht. Heidelberg 1976
- Gümbel, G./Thiel, S.: Curriculare Konzepte für den Sachunterricht, In: Die Grundschule 1975, S. 181 ff.
- Gümbel, G./Messer, A./Thiel, S.: Sachunterricht. Entwicklung, Ansätze und Perspektiven. Ravensburg 1977
- Halbfas, H./Maurer, F./Popp, W. (Hrsg.): In Modellen denken. Neuorientierung des Primarbereichs. Band 4. Stuttgart 1976
- Heckhausen, H.: Förderung der Lernmotivierung und der intellektuellen Tüchtigkeit. In: Roth, H. (Hrsg.): Begabung und Lernen. Stuttgart 1969, S. 193 ff.
- Hentig, H. v.: Schule als Erfahrungsraum? Eine Übung im Konkretisieren einer pädagogischen Idee. Stuttgart 1973
- Himmerich, W. et al.: Unterrichtsplanung und Unterrichtsanalyse. Ein didaktisches Modell. Bd. 1. Stuttgart 1976
- Hinrichs, W.: Sachunterricht als Abkehr von der Heimatkunde? — Beweislücke in der Polemik statt Lehrplan-Forschung. In: Päd. Rundschau H. 6/1975, S. 524 ff.
- Hörz, H.: Experiment und experimentelle Tätigkeit im naturwissenschaftlichen Unterricht. In: Chemie in der Schule H. 10/1975, S. 418—427
- Hoffmeister, J. (Hrsg.): Wörterbuch der philosophischen Begriffe. Hamburg 1955
- Holzcamp, K.: Sinnliche Erkenntnis. Historischer Ursprung und gesellschaftliche Funktion der Wahrnehmung. Frankfurt 1973 (orig. 1968)
- Janke, B.: Zur Struktur der komplexen Tätigkeit des Experimentierens. In: Chemie in der Schule H. 2/3/1976
- Kaiser, H. J./Menck, P.: Didaktik und Methodik. In: Menck, P./Thoma, G. (Hrsg.): Unterrichtsmethode: Intuition, Reflexion, Organisation. München 1976², S. 145 ff.
- Katzenberger, L.: Zentrale Probleme des Sachunterrichts der Grundschule. In: Welt der Schule. Ausgabe Grundschule H. 11/1972, S. 401—406
- Katzenberger, L. (Hrsg.): Der Sachunterricht der Grundschule in Theorie und Praxis. Ein Handbuch für Studierende und Lehrer. Teil I, II, III. Ansbach 1972, 1973, 1975
- Klafki, W.: Das pädagogische Problem des Elementaren und die Theorie der kategorialen Bildung. Göttingen 1957
- Klauer, J.: Das Experiment in der pädagogischen Forschung. Düsseldorf 1973
- Klein, H.: Der naturwissenschaftliche Lernbereich im Sachunterricht der Grundschule. Probleme — Praxis — Perspektiven. In: Herget, H. u. a. (Hrsg.): Reform der Grundschule. Aspekte und Beiträge. Düsseldorf 1975, S. 55 ff.
- Kleinschmidt, G.: Einige lern- und denkpsychologische Grundlagen des modernen Mathematik- und Sachunterrichts in der Grundschule. In: Lebendige Schule H. 6/1970, S. 212—220
- Klingenburg, W.: Grundlagen des Weltverständnisses beim Kinde. In: Westermanns Päd. Beiträge H. 7/1959, S. 276 ff.
- Kolbeck, H. H./Krüger, R./Stenzel, A. (Hrsg.): Sachunterricht in der Grundschule. Kiel 1976
- Kopp, F.: Von der Heimatkunde zum Sachunterricht. Donauwörth 1972
- Kopp, F. (Hrsg.): Didaktik in Leitgedanken. Donauwörth 1974⁵
- Kotter, L.: Die zentrale Stellung des Experiments im Chemieunterricht. In: Bukatsch u. a.: Chemie. München 1976, S. 88 ff.
- Lauterbach, R./Marquardt, B.: Naturwissenschaftlich orientierter Sachunterricht im Primarbereich. Bestandsaufnahme und Perspektiven. Weinheim 1976
- Lauterbach, R.: Naturwissenschaftlich-technisches Lernen in den Lehrplänen der Grundschule — Eine Analyse. In: Lauterbach/Marquardt (Hrsg.): 1976, S. 37—91
- Lay, W. A.: Methodik des naturgeschichtlichen Unterrichts. Leipzig 1907
- Leiprecht u. a.: Von der Heimatkunde zum Sachunterricht. In: Adrion/Schneider: Grundschule im Wandel. Ravensburg 1975, S. 110 ff.

- Lersch, Ph.: Der Aufbau der Person. München 1956⁷
- Lind, G.: Sachbezogene Motivation im naturwissenschaftlichen Unterricht. Weinheim/Basel 1975
- Litt, Th.: Führen oder Wachsenlassen. Stuttgart 1952⁵
- Litt, Th.: Naturwissenschaft und Menschenbildung. Heidelberg 1959³
- Loser, F.: Die anthropologische Betrachtungsweise einer Geschichte des Lehrens und Lernens. In: Zeitschrift für Pädagogik H. 5/1966, S. 425ff.
- Lüer, G.: Gesetzmäßige Denkabläufe beim Problemlösen. Ein empirischer Beitrag für eine psychologische Theorie der Entwicklung des Denkens. Weinheim/Basel 1973
- Mönks, F. J./Knoers, A. M. P.: Entwicklungspsychologie. Stuttgart/Berlin 1976
- Mosher, F. A./Rigney Hornsby: Über das Fragenstellen. In: Bruner/Greenfield u. a.: Studien zur kognitiven Entwicklung. Stuttgart 1971, S. 117ff.
- Mussen, P.-H.: Lehrbuch der Kinderpsychologie. Stuttgart 1976
- Neber, H.: Die Erforschung spontanen Lernens. Weinheim/Basel 1974
- Neff, G.: Probleme des verfahrensorientierten Sachunterrichts. In: Die Grundschule 1975
- Neff, G. (Hrsg.): Praxis des entdeckenden Lernens in der Grundschule. Kronberg 1977
- Nelson, P. A.: Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule. Stuttgart 1970. Originalausgabe unter dem Titel „Elementary School Science Activities“
- Nestle, W.: Begründung zur Ablehnung der Orientierung an „wissenschaftlichen Verfahren“ und an der „Struktur der Disziplin“ im wissenschaftsbezogenen Lernbereich der Grundschule. In: SMG H. 2/1974, S. 53—57
- Neuhaus, E. (Hrsg.): Reform des Primarbereichs. Darstellung und Analyse auf dem Hintergrund gegenwärtiger erziehungswissenschaftlicher Erkenntnisse. Düsseldorf 1974
- Nickel, H.: Entwicklungspsychologie des Kindes- und Jugendalters. Bd. I und II. Wien 1975 (2. erg. Aufl.)
- Parthey, H./Wahl, D.: Die experimentelle Methode in Natur- und Gesellschaftswissenschaften. Berlin 1966
- Piaget, J.: Psychologische Betrachtungen über den Unterricht der Naturwissenschaft an der Grundschule. UNESCO-Schrift. Wiesbaden 1950
- Piaget, J.: Das Erwachen der Intelligenz. Stuttgart 1969
- Piaget, J.: Theorien und Methoden der modernen Erziehung. Wien/München/Zürich 1972 (orig. Paris 1964)
- Piaget, J.: Der Strukturalismus. Die mathematischen und logischen Strukturen. Die physikalischen und biologischen Strukturen. Die physiologischen Strukturen. Der linguistische Strukturalismus. Die Verwendung der Strukturen in den Sozialwissenschaften. Strukturalismus und Philosophie. Olten 1973 (orig. Paris 1968)
- Piaget, J.: Abriß der genetischen Epistemologie. Mit einer Einführung von Fritz Kubli und einer Bibliographie der Werke von Piaget. Olten 1974 (orig. Paris 1970)
- Piaget, J.: Lebendige Entwicklung. In: Zeitschrift für Pädagogik H. 1/1974, S. 1—6
- Piaget, J.: Das Recht auf Erziehung und die Zukunft unseres Bildungssystems. Deutsche Ausgabe: München 1975, 1948 und 1972. Paris UNESCO
- Piaget, J./Inhelder, B.: Die Psychologie des Kindes. Olten 1972
- Pietsch, A.: Der Versuch im Biologieunterricht. In: Biologie in der Schule. Berlin 1952, S. 33—39
- Pietsch, A.: Das Experiment im Biologieunterricht der Grundschule. In: Biologie in der Schule H. 8/1953, S. 358ff.
- Pietsch, A.: Das biologische Kleinexperiment. In: Biologie in der Schule H. 6/1973, S. 220 bis 228
- Rexer, E.: Der Lernbereich Biologie im Sachunterricht der Primarstufe. In: Kuhn/Mendel u. a.: Mathematik, Naturwissenschaften, Technik in der Primarstufe. Bad Heilbrunn 1976, S. 70ff.
- Riedel, K.: Lehrhilfen zum entdeckenden Lernen. Ein experimenteller Beitrag zur Denk-erziehung. Hannover 1973

- Ritter, J. (Hrsg.): Historisches Wörterbuch der Philosophie. Darmstadt 1972
- Robinsohn, B.: Bildungsreform als Revision des Curriculums. Neuwied/Berlin 1967
- Rogers, C.: Lernen in Freiheit. München 1974
- Rohr, A. R.: Kreative Prozesse und Methoden der Problemlösung. (bearb. v. Rohr-Diet-schi, U.). Basel/Weinheim 1975
- Rombach, H. (Hrsg.): Lexikon der Pädagogik. 4 Bde. Freiburg 1970
- Rombach, H.: Erfahrung, Erkenntnis, Wissen. In: ders.: Wissenschaftstheorie 2. Probleme und Positionen der Wissenschaftstheorie. Freiburg/Basel/Wien 1974, S. 36—52
- Roth, H. (Hrsg.): Begabung und Lernen. Stuttgart 1969³
- Roth, H.: Pädagogische Anthropologie. Band VI, Entwicklung und Erziehung. Hannover 1971
- Roth, H.: Stimmen die deutschen Lehrpläne noch? In: Achtenhagen, F./Meyer, H. L.: Curriculumrevision. Möglichkeiten und Grenzen. 1971
- Roth, L.: Die Wirkung der Organisationsformen von Lernbedingungen. In: Effektivität von Unterrichtsmethoden. Hannover 1971
- Roth, L.: Effekte von Unterrichtsmethoden im Unterrichtsprozeß. In: Welt der Schule, H. 12/1974, S. 441
- Roth, L. (Hrsg.): Handlexikon zur Erziehungswissenschaft. München 1976
- Rumpf, H.: Unterricht und Identität. München 1976
- Rumpf, H.: Scheinklarheiten. (Sammelband von verschiedenen Aufsätzen). Braunschweig 1971
- Rumpf, H.: Verdrängte Lernziele. In: Flügge, J. (Hrsg.): Zur Pathologie des Unterrichts. Bad Heilbrunn 1971
- Rumpf, H. (Hrsg.): Schulwissen. Probleme der Analyse von Unterrichtsinhalten. Göttingen 1971
- Rumpf, H. (Hrsg.): Unterricht und Identität. Perspektiven für ein humanes Lernen. München 1976
- Ruprecht, H./Beckmann, H.-K./v. Cube, F./Schulz, W.: Modelle grundlegender didaktischer Theorien. Beiträge zu einer neuen Didaktik. Hannover 1972
- Schiefele, H./Krapp, A.: Studienhefte zur Erziehungswissenschaft. H. 3: Entwicklung und Erziehung. München 1974
- Schietzel, C.: Das volkstümliche Denken und der naturkundliche Unterricht in der Volksschule. Hamburg 1939
- Schietzel, C.: Auf dem Boden der Wirklichkeit. Fritz Stückrath zum siebzigsten Geburtstag. In: Westermanns Päd. Beiträge 1972, S. 291 ff.
- Schietzel, C.: Exakte Naturwissenschaften in der Grundschule. Hans Sprenger zum Gedächtnis. In: Die Grundschule H. 3/1973, S. 153—164
- Schmeer, E.: Technik im Sachunterricht der Primarstufe. In: Kuhn/Mendel/Mors/Rexer/Schmeer/Sprößler: Mathematik, Naturwissenschaften, Technik in der Primarstufe. Bad Heilbrunn 1976, S. 190—285
- Schmidt, W. H.: Erziehung und Entwicklung des Kindes. Eine Einführung in die Entwicklungspsychologie. Braunschweig 1976
- Schneider, K.: Wissenschaftlichkeit oder Kindgemäßheit? In: Adrion/Schneider: Grundschule im Wandel. Ravensburg 1975, S. 228—242
- Schnitzer, A./Geisreiter, E./Schiller, H. (Hrsg.): Schwerpunkt Schülerverhalten—Lehrerverhalten. Grundlagen, Wechselbeziehungen, Folgerungen. München 1976²
- Schöler, W.: Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Berlin 1970
- Scholz, G.: Ethische Implikationen im Bereich des unterrichtsmethodischen Vorgehens. In: Ehrenwirth-Grundschulmagazin H. 5/1976, S. 3 ff.
- Scholz, W.: Betrachtungen, Untersuchungen und Experimente im Unterricht. In: Biologie in der Schule, Berlin-Ost H. 2/1958, S. 77 ff.
- Schroder, H. M./Driver, M. J./Streffert, S.: Menschliche Informationsverarbeitung. Weinheim 1975
- Schröter, G.: Didaktik als Struktur der Lehrfunktionen. Düsseldorf 1972

- Schulz-Hageleit, P.: Einwände zur Lerntheorie von Gagné, R. M. In: Päd. Rundschau 1971, S. 348 ff.
- Schwarzer, R./Steinhagen, K. (Hrsg.): Adaptiver Unterricht. München 1975
- Schwedes, H. (Hrsg.): Zeit — Bausteine für ein offenes Curriculum — Naturwissenschaftlicher Unterricht/Primarstufe. Stuttgart 1975
- Skowronek, H.: Lernen und Lernfähigkeit. München 1969
- Soostmeyer, M.: Aspekte forschend-findenden Lernens im Sachunterricht. Fachperspektive Physik. In: Neue Wege im Unterricht H. 2/1975, S. 71—83
- Speck/Wehle: Handbuch pädagogischer Grundbegriffe. München 1970, 3 Bde.
- Sprissler, W.: Naturwissenschaftlicher Sachunterricht in der Primarstufe — Orientierung am kindgemäßen Gegenstand und den Disziplinen der Chemie und Physik. In: Kuhn/Mendel/Mors/Rexer/Schmeer/Sprissler: Mathematik, Naturwissenschaft und Technik in der Primarstufe. Bad Heilbrunn 1976, S. 161—177
- Stockhammer, M.: Philosophisches Wörterbuch. Köln 1967
- Suchman, R. J.: Inquiry training: Building skills for autonomous discovery. In: Merrill-Palmer Quart. 7, 1961, S. 147—170. (Zit. nach Oerter, Psychologie des Denkens)
- Suin de Boutemard, B.: Projektunterricht — Wie macht man das? In: betrifft: erziehung H. 1/1975, S. 31 ff.
- Taba, H.: Strategy for learning. In: Kuslan, L. J./Stone, A. H. (ed.): Readings on teaching children science. Belmont, Cal. 1969, S. 256—261 (b)
- Tewes, U.: Einführung in die Unterrichtspsychologie. Stuttgart 1976
- Tütken, H.: Einleitende Bemerkungen zu den „neuen“ naturwissenschaftlichen Elementarschulcurricula in den USA. In: Zielsetzung und Struktur des Curriculum. Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule. Hrsg. von Tütken, H.: Spreckelsen, K. Bd. 1. Frankfurt/Berlin/München 1970, S. 7—28
- Tütken, H./Spreckelsen, K.: Zielsetzung und Struktur des Curriculum. — Naturwissenschaftlicher Unterricht in der Grundschule. Bd. 1. Frankfurt 1971
- Tyler, R. W.: Curriculum und Unterricht. Düsseldorf 1973. (Orig. Chicago/London 1949)
- Vogt, H. u. a.: Primarstufenunterricht in der DDR sowie in der BRD und UdSSR, in Schweden und Polen. 3 Bde. Ratingen 1974
- Volk, H.: Individualpsychologische Voraussetzungen für einen schülerorientierten Unterricht. In: Schnitzer, A./Geisreiter, E./Volk, H.: Schwerpunkt: Schülerorientierter Unterricht. Grundsätze, Möglichkeiten, Maßnahmen. München 1976, S. 55—78
- Wagenschein, M.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Stuttgart 1965, Bd. I
- Wagenschein, M.: Verstehen lernen. Weinheim 1968
- Wagenschein, M.: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken. Stuttgart 1970, Bd. II
- Wagenschein, M.: Die pädagogische Dimension der Physik. Braunschweig 1971³
- Wagenschein, M./Banholzer, N./Thiel, S.: Kinder auf dem Weg zur Physik. Stuttgart 1973
- Wagenschein, M.: Der Vorrang des Verstehens, In: Neue Sammlung 14, H. 2/1974, S. 144 bis 160
- Weinert, F.: Fähigkeits- und Kenntnisunterschiede zwischen Schülern. In: Weinert, F. u. a. (Hrsg.): Funk-Kolleg. Pädagogische Psychologie, Bd. 2. Frankfurt 1974, S. 763—793
- Weizsäcker, C. Fr. v.: Das Experiment. In: Studium generale I. Berlin 1947
- Wellendorf, F.: Schulische Sozialisation und Identität. Weinheim 1974²
- Weltner, K./Warnkross, K.: Über den Einfluß von Schülerexperimenten, Demonstrationsunterricht und informierendem Physikunterricht auf Lernerfolg und Einstellung der Schüler. In: Roth, L. (Hrsg.): Beiträge zur empirischen Unterrichtsforschung. Hannover 1972
- Wenzel, A.: Alte und neue Zielsetzung der Grundschule. In: Lebendige Schule 1969, S. 16—22
- Wulf, Chr. (Hrsg.): Wörterbuch der Erziehung. 1974
- Wundt, W.: Einführung in die Psychologie. Leipzig 1911
- Ziechmann, J.: Überlegungen zur Integration von Lehrgängen und fächerübergreifenden Unterrichtseinheiten im Sachunterricht der Grundschule. In: Welt der Schule H. 2/1970, S. 52

Literatur zum Experimentieren in Unterricht und Freizeit

- Baer, H.-W.: Biologische Versuche im Unterricht. Köln (Lizenzausgabe) 1974
- Böhm, W.: Neues Werken in der Grundschule. Ansbach 1975
- Duflos, S.: Die Wiese lebt. Streifzüge durch die Natur. Freiburg 1977
- Duflos, S.: Der Wald lebt. Streifzüge durch die Natur. Freiburg 1978
- Goldstein-Jackson, K.: Experimente — spielend leicht. 88 Versuche mit alltäglichen Dingen. Freiburg 1978
- Graeb, G.: Das große Experimentierbuch. Für Kinder, Eltern und Erzieher. München u. a. 1976
- Graeb, G.: Sachunterricht in der Grundschule: Chemie. München 1972
- Hummel, E.: Physikalische Grunderfahrungen. 1 Elektrizität und Magnetismus, 2 Licht und Schall, 3 Schwerkraft, Wärme, Wasser, Luft. München 1970—1972
- Moisl, F.: Beobachten — Experimentieren — Verstehen. München 1978
- Müller, H. W.: Pflanzenbiologisches Experimentierbuch. Physiologische und bodenkundliche Versuche. Stuttgart 1971
- Pine, T. S./Levine, J.: Hebel, Rolle, Keil und Rad. Freiburg 1972
- Pine, T. S./Levine, J.: Licht, Strom, Magnete, Fall — hier und da und überall. Freiburg 1971
- Pine, T. S./Levine, J.: Luft, Wasser, Wärme, Schall — hier und da und überall. Freiburg 1974
- Press, H. J.: Spiel — das Wissen schafft. Ravensburg o. J.
- Regelein, S.: Lernspiele für die Grundschule. Ansbach 1977
- Töpfer, R.: Schüler experimentieren. Göttingen o. J.
- de Vries, L.: Vom Basteln zum Experiment. Einfache Versuche aus Physik und Chemie. München 1973

