# Naturwissenschaftliches Vorverständnis von Schulanfängern

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades Dr. phil.
der Pädagogischen Hochschule
Weingarten

vorgelegt von

**Eckart Spägele**
geb. am 17. Juni 1964
aus Tettnang

Weingarten 2008

Erstgutachter: Prof. Dr. B. Flintjer, PH Weingarten
Zweitgutachter: Prof. Dr. J. Friedrich, PH Freiburg
Dekan der Fakultät II: Prof. Dr. W. Knapp

Tag der mündlichen Prüfung: Weingarten, am 24.07.2008
Zum Druck genehmigt: Weingarten, am 28.08.2008

Die vorliegende Arbeit entstand in der Zeit von September 2005 bis April 2008 an der Pädagogischen Hochschule Weingarten unter der Leitung von Herrn Professor Dr. Bolko Flintjer.

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. Bolko Flintjer für die äußerst konstruktive, fördernde und motivierende Begleitung meiner Arbeit sowie die interessante Aufgabenstellung.

Meiner Frau Barbara

Erziehung allein als Wachsenlassen
hebt sich selbst auf,
Erziehung allein als Führen
schafft keine Mündigkeit und wird totalitär.

Dieterich (1995)

# Inhaltsverzeichnis

**1. Einleitung und Zielsetzung ..... 1**

**2. Theoretische Grundlagen ..... 7**

2.1. Entwicklung des naturwissenschaftlichen Verständnisses ..... 7
2.1.1. Naturwissenschaftliches Vorverständnis (*Scientific Preliteracy*) .... 8
2.1.2. Bedeutung des Vorverständnisses ..... 10
2.1.3. Außerschulisch erworbenes Vorverständnis ..... 11
2.1.4. Naturwissenschaftliche Präkonzepte ..... 15
2.1.5. Entwicklung von Präkonzepten ..... 16
2.1.6. Animistische Präkonzepte ..... 19
2.1.7. Erkenntnistheorien (*Epistomologien*) ..... 22
2.1.8. Präkonzepte und naturwissenschaftliches Verständnis ..... 25
2.1.9. Konzeptwechsel ..... 28

2.2. Wissens- und Präkonzeptforschung ..... 33
2.2.1. Wissensforschung ..... 33
2.2.1.1. PISA ..... 33
2.2.1.2. TIMSS ..... 36
2.2.1.3. IGLU-E ..... 38
2.2.2. Präkonzeptforschung ..... 40
2.2.2.1. Biologische Präkonzepte ..... 41
2.2.2.2. Physikalische Präkonzepte ..... 44
2.2.2.3. Chemische Präkonzepte ..... 50

2.3. Die ‚Neue Lernkultur' ..... 62
2.3.1. Der neue Bildungsbegriff (*Scientific Literacy*) ..... 64
2.3.2. Der neue Lernbegriff ..... 66
2.3.2.1. Die kognitivistische Lerntheorie ..... 68
2.3.2.2. Konstruktivistische Didaktik ..... 70
2.3.3. Der neue Bildungsplan ..... 78
2.3.4. Fazit ..... 81

**3. Methodischer Teil ..... 83**

3.1. Fragestellungen und Hypothesen ..... 83
3.1.1. Forschungsfragen ..... 83
3.1.2. Forschungshypothesen ..... 84

3.2. Stichproben ..... 86
3.2.1. Örtlicher und sozialer Hintergrund ..... 86
3.2.2. Längsschnittstudie ..... 89
3.2.3. Leitfadeninterview ..... 90

3.3. Erhebungsinstrumentarium ..... 91
3.3.1. Wissen (*Fragebogengeleitetes Interview*) ..... 92
3.3.2. Fertigkeiten (*Hands-on-Test*) ..... 115
3.3.3. Intelligenz (*CPM*) ..... 123
3.3.4. Soziokultureller Hintergrund (*Elternfragebogen*) ..... 127
3.3.5. Präkonzepte (*Leitfadeninterview*) ..... 129
3.3.6. Einstellungen (*Prätests*) ..... 133

3.4. Untersuchungsmethodik und -design ..... 136
3.4.1. Didaktische Forschung ..... 136
3.4.2. Untersuchungsdesign ..... 138

**4. Ergebnisteil ..... 143**

4.1. Vorwissen ..... 143
4.1.1. Bereichsspezifisches Vorwissen ..... 143
4.1.2. Vorwissen und sozialer Hintergrund ..... 148
4.1.3. Vorwissen und Geschlecht ..... 154
4.1.4. Vorwissen und Intelligenz ..... 154

4.2. Fertigkeiten ..... 158
4.2.1. Fertigkeiten und Vorerfahrungen ..... 158
4.2.2. Fertigkeiten und sozialer Hintergrund ..... 161
4.2.3. Fertigkeiten und Geschlecht ..... 165

4.2.4. Fertigkeiten und Intelligenz ... 166
4.2.5. Fertigkeiten und Vorwissen ... 166

4.3. Vorstellungen und Konzepte ... 168
4.3.1. Konzepte des Lebens ... 169
4.3.2. Zoologie ... 172
4.3.3. Anatomie und Physiologie ... 173
4.3.4. Verhalten ... 177
4.3.5. Botanik ... 179
4.3.6. Tier- und Pflanzennutzung ... 182
4.3.7. Umweltschutz ... 182
4.3.8. Materievorstellungen ... 185
4.3.9. Masse und Volumen ... 186
4.3.10. Auftrieb ... 188
4.3.11. Aggregatzustände ... 191
4.3.12. Phasenübergänge ... 194
4.3.13. Stoffe und Stoffgemische ... 200
4.3.14. Verbrennung ... 203
4.3.15. Lösen und Stofftrennung ... 205
4.3.16. Luft ... 208
4.3.17. Blasen ... 217
4.3.18. Energie ... 221
4.3.19. Licht und Schatten ... 222
4.3.20. Bild der Erde ... 224

4.4. Wirksamkeit von Unterricht ... 226
4.4.1. Lernzuwachs innerhalb der Grundschulzeit ... 226
4.4.2. Wissen und Leistungsbewertung ... 231

4.5. Persönliche Einstellungen ... 234
4.5.1. Interessen ... 234
4.5.2. Einstellungen ... 236
4.5.3. Selbstkonzept ... 237

**5. Diskussion der Ergebnisse ... 241**
**6. Zusammenfassung (Abstract) ... 253**
**7. Literatur ... 258**

# 1. Einleitung und Zielsetzung

Die Zukunft lernt im Kindergarten.

„Nie ist die Neugier, die Lust am Forschen und die Offenheit für neue Erfahrungen, für Weltwissen größer als in den Jahren vor der Einschulung.“ (Elschenbroich 2002, Vorwort)

Seit Mitte der 90er-Jahre geht man zunehmend der Frage nach dem Weltverständnis, speziell den ‚elementaren Eingängen‘ in das naturwissenschaftliche Weltwissen und -verständnis der frühen Kindheit, nach. Dabei gilt es heute als Tatsache, dass Forschen und Experimentieren primär angeborene Lebensäußerungen sind und Zugänge in das naturwissenschaftliche Denken weitaus früher als bisher angenommen stattfinden können (Elschenbroich 2002; Gardner 1993; Koerber 2006; Krahn 2005; Strunk 1998). In Baden-Württemberg wurde im Jahre 2004 eine ‚Neue Lernkultur‘ für alle Schularten eingeführt, welche einen durchgängigen und in alle Richtungen anschlussfähigen naturwissenschaftlichen Unterricht ab der ersten Grundschulklasse und demnächst auch im Vorschulbereich vorsieht. Basis des neuen didaktischen Ansatzes ist eine *konstruktivistische* Lernvorstellung, welche von der aktuellen Lebenssituation – dem Vorverständnis der Kinder – ausgeht und in der das Wissen eigenständig und explorativ erschlossen werden soll (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg 2004, 2006). Aber schließt der neu konzipierte Sachunterricht tatsächlich an das vorhandene Weltwissen und Weltverständnis, an die geforderte ‚aktuelle Lebenssituation‘ der Kinder an? Über welche naturwissenschaftlichen Kenntnisse, Vorstellungen und Fertigkeiten verfügen Kinder zu Schulbeginn tatsächlich?

Noch gibt es keine ausreichenden Erkenntnisse und Erfahrungen darüber, ob für die neu eingeführten naturwissenschaftlichen Inhalte im Primarbereich die *Lernvoraussetzungen* gegeben sind und eine *Anschlussfähigkeit* an das vorschulisch erworbene Wissen gewährleistet ist. Tatsächlich existieren bislang keinerlei Untersuchungen, die das naturwissenschaftliche Vorverständnis dieser Altersgruppe erfasst hätten. Entweder liegen lediglich phänomenspezifische Erhebungen vor (Bar/ Galili 1994; Carey/Gelman 1991; Driver et al. 1994; Koerber 2006; Mähler 2006) oder Untersuchungen, die zwar alle Naturwissenschaften umfassen, aber an wesentlich älteren Kindern erhoben wurden (IGLU-E 2003; PISA 2000-2006). Die Kenntnis über das Wissen und das Verständnis von Schulanfängern über naturwissenschaftliche Zusammenhänge ist für einen erfolgreichen Sachunterricht und für einen nachhaltigen Lernprozess jedoch notwendige Voraussetzung. So stellt Ausubel (1997) fest: „Im Unterricht muss demnach in Erfahrung gebracht werden, was der Lernende bereits weiß, und darauf baut der nachfolgende Unterricht auf."

***In der vorliegenden Arbeit soll deshalb die aktuelle Lerndisposition von Schulanfängern, deren tatsächlich vorhandenes, außerschulisch erworbenes naturwissenschaftliches Wissen, ihre Vorstellungen und Fertigkeiten, erhoben werden.***

Hierdurch soll Erziehern und Lehrenden in der Elementar- und Primarstufe ein Werkzeug an die Hand gegeben werden, das es ihnen ermöglicht, die Kinder dort abzuholen, wo sie tatsächlich stehen und somit die neuen naturwissenschaftlichen Inhalte und Experimente effektiver und nachhaltiger zu vermitteln.

Über die Erfassung des vorhandenen naturwissenschaftlichen Vorverständnisses hinaus eröffnet sich die Frage, in welchem Ausmaß *außerschulische Faktoren* wie das soziokulturelle Umfeld und die kognitive Lerndisposition (Intelligenz) die Lernvoraussetzungen der Schulanfänger beeinflussen. Es wird von der Annahme ausgegangen, dass im neuen Sachunterricht die Möglichkeit zur unterrichtlich vermittelten

Eigenkonstruktion naturwissenschaftlichen Wissens überschätzt und der Lernprozess in weitreichendem Maße durch außerschulische Faktoren beeinflusst wird. So gibt es deutliche Hinweise darauf, dass die didaktische Umsetzung häufig an persönlichen und sozialen Bedingungsvariablen wie der Herkunft oder den Einstellungen der Lernenden als auch der Lehrenden scheitert. Dabei kommt dem *Elternhaus* der Kinder zentrale Bedeutung zu (Upmeier zu Belzen/Vogt 2001). Soziologische Lerntheorien (Bourdieu 2005) sowie die neuesten Befunde internationaler Vergleichsstudien (TIMSS 2003, PISA 2006) stützen diese Sichtweise und stellen fest, dass speziell in Deutschland das *soziokulturelle Umfeld* nicht nur die Lerndispositionen der Kinder weitgehend bestimmt, sondern darüber hinaus auch eine systematische Koppelung zwischen den Lernleistungen und dem sozialen Umfeld besteht.

***Die Untersuchung soll das Ausmaß des Einflusses außerschulischer Bedingungsvariablen – speziell die Schulbildung der Eltern, die örtliche Lage der Schule sowie die kognitive Leistungsfähigkeit – auf das vorhandene naturwissenschaftliche Wissen ermitteln.***

Zur Erhebung der naturwissenschaftlichen Kenntnisse und der außerschulischen Variablen sollte innerhalb der explorativen Studie ein aussagekräftiges Testinstrumentarium eingesetzt werden. Im Mittelpunkt stand dabei die Entwicklung eines umfassenden *fragebogengeleiteten Interviews* auf Grundlage der inhaltlichen Vorgaben des neuen Bildungsplans. Darüber hinaus wurde zur Überprüfung der praktischen Fähigkeiten ein *Hands-on-Test* entworfen. Die Ermittlung der kognitiven Leistungsfähigkeit der Kinder erfolgte mittels eines standardisierten und für die Altersgruppe entwickelten *Intelligenztests* (*CPM*). Der soziale Hintergrund wurde über einen *Elternfragebogen* erfasst. Als Stichproben wurden drei erste Klassen (N=78) aus *Schulen unterschiedlicher örtlicher Lage und soziokulturellen Hintergrunds* jeweils zu Schuljahresbeginn sowie zwei vierte Klassen (N=52) am Ende des Schuljahres untersucht. Aufgrund der Befunde der Hauptstudie wurde zur Ermittlung spezifischer, defizitärer Präkonzepte ein *Leitfadeninterview* an einer kleineren Probandengruppe durchgeführt.

Bezogen sich die bisherigen Forschungsaufgaben auf Lernvoraussetzungen und außerunterrichtliche Einflussfaktoren, stellt sich schließlich die Frage nach der *Wirksamkeit des neuen Sachunterrichts*.

***Ziel dieses Untersuchungsanliegens ist es, erste Erkenntnisse über Möglichkeiten und Grenzen der Wissensvermittlung im neuen Sachunterricht zu erlangen.***

Dabei stehen folgende Fragestellungen im Vordergrund:

- Über welchen naturwissenschaftlichen Wissenszuwachs verfügen die Kinder am Ende der Grundschulzeit?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem vorschulisch erworbenen Wissen und dem späteren schulischen Lernerfolg?
- Entspricht der gemessene Wissensstand auch der schulischen Leistungsbewertung?

Der Wissenszuwachs während der Grundschulzeit wird durch eine *Quasi-Longitudinalstudie* ermittelt werden. Ein Vergleich der Kenntnisse zum Zeitpunkt der Einschulung mit dem Wissen am Ende der vierten Klasse soll außerdem Aufschluss darüber geben, inwieweit soziale Determinanten den Lernprozess und damit den schulischen Erfolg der Kinder vorherbestimmen. Wäre naturwissenschaftliches Wissen wesentlich schulisch vermittelbar, dann müssten die bestehenden Wissensunterschiede zu Schulbeginn nach vier Schuljahren weitgehend egalisiert und damit die Bildungs- und Übergangschancen für Kinder unterschiedlicher sozialer Herkunft deutlich verbessert werden.

Eine weiterführende Fragestellung ergibt sich aus der Tatsache, dass der nun früher einsetzende naturwissenschaftliche Unterricht die Basis eines umfassenden didaktischen Gesamtkonzepts darstellt, welches das vornehmliche Ziel verfolgt, den Fachunterricht in der Sekundarstufe vorzuentlasten, um so einerseits größeres Interesse an naturwissenschaftlichen Lerninhalten, aber auch anschlussfähiges und nach-

haltiges Wissen zu generieren. Dabei eröffnet sich die Frage nach der Effizienz des zugrunde liegenden Lernansatzes und danach, ***inwieweit es innerhalb der Grundschulzeit gelingen kann, anschlussfähige Wissensstrukturen herauszubilden, die in der Sekundarstufe dann aufgenommen und weiter ausgebaut werden können.***

In einem Vorgriff sei hier bereits erwähnt, dass die Befunde der Untersuchungen darlegen können, dass bestimmte Wissensbereiche existieren, die im Rahmen des Sachunterrichts kaum weiter ausgebaut werden (können). Die Zielsetzungen des neuen Sachunterrichts sowie die Untersuchungsergebnisse legen deshalb eine kritische Betrachtung des neuen Lernansatzes nahe, der von einer *explorativen Selbsterschließbarkeit* naturwissenschaftlicher Erkenntnisse ausgeht.

# 2. Theoretische Grundlagen

Primäres Anliegen der vorliegenden Arbeit ist die Überprüfung des naturwissenschaftlichen Vorverständnisses von Schulanfängern sowie des Einflusses außerschulischer Faktoren auf das vorhandene Wissen. Im folgenden Literaturbericht soll deshalb in **Kapitel 2.1.** zunächst der aktuelle Stand der Forschung zur *Entwicklung kindlich-naiver Konzepte hin zu einem wissenschaftlichen Verständnis* dargestellt werden. Der Abschnitt umfasst auch derzeit diskutierte didaktisch-methodische Modelle einer Verknüpfung beider Verständnisebenen (*Conceptual Change*). Ein Überblick aktueller Befunde zum *naturwissenschaftlichen Wissen deutscher Schüler* sowie zu *spezifischen naiven Vorstellungen* (*Präkonzepten*) in **Kapitel 2.2.** schließt den Bericht zum naturwissenschaftlichen Vorverständnis ab.

Der zweite Untersuchungsbereich setzt sich mit der Wirksamkeit des neuen Sachunterrichts und des zugrunde liegenden didaktischen Ansatzes auseinander. In **Kapitel 2.3.** sollen entsprechend die *theoretischen Grundlagen der neuen Lerntheorie* als auch die konkrete *didaktisch-methodische Umsetzung* innerhalb des neuen Bildungsplans näher betrachtet werden.

## 2.1. Entwicklung des naturwissenschaftlichen Verständnisses

Häufig wird in der Literatur wie auch umgangssprachlich kaum zwischen *Vorverständnis* und *Vorwissen* unterschieden, manchmal werden beide Begriffe sogar synonym verwendet. Die Erhebung des naturwissenschaftlichen Vorverständnisses fordert allerdings eine genauere Beschreibung und differenziertere Darstellung des Untersuchungsgegenstands.

### 2.1.1. Naturwissenschaftliches Vorverständnis (*Scientific Preliteracy*)

Niedderer & Schecker (2004, S.249) definieren als *Vorverständnis* „die Gesamtheit der Dispositionen eines erkennenden Subjekts, die für einen anstehenden Erkenntnisprozess bedeutsam sind“. Das Vorverständnis ist somit Voraussetzung eines jeglichen Lernprozesses schlechthin. Betrachtet man die Art der Lernvoraussetzungen, unterscheiden die beiden Physikdidaktiker zwischen *kognitiven* und *affektiven Komponenten* des Vorverständnisses (Ebd., S.253). Unter ‚allgemeinem Denkrahmen‘ wird dabei der Unterschied zwischen naivem Alltagsdenken und naturwissenschaftlichem Denken, also der Grad an Wissenschaftsorientierung, verstanden.

| *kognitive Komponenten* | *emotional-affektive Komponenten* |
|---|---|
| • konzeptionelles und methodisches **Wissen** (Vorwissen)<br>• allgemeiner Denkrahmen und **wissenschaftstheoretische Überzeugungen** (Epistomologien)<br>• **Präkonzepte** (Vorstellungen)<br>• Alltagssprache und Schemata | • **motivationale Tendenzen** und Gefühle<br>• allgemeine, inhaltsspezifische, situative und überdauernde **Interessen**<br>• **Einstellungen**<br>• inhaltsspezifische und allgemeine **Präferenzen** und Blickrichtungen |

Tabelle 1: Komponenten des *Vorverständnisses* in Anlehnung an Niedderer & Schecker (2004)

Was in der Darstellung keine Berücksichtigung findet, sind die *Primärerfahrungen* der Kinder, also einerseits sensumotorische und praktische Erfahrungen (wie die Fähigkeit, eine Kerze anzuzünden), aber auch emotionale Erlebnisse wie die Erfahrung von Tod oder Geburt. *Primärerfahrungen* stellen einen nicht zu vernachlässigenden Teil des Vorverständnisses dar, da sich kindliche Vorstellungen wesentlich aus direkten sensumotorischen Begegnungen mit natürlichen Phänomenen entwickeln (siehe auch Kap. 2.1.5.).

Darüber hinaus beziehen sich Niedderer & Schecker hinsichtlich möglicher Bedingungsfaktoren auf das vorhandene Verständnis lediglich auf *persönlich-subjektive Komponenten* im Erkenntnisprozess. Diese werden auf übergeordneter Ebene aber wesentlich *gesellschaftlich* – also *sozial* – vermittelt. Entsprechend wird ein erweitertes Modell möglicher Komponenten des Vorverständnisses vorgeschlagen (Tabelle 2). Es entspricht weitestgehend den Zielvorgaben des neu formulierten naturwissenschaftlichen Bildungsbegriffs einer *Scientific Literacy* (vgl. Kap. 2.3.1.).

*soziale Komponenten*

- **Familie**, Freunde, Verwandte
- vorschulische Einrichtungen

| *subjektive Komponenten* | | |
|---|---|---|
| *kognitiv* | *affektiv* | *psychomotorisch (Primärerfahrungen)* |
| • **Vorwissen**<br>• **Präkonzepte**<br>• Erkenntnistheorien (Epistomologien) | • **Interessen**<br>• **Einstellungen**<br>• Motivation | • **sensumotorisch-praktische Erfahrungen**<br>• emotionale Erlebnisse |

Tabelle 2: Komponenten des *Vorverständnisses* nach Spägele (2008)

Innerhalb der vorliegenden Untersuchungen wurden *subjektive* als auch *soziale Komponenten* des Vorverständnisses erhoben. Die untersuchten Unterbereiche sind **hervorgehoben**. *Affektive Komponenten* wurden lediglich während der ersten orientierenden Vortests erfasst, innerhalb der Hauptuntersuchung jedoch nicht weiterverfolgt, da eine umfassende Erhebung von Persönlichkeitsmerkmalen die eigentliche Aufgabenstellung des Projekts überschritten hätte. Die vorläufigen Befunde sind am Ende des Ergebnisteils in Kapitel 4.5. dargestellt.

### 2.1.2. Bedeutung des Vorverständnisses

Das *Vorverständnis* stellt die fundamentale Bedingung für die Ausbildung eines *wissenschaftlichen Verständnisses* dar. Alle neuen Erfahrungen, die Schüler im Unterricht machen, werden mithilfe bereits vorhandenen Wissens und vorhandener Vorstellungen aktiv organisiert. Ohne Vorwissen und Präkonzepte ist somit kein Lernprozess möglich. Der amerikanische Psychologe Ausubel (1974) bringt es auf den Punkt: „Aller Unterricht hat bei den Erfahrungen der Kinder anzufangen." Innerhalb einer Untersuchung von Lernbiografien deutscher Schüler über eine Zeitspanne von 15 Jahren hinweg stellte die Kognitionspsychologin Elsbeth Stern (2003) fest, dass bei keinem Schüler im Nachhinein das korrigiert werden konnte, was in den unteren Klassen versäumt wurde. Die Forscherin konstatiert auf die Frage, weshalb bei deutschen Schülern in der Mittelstufe so wenig nachhaltiges naturwissenschaftliches Wissen hängen bleibt: „Weil nicht am Vorwissen angeknüpft wird, weil man immerzu bei null und zudem abstrakt neu anfängt." (Ebd., S. 2) Folgende Ergebnisse über den Einfluss des Vorwissens auf andere Lernfaktoren sind nach Schneider (2002) bekannt:

- Ist das bereichsspezifische Vorwissen einer Person außerordentlich groß, kann es einen größeren Einfluss auf kognitive Leistungen nehmen als Kapazität, Strategien und metakognitives Wissen zusammengenommen.
- Vorwissen *erleichtert den Einsatz von Strategien* und ermöglicht die Übertragung der Strategien auf andere Problembereiche.
- Vorwissen kann die Notwendigkeit von *Strategien* sogar *erübrigen*.
- Großes bereichsspezifisches Wissen kann Einflüsse von *Intelligenzunterschieden* auf die Leistung in solchen Aufgaben *eliminieren*, die keine bewussten Strategien erfordern (z. B. Textreproduktion).
- *Intelligenzunterschiede* spielen dann eine Rolle, wenn Aufgaben den Einsatz von Strategien erfordern.

Müller (2005, S. 156) geht in seiner Beurteilung des Vorwissens über die Einschätzung Schneiders noch hinaus: „Auch in kognitionspsychologischen Untersuchungen […] ist nachgewiesen worden, dass die Bedeutung domänenspezifischen [Vor-]wissens bedeutsamer ist als etwa Faktoren wie Alter und allgemeiner kognitiver Entwicklungsstand.“ Den Einfluss domänenspezifischen Vorwissens auf die Leistungen in der Primarstufe hält Schneider (2002) für verhältnismäßig gering. Er geht allerdings davon aus, dass der Einfluss in der Folgezeit drastisch zunimmt. Die vorliegende Untersuchung wird die These überprüfen.

### 2.1.3. Außerschulisch erworbenes Vorverständnis

Betrachtet man die möglichen Einflussfaktoren auf die Verständnisentwicklung von Schulanfängern, kann zunächst eine sekundäre schulische Sozialisation ausgeschlossen werden. In Frage kommen, neben eventuell vorhandenen Erfahrungen aus vorschulischen Einrichtungen, vorwiegend primäre Sozialisationsinstanzen wie die *Herkunftsfamilie, Verwandte* oder *Freunde* sowie in der Person selbst liegende Faktoren wie die *kognitiven Fähigkeiten* oder *emotionalen Strukturen* des Kindes (vgl. Gudjons 1995, S. 151). Holzwarth-Räther (Interview abgedruckt in Elschenbroich [2005], S. 212) stellt in Bezug auf vorhandene Kenntnisse bei Kindern fest: „[Beim Vorwissen] gibt es dramatische Unterschiede, und die werden immer größer […]. Es gibt viele Kinder, die enorm viel wissen. Was heißt da wissen, man merkt, sie kennen diese (naturwissenschaftliche) Haltung […]. Für andere Kinder ist dies eine neue Welt […]. Aber diejenigen, die etwas wissen, sind exzellent. Die wissen auch dann sonst viel, was nichts mit Naturwissenschaften zu tun hat, sie sind universell klar im Kopf und geschickt mit den Händen […] An der Schule kann es kaum liegen. Es muss zu Hause entstanden sein, oder vielleicht in der Kita, im Hort.“

Müller (2005, S. 14 und 19) stellt in einer Zusammenfassung bisheriger Forschungsergebnisse zu kindlichen Vorstellungen fest, dass primär *motivationale* und *soziokulturelle Aspekte* das Vorverständnis beeinflussen – und diese wiederum auf den *familiären Hintergrund* zurückzuführen sind. „Es kann angenommen und sinnvoll begründet werden, dass außerschulische Lern- und Verstehensprozesse v. a. im Hinblick auf motivationale Aspekte bei Kindern und Jugendlichen unter einer günstigeren Voraussetzungslage ablaufen […]. Emotional-interessenbezogene Wirkungen werden – als Folge eines positiv-aktionistischen Handlungsbemühens – möglicherweise überschätzt, gerade auch wenn man berücksichtigt, dass der familiäre Einfluss von besonderer Bedeutung bei der Entstehung oder Veränderung gegenstandsbezogener Person-Umwelt-Orientierungen bei (jungen) Kindern ist."

Upmeier zu Belzen/Vogt (2001, S. 17ff.) untersuchten Interessen und Nicht-Interessen von Kindern im Vorschulalter. Sie fanden heraus, dass diese ausnahmslos personal (sozial) angeregt werden und im Vorschulalter keine ausgeprägten Nicht-Interessen bestehen. Sie stellen ebenfalls fest, dass in der Vermittlung von Interessen das *Elternhaus* im Vordergrund steht. Einsiedler (Interview abgedruckt in Elschenbroich [2005,] S. 103) betont ebenfalls die Rolle des *elterlichen Hintergrunds* in der Vermittlung vor- und außerschulischer Bildungserfahrungen: „Ich würde sagen, 50-60% der Eltern […] kümmern sich in der Vorschulzeit nicht um gezielte Bildungserfahrungen […]. Man will zuviel delegieren, schickt die Kinder weg […]. Der Versuch müsste dahin gehen, Eltern als Lehrer in der Vorschulzeit zu fördern."

Köster (2006) geht von einem zunehmenden Mangel an sensumotorischen Primärerfahrungen in der frühen Kindheit aus, den sie unter anderem auf den *familiären Hintergrund* zurückführt: „Früher konnte davon ausgegangen werden, dass Kinder insbesondere naturwissenschaftliche Vorerfahrungen in ihrer Umwelt auf natürliche Weise während des Spielens erwarben. Obwohl heute Kinder in der Regel in einer Umwelt aufwachsen, die durch eine abwechslungsreiche Frei-

zeitgestaltung, vielfältigem Spielzeug und modernen Medien bestimmt ist, verarmt die sinnlich erfahrbare Lebenswelt zusehends. Sie ist weitgehend ‚bereinigt' von sinnlich Wahrnehmbarem […]. Hinzu kommt, dass Kinder in Kleinfamilien aufwachsen […]. Die Angst vor Gefahren wie Schmutz oder Krankheiten führt nicht selten zu einer Überbehütung […]. Insbesondere die als gefährlich eingestuften Beschäftigungen mit Feuer oder mit Werkzeugen […] sind Kindern häufig nicht erlaubt […]. Der Mangel an sinnlichen Erfahrungen wird inzwischen auch für den Sachunterricht zu einem Problem, denn es kann nicht mehr vorausgesetzt werden, dass notwendige Vorerfahrungen bei Kindern bereits vorhanden sind." Gardner (2003, S. 134) ergänzt hierzu: „Ethische und Schichtzugehörigkeit, Erziehungsstil der Eltern und Werte beeinflussen die Art der Materialien, mit denen ein Kind zu tun hat, die Art und Weise, wie diese Materialien aufgenommen werden, und die Vorlieben und Wertmaßstäbe, die auf sie angewendet werden."

Ähnlich wie Gardner geht Bourdieu (2001, 2005) von einer dominant *kulturellen Bestimmtheit* des schulischen als auch des vorschulischen Lernprozesses aus. Dabei fasst er empirische Sozialstudien zum Einfluss kultureller Bedingungen wie Klassenzugehörigkeit, familiäre Herkunft und Bildungshintergrund auf die individuelle Lerndisposition und Lernbiografie zusammen. Der Sozialwissenschaftler geht davon aus, dass Menschen grundsätzlich über ähnliche physiologische Voraussetzungen verfügen und individuelle Faktoren wie Begabung oder *intellektuelle Leistungsfähigkeit* den schulischen und gesellschaftlichen Erfolg nicht wesentlich bestimmen. Bourdieu argumentiert, dass der *soziokulturelle Hintergrund* (*Habitus*) einer Person den bestimmenden Faktor darstellt, der schulische Leistungen und Bewertungen begrenzt. Indikatoren für den schulischen Lernerfolg sind hiernach primär die *familiäre Herkunft* und der *Wohnort*, insofern dieser über kulturelle Ressourcen bestimmt. Dabei stellt er eine enge Beziehung zwischen dem Schulerfolg und dem *allgemeinen Bildungsniveau der Eltern* fest, wobei das Niveau beider Eltern von gleichem Gewicht zu sein scheint. Die Herkunftsfa-

milie vermittelt den Kindern dabei ein bestimmtes kulturelles Kapital, ein System implizierter und tief verwurzelter Werte und Einstellungen. „In der Tat scheint sich für den unterschiedlichen Schulerfolg, den man zumeist der unterschiedlichen Begabung zurechnet, eine vollständige soziologische Erklärung zu finden […]. Die aus den privilegierten Milieus stammenden Kinder verdanken ihrem Umfeld nicht nur bei den schulischen Aufgaben unmittelbar nutzbare Gewohnheiten und antrainierte Verhaltensweisen sowie den Vorteil […] der direkten Unterstützung der Eltern. Sie erben auch Kenntnisse und ein Know-how […].“ (Bourdieu 2001, S. 25-29) Das größte Hindernis für soziokulturell benachteiligte Kinder stellt nach Bourdieu die *Sprache* dar. Sie stellt ein komplexes System vielfältiger Kategorien zur Handhabung und zum Entziffern logischer und ästhetischer Lernstrukturen und Kodes zur Verfügung und wird grundsätzlich *familiär* übertragen. Hiernach ist der schulische Lernerfolg auch in naturwissenschaftlichen Fächern direkt mit der Beherrschung der *Schulsprache* verbunden, welche wiederum familiär vermittelt wird.

Untersuchungen von Weerda (1981) und Pfeifer (1997, S. 166f.) können ebenfalls darlegen, dass vorhandene naturwissenschaftliche Präkonzepte eng mit der *sprachlichen Kompetenz* und damit verbunden mit der naturwissenschaftlichen *Begriffsbildung* zusammenhängen. Dabei konnten sie beobachten, dass sich die Umgangs- und Alltagssprache nachteilig auf die Ausbildung korrekter naturwissenschaftlicher Konzepte auswirkt. Lück (2006) gelang es, durch eine Kombination aus *Sprache* und *ästhetisch-musischen Erfahrungen* in Form kurzer Erzählungen und Geschichten bei jüngeren Kindern eine *motivierte Haltung* hervorzurufen, welche die Kinder dazu veranlasste, sich auf Deutungen naturwissenschaftlicher Phänomene besser einzulassen. Der sprachliche Umgang als auch das Zur-Verfügung-Stellen ästhetischer Primärerfahrungen rückt wiederum nicht nur den *elterlichen Hintergrund* in das Zentrum der Betrachtung, sondern legt auf übergeordneter Ebene ebenfalls eine *soziokulturelle*, *milieubestimmte Prägung* des Vorverständnisses nahe.

### 2.1.4. Naturwissenschaftliche Präkonzepte

In der Literatur findet man synonym für den Begriff *naturwissenschaftliche Präkonzepte* Ausdrücke, die auf dem Vorstellungsbegriff basieren. Pfeifer et al. (1997, S. 162) und Barke (2006, S. 21) führen folgende alternativ verwendete Bezeichnungen auf:

- *Alltagsvorstellungen*
- *lebensweltliche Vorstellungen*
- *naive Vorstellungen*
- *vorwissenschaftliche Vorstellungen*
- *alternative Vorstellungen*
- *primäre Vorstellungen*

Barke bezeichnet dabei *Präkonzepte* als Vorstellungen, die ohne spezifisches Vorwissen und ohne schulische Intervention selbstständig entstehen. Nach Driver et al. (1996, S. 4; 1994b, S. 93) sind *naturwissenschaftliche Präkonzepte* universell und weitgehend unabhängig vom Herkunftsland der Kinder. Durch schulische Intervention verursachte und deshalb vermeidbare naive Vorstellungen werden nach Barke (2006) als *hausgemachte Fehlvorstellungen* bezeichnet.

Naturwissenschaftliche Präkonzepte basieren im Vorschulalter wesentlich auf der Interpretation *physischer* und *sozialer Erfahrungen*. Dabei wird davon ausgegangen, dass frühkindliche Vorstellungen über naturwissenschaftliche Phänomene auf *kognitiven Erkenntnisprozessen* beruhen und Denkschemata (*mental models*) ausgebildet werden, mit deren Hilfe die Kinder diese Erfahrungen erklären können. Treten neue Situationen auf, werden diese Denkmodelle überprüft und nur diejenigen beibehalten, die sich anhand weiterer praktischer Situationen oder Phänomene bewähren, sich zufriedenstellend erklären oder lösen lassen. Hierin unterscheiden sie sich wesentlich von den Zielsetzungen wissenschaftlicher Konzepte. Haben die Naturwissenschaften in der Regel die Absicht, möglichst reproduzierbare Ergebnisse großer All-

gemeingültigkeit darzustellen, stehen bei kindlichen Präkonzepten die *Nützlichkeit*, die *Lösung konkreter Alltagsprobleme* sowie die *Verbesserung der eigenen Lebenssituation* im Vordergrund. Für Kinder ist es insofern irrelevant, ob ihre Theorien richtig sind, es zählt, ob sie sich als ‚subjektiv stimmig' darstellen. Problemstellungen, die für die Kinder keine praktische Bedeutung besitzen, sind deshalb oft nicht nachdenkenswert, weil sie auch anders gelöst werden können. Es geht somit um deren *Relevanz* und *Alltagsfunktion* von Aufgabenstellungen.

Entsprechend kann das Interesse an Themen der unbelebten Natur dann schwinden, wenn die praktische Relevanz nicht aufgezeigt werden kann. Dabei stellen sich *physikalische Phänomene* wie Hebelkräfte, Auftrieb oder Bewegung noch wesentlich fasslicher und erfahrbarer dar als verborgene *stofflich-chemische Erscheinungen*. So kann sich beispielsweise die Rückgewinnung von Zucker aus Zuckerwasser nicht zwingend als ‚relevant' darstellen, da Zucker auf diese Art im Alltag praktisch nicht gewonnen wird (Strunk 1999, S. 142ff.). *Biologische Erscheinungen* wie körperliche Phänomene werden deshalb häufig als relevant aufgefasst, weil sie größere Alltagsbedeutung besitzen und deutlich funktions- und wertgebundener sind. Deshalb werden die Fächer Chemie und Physik von Schülern oft als ‚wesensfremd' und ihre Erkenntnisse als ‚theoriegeladen' empfunden. Hinzu kommt, dass Phänomene der unbelebten Natur im *Mikro-* oder *Makrokosmos* stattfinden und deshalb in der Regel nicht direkt beobachtbar sind, während biologische Erscheinungen häufig unmittelbar ‚begreifbar' sind.

### 2.1.5. Entwicklung von Präkonzepten

Heutzutage wird in der Naturwissenschaftsdidaktik häufig die Position vertreten, dass sich das Vorverständnis in der frühen Kindheit zunächst natürlich und selbstständig durch *aktiv-kognitive Vernetzung* direkter, vorwiegend *sensumotorischer Erfahrungen* entwickelt. Dabei wird im Gegensatz zu Piagéts Stufenmodell der kognitiven Entwicklung

(Kap. 2.4.2.1.) der Mensch als von Geburt an ganze Person, als ‚universeller Novize', betrachtet, der von Anfang an bereits mit erwachsenenähnlichen kognitiven Strukturen ausgestattet ist. Im Laufe der Zeit erwirbt er immer mehr Wissen und Erfahrungen, wodurch er sich dem Erwachsenen zunehmend angleicht (Gardner 1993; Krahn 2005, S. 1 und 24). Der Mensch stellt sich hiernach nicht als ‚unbeschriebenes Blatt' dar, sondern entpuppt sich als wohl vorbereiteter und kompetenter Organismus, der mit einer erkennenden Einstellung die Welt betritt. Bereits Säuglinge entdecken hiernach die Welt aktiv und explorativ und sind angetrieben, die Welt zu durchdringen und zu erfassen. Die Motivation für diese aktive Weltaneignung bildet nach Gardner (1993) das *Selbst-* und *Fähigkeitskonzept* eines Menschen, das heißt: die Entwicklung der *Selbst-* und *Fremdwahrnehmung* sowie des *Wirksamkeitserlebens*.

Nach Fried (2005) verfügen bereits Säuglinge über grundlegende Fähigkeiten naturwissenschaftlichen Denkens, das auf *kausalen Schlussfolgerungen* – auf Prinzipien von *Ursache-Wirkung* (*Wenn-dann-Beziehungen*) – basiert. Sie haben bereits ein Verständnis bezüglich des Verhaltens physikalischer Objekte auf Grundlage *sensumotorischer Erfahrungen*. Im Alter von etwa sechs Monaten verfügen sie über klare Vorstellungen, was ein *Gegenstand* ist, und können *belebte von unbelebten Objekten* unterscheiden (Koerber 2006). Sechs bis neun Monate alte Kinder weisen ein beginnendes *Zahlenverständnis* auf. Insgesamt können Kleinkinder innerhalb des ersten Lebensjahres einige *Aspekte von Kausalität*, wie die Bedingungen für Bewegung, verstehen und verfügen über die Fähigkeit zum *induktiven Schließen*. Gardner (2003, S. 73) fasst das naturwissenschaftsbezogene Verständnis in diesem Altersabschnitt zusammen: „Kinder [scheinen] auf ausgesprochen abstrakte Formen des Verständnisses im kognitiven Bereich vorbereitet zu sein. Ein Verständnis für ursächliche Zusammenhänge, für die Beschaffenheit und die Bestandteile von Gegenständen und für die Welt der Zahlen lässt sich im ersten Lebensjahr nachweisen."

Im Alter von fünf bis sieben Jahren, also etwa zum Zeitpunkt der Einschulung, können Kinder ihre Welt nicht nur auf Grundlage *sensumotorischer Erfahrungen* erfassen, sondern auch auf Basis *sprachlicher* und *numerischer Symbole*. Darüber hinaus können sie schlüssige Experimente zur Beantwortung einer Frage auswählen, sie unterscheiden zwischen *Hypothesen* und *reinen Daten* und können verstehen, dass Hypothesen aufgrund von *Beweisen* widerlegt werden können (Koerber 2006). Die Ergebnisse scheinen insofern erstaunlich, als Kleinkinder unfähig sind, dieses Wissen nach außen darzustellen, darüber nachzudenken oder sich später daran zu erinnern. Schachtel (1959) bezeichnet dies als ‚infantile Amnesie'. Fried (2005) geht dabei von einer ‚rudimentären Reflexionsfähigkeit' in diesem Alter aus und charakterisiert diese durch folgende Verstehensniveaus:

- Grundsätzliches Verständnis für die *Gesetze der Logik*
- Verständnis von *Kausalität*
- Fähigkeit zur naiven *Hypothesenbildung*
- Fähigkeit zur Unterscheidung von *Spekulation* und *Fakten* (Evidenzkriterien)

Die Zeit vor und um die Einschulung scheint für die Ausbildung von *Selbst- und Fähigkeitskonzepten* entscheidend zu sein und insofern eine Art ‚sensible Phase' für naturwissenschaftliches Lernen (ähnlich dem Zeitfenster für Lese- und Schreibfähigkeiten) darzustellen (vgl. WDR-Fernsehen 2006). In einer Untersuchung von Lück (2003), bei der Chemie-Studenten nach ihren außerschulischen Motiven, Chemie zu studieren, befragt wurden, gaben 70 % an, das Studium aufgrund ihrer Erfahrungen in der *Vorschulzeit* aufgenommen zu haben. In diesem Alter scheinen sich Kinder äußerst neugierig und motiviert auf die neue und abstraktere naturwissenschaftliche Wissenswelt einzulassen. „Kinder ähneln den frühzeitlichen Naturforschern auch, wenn sie sich ins Detail versenken und vom Detail ausgehend die Welträtsel verstehen möchten […]. Vor der Schule schauen die Kinder noch genau hin. Im Vorschulalter kann man die Begeisterung für Naturwis-

senschaften oder für verwandte Fächer entfachen, weil sie noch so unverbildet sind von der Schule und dem kanalisierten Lernen […]. Sie haben keine Angst, sich zu blamieren […]. Es beginnt mit Staunen, dann folgt die Neugierde, und als die fortgeschrittenste Stufe gilt die Haltung der Aufmerksamkeit." (Elschenbroich 2005, S. 71ff.)

Medina und Holzwarth-Räther (Interviews abgedruckt in Elschenbroich [2005], S. 20 und 216) stellen das Problem naturwissenschaftlichen Unterrichtens in der Sekundarstufe folgendermaßen dar: „Wäre die Pubertät ähnlich folgenreich für den Aufbau von Haltungen des Interesses und den Aufbau des Gedächtnisses, dann wären Jugendliche unser Forschungsfeld […]. Was könnte passieren, wenn…? Im Alter von 13 Jahren ist das den meisten nur noch schnuppe. Verblüfft sein, das wollen sie nicht mehr, das passt nicht mehr in ihr Selbstbild. Und doch, wenn sie es einmal früher erlebt haben, dann lassen sie es vielleicht eher wieder zu."

### 2.1.6. Animistische Präkonzepte

Der Begriff *Animismus* wurde von Jean Piagét der Ethnologie entlehnt und gibt eine kindliche Geisteshaltung wieder, die sich grundlegend vom kindlichen Egozentrismus, dem Gebundensein an eine individuelle Wahrheit, ableitet. *Animistische* oder auch *magisch-animistische Vorstellungen* gehen davon aus, dass alles, was in der Welt geschieht, aufgrund moralischer Prinzipien gewollt und intentional passiert (Pfeifer et al. 1997, S. 163). Nach diesem Ansatz unterscheiden Vorschulkinder nicht zwischen belebten und unbelebten Objekten. Auch Artefakten werden mittels Analogie- und Metaphernbildung eine Seele, Absichten, Wünsche und Handlungen (wie „Das Wasser will den Berg hinunterfließen") zugeschrieben.

Piagét ging davon aus, dass kausal-physikalische Zusammenhänge nicht deshalb ausgeblendet werden, weil das Kind sie nicht akzeptie-

ren will, sondern weil es kognitiv nicht in der Lage ist, die eigene Identität von der Außenwelt abzutrennen und deshalb die Welt immer als Einheit wahrnimmt. Hiernach wird dieses kognitive Stadium im Sinne einer zwingenden Entwicklungsfolge erst durch den Eintritt in die nächst höhere kognitive Stufe überwunden. Der *kindliche Egozentrismus* verhindert hiernach grundsätzlich den Weg zur objektiven, wissenschaftlichen Wahrnehmung von Naturphänomenen. In diesem Sinne beschreiben auch Miramis/Morgane (2007, S.1) die Verwendung von *Animismen*: „Kinder sind noch nicht in der Lage, dass sie Naturphänomene auf naturwissenschaftliche Art erklären können, so schreiben sie die Phänomene höheren Kräften zu.“ Elschenbroich (2005, S. 48) bemerkt in ähnlicher Argumentation: „Ich denke, dass die animistischen oder intentionalistischen Antworten […] Schwundformen von kausalen Erklärungs-möglichkeiten sind […], weil sie mangels Kenntnis der Naturgesetze noch nicht über kausale Erklärungsmöglichkeiten verfügen, greifen sie hilfsweise zu animistischen.“

Aus dem rationalistischen Denkansatz heraus wird angenommen, dass Kinder versuchen, ihnen unbekannte und komplexe Vorgänge zu vereinfachen. Dabei kann es dazu kommen, dass sie entweder in ihren Erklärungen alltägliche und naturwissenschaftliche Vorstellungen miteinander vermischen und so genannte *Hybridvorstellungen* (*Mischvorstellungen*) entwickeln, oder Phänomene der unbelebten Natur durch analoge Vorgänge der belebten und praktisch erfahrbaren Natur zu erklären versuchen und dabei *animistische Vorstellungen* und Erklärungen generieren.

Im Gegensatz zu dieser deterministischen Sichtweise kindlicher Entwicklung räumt Evanschitzky (2007, S2) ein, dass es in Abhängigkeit vom Wissens- und Lernangebot *individuell* und *bereichsspezifisch* zu starken Abweichungen kommen kann: „Was in diesem Zusammenhang klar wird, ist die Individualität dieser Lernvorgänge: Jedes Kind hat seine eigenen Erfahrungen, lebt in seiner persönlichen Umwelt, mit der es

sich auseinandersetzt und wählt eigene Wege für seine weiteren Schritte."

Weiterhin gibt es Ansätze, welche die Verwendung *animistischer Analogien* lediglich als *sprachliches Hilfskonstrukt* betrachten und den Kindern der Modellcharakter dabei bewusst ist (Püttschneider/Lück 2004). Als Grund für die Verwendung von *Animismen* wird einerseits die alltagssprachliche Vertrautheit als auch eine verständnisfördernde und motivierende Wirkung der Hilfskonstrukte gesehen. *Animistische Erklärungen* gefallen den Kindern und sind auch für Erwachsene häufig nahe liegend. Krahn (2005, S. 24) bemerkt ergänzend: „So sind auch die von Piagét beschriebenen Animismen und Finalismen des kindlichen Denkens nicht etwa Ausdruck eines unreifen Intellekts, sondern sie entspringen völlig anderen, nicht in ‚Erwachsenen-sprache' übersetzbaren Anschauungsmustern." Mähler (2006) nimmt an, dass *objektive* und *animistische Sichtweisen* bei Kindern gleichzeitig bestehen: „Es scheint ein besonderes Kennzeichen des Denkens von Kindern im Vorschulalter zu sein, dass eine naturalistische und eine *magisch-animistische* Weltsicht nebeneinander existieren, und dass die Kinder ohne große Mühe zwischen beiden hin- und herpendeln." Krahn (2005, S. 57) geht darüber hinaus davon aus, dass auch bei naturwissenschaftlich gebildeten Erwachsenen naive und wissenschaftliche Vorstellungen koexistieren können: „Vorhandenes Wissen wird also auch nach langer Zeit nicht einfach mit neuem Wissen überschrieben oder dadurch ersetzt; teilweise bleibt es ein Leben lang neben formalem Wissen bestehen." Untersuchungen von Pfeifer et al. (1997, S. 163) bestätigen, dass auch Erwachsene häufig auf *animisierte Vergleiche* zurückgreifen.

Einige Ergebnisse der Vorstellungsforschung der letzten Jahre können als Indiz dafür gewertet werden, dass im frühen Kindesalter *animistische Vorstellungen* nicht (mehr) vorherrschen. So stellen Gruden/Hesse (2006, S. 25) fest, dass Grundschüler mit entsprechendem Vorverständnis häufig bereits über *objektive Vorstellungen* verfügen. „Obwohl

Herbstlaubfärbung und Blattfall noch nicht Unterrichtsinhalt waren, haben alle […] Schüler zu bestimmten Aspekten schon wissenschaftliche Präkonzepte, die stringent und nachvollziehbar erklärt werden." Sie gehen davon aus, dass die emotionale Beteiligung der Kinder ihnen die kognitive Möglichkeit zu eröffnen scheint, über ihren individuellen Bezugsrahmen hinaus naturwissenschaftliche Phänomene zu objektivieren. In diesem Sinne sind Kinder auch in diesem Alter nicht in ihrem Egozentrismus gefangen, sondern bereits weitaus früher als angenommen in der Lage, ihre eigene Wirklichkeit zu überschreiten.

### 2.1.7. Erkenntnistheorien (*Epistomologien*)

Auf metakognitiver Ebene, dem Denken über die ‚Natur der Naturwissenschaften', scheinen Vorschulkinder bereits über entsprechende Erkenntnistheorien zu verfügen. Kircher (1998, S. 225ff.) stellt allerdings fest, dass bisherige Untersuchungen vornehmlich für Schüler der Sekundarstufe vorliegen, für jüngere Kinder entsprechende Erhebungen aber weitgehend fehlen. Zudem geht er davon aus, dass die bestehenden Ergebnisse über erkenntnistheoretische Vorstellungen von Schülern insgesamt als recht vorläufig einzuschätzen sind, da die Untersuchungen methodologisch als auch interpretatorisch mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden seien.

Driver et al. (1996) untersuchten, über welche Arten wissenschaftstheoretischer Überzeugungen Schüler aller Altersgruppen verfügen. Dabei postulieren die Forscher, dass die Ausbildung von sogenannten ‚authentischen' naturwissenschaftlichen Erkenntnistheorien, neben inhaltlichen und methodischen Gesichtspunkten, wohl den wichtigsten Aspekt für eine Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts darstellt. Nur wenn ein entsprechend authentisches Bild der Naturwissenschaften im sozialen Kontext vermittelt werden kann, können die Naturwissenschaften erfolgreich abgebildet und gelehrt werden. Nach den Ergebnissen der Untersuchung können bei Schü-

lern drei qualitativ verschiedene Epistomologien unterschieden werden (Tabelle 3).

| ***phänomenbasierte Erkenntnistheorie*** | ***beziehungsbasierte Erkenntnistheorie*** *(induktiv)* | ***modellbasierte Erkenntnistheorie*** *(hypothetisch-deduktiv)* |
|---|---|---|
| Die reine Beobachtung und Beschreibung des Phänomens steht im Mittelpunkt. | Die Betrachtung der Korrelationen verschiedener Variablen auf das Phänomen steht im Mittelpunkt. | Die Betrachtung kann auch von einer Theorie oder einem Modell ausgehen und wird dann mit den Beobachtungen verglichen. |
| Die Beschreibung des Phänomens wird in direktem Zusammenhang mit der Erklärung gesehen.<br>Die Erklärung ergibt sich direkt aus der Beschreibung des Phänomens. | Beschreibung und Erklärung werden zunächst gesondert betrachtet, allerdings wird die Erklärung im Sinne einer kausalen Generalisierung eindeutig auf die erhobenen Daten zurückgeführt. | Erklärungen werden nicht zwingend auf empirische Daten zurückgeführt.<br>Mehrere potenzielle Erklärungsmodelle werden in Betracht gezogen und auf Konsistenz überprüft. |

Tabelle 3: *Erkenntnistheorien* in Anlehnung an Driver et al. (1996)

Bei Kindern im *Grundschulalter* herrscht hiernach eine *phänomenbasierte Sichtweise* vor. Allein die Beschreibung des Phänomens gibt hierbei die Erklärung für das Phänomen wieder: „Im einfachsten Fall werden sowohl bei Erwachsenen als auch bei Grundschulkindern Erklärungen auf einfache Wenn-dann-Beziehungen reduziert, die lediglich einen Vorgang beschreiben: Wenn ich die Kartoffeln koche, dann werden sie weich.“ (Pfeifer et al. 1997, S. 163). Innerhalb der gesamten *Sekundarstufe* dominiert eine *induktive Sichtweise*, welche die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung als eine Art ‚Problemlösestrategie‘ ansieht, bei der man durch Variation der experimentellen Bedingungen zur Erklärung von Sachverhalten gelangt. „For example, we see students

emphasizing a view in which explanation in science is portrayed as emerging in an inductive way from data, rather than representing scientific explanation as conjectural and hence underdetermined by data.“ (Driver et al. 1996, S. 134)

Die höchste Erkenntnisstufe und gleichzeitig anvisierte Zielsetzung zeitgemäßer naturwissenschaftlicher Bildung stellt hiernach eine Auffassung naturwissenschaftlicher Erkenntnis als Teil einer *gesellschaftlich-sozialen Interaktion* und eines *Abgleichs vorläufiger Theorien* dar (vgl. Kap. 2.4.1.). Nach Driver et al. (1996) ist für derartig *authentisches (hypothetisch-deduktives) Verständnis* der Naturwissenschaften jedoch Bedingung, dass die Schüler zwischen Erklärung und Beweis unterscheiden können. Hiernach lassen sich Erklärungen für naturwissenschaftliche Phänomene nicht zwingend aus experimentellen Beobachtungen ableiten, da diese lediglich ‚Rohdaten‘ für eine vorläufige Erklärung und Theoriebildung liefern können. „It would illustrate how explanations go beyond observations, and that explanation involves an imaginative step or conjecture and, therefore, although explanations should be consistent with available evidence, they do not ‚emerge‘ from the data.“ (Ebd., S. 145)

Aikenhead et al. (1987) bezeichnen diese Version eines naturwissenschaftlichen Realismus als *authentic science*. Diese differenzierte Theorie über die Erkenntnisgewinnung als sozialen und gesellschaftlichen Prozess findet sich allerdings bei weniger als einem Viertel aller 16-jährigen Schüler. Auch bei älteren Schülern herrscht die Meinung vor, dass die Wahrheitsfindung auf einer ‚Aufsummierung naturwissenschaftlicher Fakten‘ beruht. Weitere Untersuchungen (Carey et al. 1989; Ledermann 1992; Meyling 1990) kommen zu einem ähnlichen Ergebnis. Auch sie stellen fest, dass die vorherrschenden Erkenntnistheorien der Schüler insofern als inadäquat zu bezeichnen sind, als diese in einer naiv-realistischen, positivistischen Sicht naturwissenschaftliches Wissen und Modellvorstellungen in der Regel als unzweifelhaft ‚wahre Aussagen‘ über die Welt betrachten.

Die Forschungsergebnisse können zusammenfassend darstellen, dass eine große Mehrheit der Schüler eine *induktive* Sichtweise auf die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung bevorzugt, bei der aufgrund von Beobachtung direkt und kausal auf allgemeingültige Aussagen geschlossen werden kann. Diese Sichtweise unterstützt nach Driver et al. (1996) ein tiefes menschliches Bedürfnis nach Sicherheit und Kontrolle. Weitere Untersuchungsergebnisse legen nahe, dass für das Erreichen einer *deduktiven* Abstraktionsstufe vorwiegend die Lehrerperson, seine Überzeugungen, seine differenzierte Sichtweise und seine Sprache im Sinne eines ‚Lernens am Modell' darüber entscheidet, ob die Lernenden eine differenziertere Epistomologie entwickeln (Munby 1976; Zeider/Ledermann 1989).

### 2.1.8. Präkonzepte und naturwissenschaftliches Verständnis

Nach Barke (2006) manifestieren sich kindliche Präkonzepte bereits vor Schuleintritt zu verhältnismäßig *stabilen* und *robusten Denkmodellen* und *Theorien* – und diese stehen schulisch vermittelten und wissenschaftlichen Konzepten meist konträr gegenüber. Kinder im Vorschulalter stehen hiernach zwischen zwei Welten: Sie haben einerseits *widerstandsfähige Alltagskonzepte* und fixierte Vorstellungen über ihre Welt aufgebaut, andererseits sind sie davon getrieben, sich die neue Welt und ihre wissenschaftlichen Erkenntnisse anzueignen.

Für Gardner (2003) hängt das Maß, wie ein Kind an seinen naiven Vorstellungen festhält und sich weigert, das neue Konzept zu lernen, zunächst von *kognitionspsychologischen Aspekten* ab und lässt sich im Sinne der Äquilibrationstheorie Piagéts erklären. Danach wird das neue Verständnis immer zunächst mit dem bestehenden verglichen. Passt das neue Verständnis mit den vorhandenen Skripts überein, wird es in die alte Vorstellung integriert (*assimiliert*). Widerspricht es den bestehenden Skripts, kann es dazu kommen, dass der Lernende entweder

- die neue Vorstellung annimmt *(Akkomodation)*,
- Mischvorstellungen bildet *(Hybridbildung)*,
- Lernschwierigkeiten zeigt oder
- sich weigert, die neue Vorstellung zu lernen.

Dass der beschriebene Ablöseprozess in der Schule häufig nicht gelingt, belegen nach Gardner die Ergebnisse der Unterrichtsforschung der letzten Jahre, wonach selbst Studenten mit absolviertem fachwissenschaftlichem Studium und guten Noten nicht über ein grundlegendes fachwissenschaftliches Verständnis verfügen. Der Psychologe geht weiterhin von *affektiv-emotionalen Aspekten* für einen Konzeptwechsel aus. Hiernach sind die Kinder zwischen der ‚Sicherheit des Verstehens' und der ‚Unsicherheit des Noch-nicht-Verstehens' hin- und hergerissen. Sobald ein kompliziertes neues Erklärungsmodell für ein Phänomen auftaucht, reagieren sie hiernach zunächst mit Unsicherheit und neigen dazu, ihre bisherigen Vorstellungen zu verwerfen. Stellt sich das neue Konzept dann aber als erfolgreich dar, fühlen sie sich wieder sicher und wenden das neue Konzept an. Je nachdem, ob sie sich ihrer Konzepte gerade sicher oder unsicher sind, werden sie sich bei gleicher Problemstellung entweder auf ihre ursprünglichen oder auf die neuen Konzepte berufen (Gardner 2003, S. 138ff.).

Schlöpke (1991) hält die kindlichen Präkonzepte deshalb für so widerstandsfähig, weil sie häufig *praktische Bedeutung* haben, und es keinen triftigen Grund gibt, diese Anschauungen zu verändern, solange sich die Erscheinungen mit den bisherigen Vorstellungen erklären lassen. Insofern können Alltagsvorstellungen grundsätzlich die Ausbildung wissenschaftlicher Vorstellungen behindern. Schlöpke geht in Übereinstimmung mit Gardner (2003) davon aus, dass einige Schüler ihre ursprünglichen Vorstellungen trotz (guten) naturwissenschaftlichen Unterrichts nicht überwinden: „Oft genug verbirgt sich hinter einer Schülermeinung ein Weltbild, das der Schüler unter Umständen auch gegen den Unterricht zu erhalten trachtet und aufgrund der Lehrer-

meinung nur zurückschiebt, aber nicht überwindet.“ (Schlöpke 1991, S. 6)

Barke (2006, S. 24) betont die *kognitive Verknüpfung* neuer und alter Vorstellungen. „Wenn es versäumt oder bewusst vermieden wird, Verknüpfungen zwischen dieser neu erworbenen Vorstellung und altbekannten Beobachtungen herzustellen, dann bleiben neue Vorstellungen und alte Beobachtungen in unterschiedlichen, nicht verknüpften Bereichen der kognitiven Struktur bestehen – und damit auch die ursprünglichen Vorstellungen.“ Dann beharren Kinder, sobald sie sich einmal für ein Konzept entschieden haben, oft auf einer Einschätzung des Phänomens und lehnen andere Vorstellungen kategorisch ab (z. B. ob ein Objekt lebt oder nicht). Die naive Vorstellung wird häufig sogar dann beibehalten, wenn dem Kind in einem Experiment das Gegenteil bewiesen wird.

Nach Barke (2006) liegt der neuralgische Punkt im Chemieunterricht in der Verknüpfung der Abstraktionsebenen (Abb. 1).

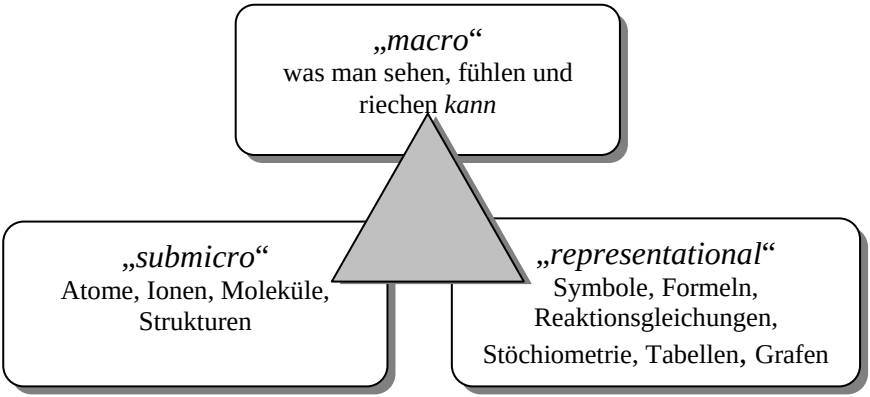



Abbildung 1: *Chemical Triangle* nach Johnstone (abgebildet in Barke [2006, S.31])

Gelingt es im Unterricht nicht, die *submikroskopischen* Vorstellungen vor der modellhaften Abstraktion zu generieren, wird also direkt von der *makroskopischen-phänomenologischen Ebene* auf die *Symbolebene* transferiert, können Schüler häufig keine wissenschaftliche Konzepte entwickeln. „Insbesondere im Chemieunterricht der Sekundarstufe I erscheint der traditionelle Übergang von der *makroskopischen* Ebene direkt auf die *symbolische* Ebene als besonders schwierig und verführt zur Bildung von hausgemachten Fehlvorstellungen." (Ebd., S. 30)

### 2.1.9. Konzeptwechsel

Die bislang mangelhaften Ergebnisse im naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe sowie das rudimentäre Wissen der Schüler haben zur neuen Lernkultur in den Naturwissenschaften geführt, die sich zur Aufgabe gestellt hat, die Übergänge zwischen *naiven* und *wissenschaftlichen Konzepten* möglichst effektiv zu unterstützen, um so nachhaltigeres Wissen vermitteln zu können. Nach Schlöpke (1991) sind Kinder von ihrer Anlage heraus zwar zu abstrakteren Lernformen und Denkleistungen bereit, können aber das tiefere, kulturell und wissenschaftlich geprägte Verständnis nicht von alleine entwickeln. Vor allem Vorstellungen aus dem Bereich der *unbelebten Natur* sind für die Kinder nicht selbst erschließbar. Aus diesem Grund sind sie auf die Hilfe von außerhalb angewiesen. Entsprechend kommt es vor allem beim Übergang von einem stark *explorativ* ausgerichteten Anfangsunterricht hin zu einem *abstrakt-modellhaften* naturwissenschaftlichen Unterricht zu massiven Problemen: „Wenn das frühe Forschen später überlagert wird vom Chemieunterricht, passiert die bekannte Katastrophe." (Interview mit Fischer abgedruckt in Elschenbroich [2005], S. 111)

Zunächst stellt sich die Frage, warum kindliche Konzepte überhaupt aufgegeben werden sollten. Gardner (2003) führt hierfür folgende Argumente an:

- Die Alltagstheorien sind *nicht fachwissenschaftlich*.
- Die Theorien sind *sozial, ethnisch, kulturell beschränkt* und *rudimentär*.
- Die vorhandenen Konzepte umfassen nur *wenige Kategorien* wie Leben, Objekte, Raum und Zeit.
- Kinder, die über weitergehende Konzepte nicht verfügen, können viele *Fähigkeiten und Vorstellungswelten* im späteren Leben *nicht erreichen*.

Die derzeit diskutierten Ansätze und Theorien über eine mögliche Umsetzung des Konzeptwechsels stellen sich nach Dörr (2006, S. 45) äußerst heterogen und häufig unklar theoretisch fundiert dar. Zurzeit dominieren *konstruktivistisch* orientierte Lernansätze und damit verbunden didaktisch-methodische Unterrichtsmodelle. Einig sind sich die Vertreter unterschiedlicher Positionen darin, dass das *Vorverständnis* der Kinder in den Unterricht einzubeziehen ist und eine *Überführung* in, oder zumindest eine *Verknüpfung* mit wissenschaftlichen Vorstellungen erfolgen muss, und dass dieser Wissenszuwachs durch *aktive Konstruktion* erreicht werden soll. Die Tatsache, dass der Erkenntnisprozess eines Lernenden in Abhängigkeit von dessen Vorverständnis steht, wird als *psychologischer Konstruktivismus* bezeichnet (Schlöpke 1991, S. 6). Der Übergang von *naiven* zu *objektiven* Vorstellungen wird allgemein *conceptual change* genannt. Da diese Sichtweise auf einer einseitig *kognitivistischen* Lernvorstellung beruht, wird sie auch als ‚kalte' Konzeptwechseltheorie bezeichnet (Dörr 2006, S. 38).

Insgesamt gibt es kaum Untersuchungen zur Effektivität *konstruktivistischer* Konzeptwechselmodelle. Eine Untersuchung von Lichtfeld erprobten Unterrichts in der Sekundarstufe I und II lässt vermuten, dass ein Lehrgang, der auf Alltagsvorstellungen der Schüler eingeht, größere Konzeptänderungen zulässt als herkömmlich gestalteter Unterricht, doch fehlen noch weitere Vergleichsstudien, die aufzeigen könnten, dass die *konstruktivistische* Konzeptwechsel-vorstellung tatsächlich den herkömmlichen Verfahren überlegen ist. Innerhalb der didaktischen Literatur herrscht kein Konsens darüber, wie eine gelungene

Verknüpfung tatsächlich zustande gebracht werden kann, und ob ein Konzeptwechsel in Form einer ‚*Ablösung*' oder einer ‚*Erweiterung*' bestehender Konzepte vonstattengehen sollte. Die kognitiv orientierten *konstruktivistischen* Ansätze lassen sich entsprechend in Theorien unterteilen, die einerseits von *kontinuierlichen Übergängen* (*conceptual growth*) und andererseits von *diskontinuierlichen Übergängen* (*conceptual change*) ausgehen.

Heutige Ansätze basieren meist auf einer *diskontinuierlichen* Sichtweise. Der Ansatz geht davon aus, dass der Konzeptwechsel nur über einen *kognitiven Konflikt* ausgelöst werden kann und die Alltagsvorstellungen grundlegend revidiert und durch wissenschaftliche Konzepte *ausgewechselt* werden müssen (Duit/von Rhöneck 1996, S. 148). Dabei soll es zu einer *bewussten Konfrontation*, einem *kognitiven Konflikt* zwischen *intuitivem* und *wissenschaftlichem* Verständnis kommen. Die Alltagsvorstellungen müssen dabei von Kind- und Lehrerseite zunächst als solche erkannt, im Unterrichtsgespräch als *unpraktikabel* bewertet und schließlich *überwunden* werden. „Erst wenn Schüler erkannt haben, dass sie mit ihren eigenen Erklärungen nicht weiterkommen, sind sie bereit, den Unterricht des Lehrers nachzuvollziehen und damit neue Denkstrukturen aufzubauen." (Gardner 2003, S. 27) Um den Konzeptwechsel erfolgreich vollziehen zu können, muss der neue Erklärungsansatz dabei weiterreichende und praktische Erklärungsmöglichkeiten bieten als das bisher verwendete Konzept. Duit/von Rhöneck (1996, S. 150 und 329ff.) formulieren folgende Voraussetzungen, die gegeben sein müssen, damit es zu einem Konzeptwechsel kommen kann:

- Die Lernenden müssen mit den bereits vorhandenen Vorstellungen *unzufrieden* sein.
- Die neue Vorstellung muss *logisch verständlich* und *einleuchtend* sein.
- Sie sollte *fruchtbar* sein und sich in neuen Situationen als *erfolgreich* erweisen.
- Die *Diskrepanz* zwischen alltäglichen und wissenschaftlichen Konzepten darf *nicht zu groß* sein.

Schlöpke (1991, S. 40f.) schlägt für den Ablöseprozess einen Lehrgang vor, der die kindlichen Theorien den naturwissenschaftlichen durch entsprechende Experimente gegenüberstellt, beide Theorien problematisiert und schließlich durch den aufklaffenden *Widerspruch* die naive Vorstellung von den Schülern selbst entlarvt. Driver et al. (1985) schlagen eine Vorgehensweise im Sinne eines *Kreisprozesses* vor, bei dem der Lernende nach dem Einbringen der naturwissenschaftlichen Sichtweise immer wieder auf die Ausgangsfrage zurückkommt (Abb. 2).

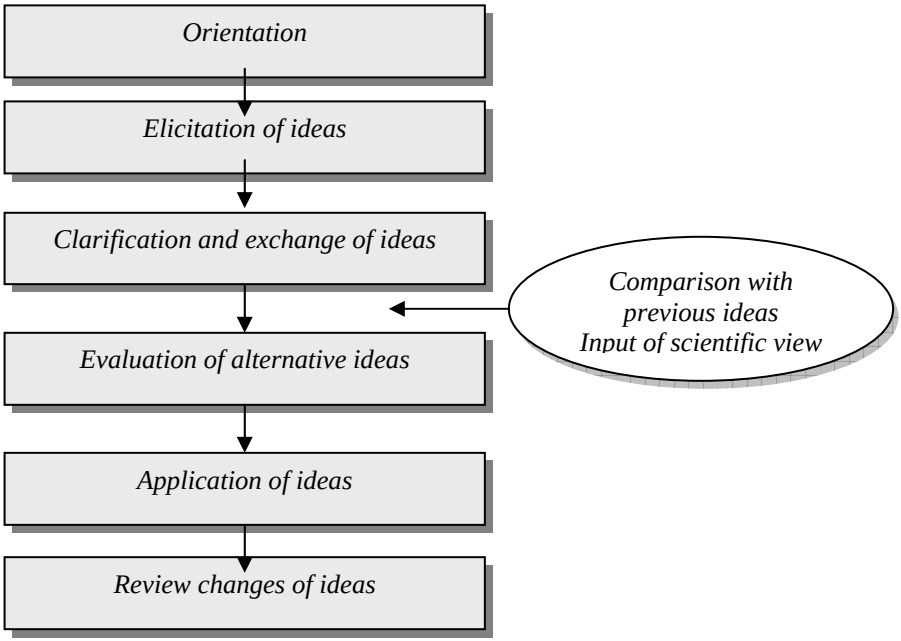



Abbildung 2: Kreisprozess naturwissenschaftlicher Wissensentwicklung in Anlehnung an Driver et al. (1985)

Die *kontinuierliche* Vorstellung betrachtet den Übergang in Form einer *Erweiterung* oder eines *Wachstums* (*enrichment view*) bestehender und grundsätzlich ausbaufähiger Konzepte (Vosniadou 1994). Dabei geht es darum, den Status der wissenschaftlichen Sicht ‚Schritt für Schritt' zu erhöhen und gleichzeitig die naiven Alltagskonzepte zu reduzieren. So stellt Duit (in Duit/von Rhöneck [1996], S. 149) fest, dass ein Erarbeiten der wissenschaftlichen Sichtweise nicht grundsätzlich über die ‚Einsicht der Untauglichkeit' naiver Vorstellungen verlaufen muss, sondern dies auch *kontinuierlich* und *konfrontationslos* über Analogiebildung verlaufen kann.

Niedderer und Schecker (2004, S.258) schlagen eine Vorgehensweise zur Integration des Vorverständnisses vor, bei der sich der Lernende auf einer *hermeneutischen Spirale* von einem Vorverständnis zum nächsten bewegt (Abb. 3):

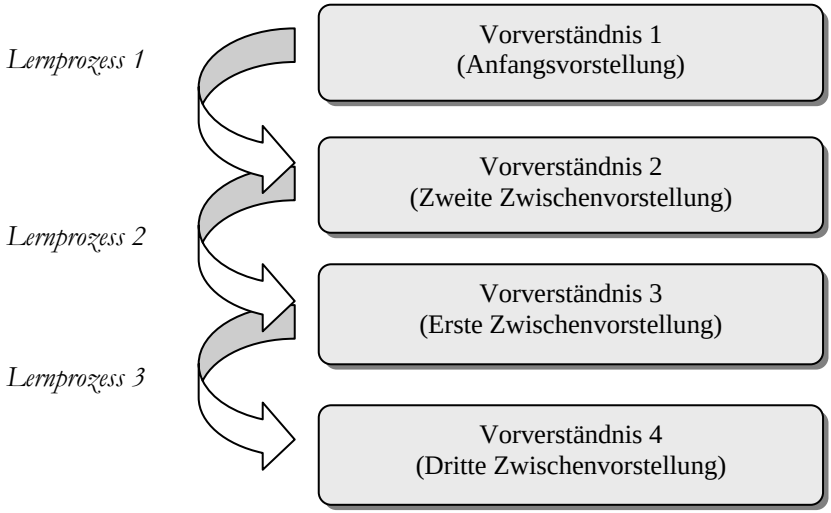



Abbildung 3: Entwicklung eines wissenschaftlichen Verständnisses in Anlehnung an Niedderer & Schecker (2004)

## 2.2. Wissens- und Präkonzeptforschung

### 2.2.1. Wissensforschung

Seit Mitte der 90er-Jahre wurden national und international mehrere Vergleichsstudien zur Ermittlung von Schülerkompetenzen und zum Vergleich der Bildungssysteme verschiedener Länder angesetzt. Die damit verbundenen bildungspolitischen Interessen der Länder waren eine Stärkung des wirtschaftlichen Wachstums, eine Verringerung sozialer Ungleichheit sowie die Förderung der persönlichen und sozialen Entwicklung der Kinder (Bos et al. 2003).

Die ersten Ergebnisse der PISA-Studie (2000) hatten in Deutschland, wie wohl in keinem anderen Land, zu einer tiefen gesellschaftlichen Sinn- und Identitätskrise ähnlich der des ‚Sputnik-Schocks' geführt. Die Befunde schienen zu bestätigen, dass vom deutschen naturwissenschaftlichen Unterricht nicht viel anwendungs- und alltagstaugliches Wissen übrig bleibt und kaum nachhaltig gelernt wird. *Aber wo steht der naturwissenschaftliche Unterricht in Deutschland im internationalen Vergleich tatsächlich? Wissen deutsche Schüler wirklich so wenig und wo liegen die Defizite im naturwissenschaftlichen Unterricht und worauf lassen sie sich zurückführen?*

#### 2.2.1.1. PISA

Die international durchgeführten PISA-Studien (*Programme for International Student Assessment*) fanden zwischen 2000 und 2006 im dreijährigen Zyklus statt und sollen auch in Zukunft fortgeführt werden. Bei jedem bisherigen Durchgang wurde einer der drei gemessenen Kompetenzbereiche vertieft: 2000 die *Lesekompetenz*, 2003 die *Mathematik* und 2006 die *Naturwissenschaften*. Zusätzlich wurde zu jedem Termin ein Zusatzthema (2003 *Problemlösekompetenz*) untersucht. PISA postuliert dabei einen eigenen Bildungsbegriff der so genannten *Literacy* als „das Wissen, die Fähigkeit, die Kompetenzen […], die relevant sind für per-

sönliches, soziales und ökonomisches Wohlergehen“ (OECD 1999). PISA misst Leistungen auf einer willkürlichen Skala mittels *Multiple-choice-Fragebögen*. Der Mittelwert von 500 ergibt sich jeweils aus dem Staatenmittel der Testergebnisse. Ziel der Studie ist es, alltagsrelevante Kompetenzen 15-jähriger Schüler zu ermitteln. Darüber hinaus wurden Informationen zu individuellen Lernstrategien, zur Lernmotivation, zur Wahrnehmung von Schule und Unterricht, zum Umgang mit Informationstechnologien sowie zu Merkmalen des sozialen Lernkontexts ermittelt. In Bezug auf *naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I (15-Jährige)* können dabei folgende Ergebnisse festgehalten werden:

- Die Ergebnisse von 2003 lagen im *internationalen Durchschnitt*. 2004 und 2006 zeigte sich ein *signifikanter Kompetenzzuwachs*, aber auch eine zunehmende *Leistungsstreuung*.

| *PISA* | 2000 | 2003 | **2006** |
|---|---|---|---|
| *Ergebnis (Ø 500)* | 487 | 502 | 516 |
| *Länderranking (von 57)* | 20 | 15 | **11** |

Tabelle 4: Ergebnisse der PISA Studien (*Naturwissenschaften*)
[Quelle: Spiegel Online vom 4. Dezember 2007]

- Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen *Kompetenz* und ausgewählter *Schulform*. Der Kompetenzzuwachs ist nur bei der ohnehin leistungsstärkeren Gruppe, nicht aber innerhalb der Risikogruppe zu beobachten.
- Es lässt sich eine enge Koppelung zwischen *Kompetenz* und *sozialökonomischer* bzw. *kultureller Herkunft* beobachten. Im Jahr 2000 war der Einfluss so groß wie in keinem anderen getesteten Land.
- Schüler mit *Migrationshintergrund* zeigen deutlich *geringere Leistungen*. Dabei erzielten direkt zugewanderte Kinder bessere Leistungen als in Deutschland aufgewachsene Jugendliche. Vor allem die Leistungen türkischer Migrantenkinder lagen weit unterhalb des Schnitts. Der Kompetenzvorsprung beträgt bis zu zwei Jahre.

- Der *sozioökonomischen Status* der Eltern bestimmt maßgeblich die Wahl der *Schulform*, d. h. die Chancen, ein Gymnasium zu besuchen, sind ungleich verteilt.
- *Geschlechtsspezifisch* lässt sich *kein signifikanter Unterschied* zwischen Jungen und Mädchen feststellen.
- Deutsche Schüler hatten besonders bei solchen Aufgaben Probleme, die mentale Modelle erfordern, beim *Umgang mit Formeln* und bei Aufgaben deren Lösung *analytische Schlussfolgerungen* erfordern.

Folgende kritischen Aspekte können in Zusammenhang mit den Untersuchungen aufgezählt werden (Jahnke/Meyerhöfer 2006):

- Die Aufgaben stammen von angelsächsischen und niederländischen Autoren und besitzen eine stark *utilitaristisch* und *alltagsorientierte Vorstellung von Bildung*, welche in diesen Ländern bereits vorherrscht.
- Andere Lernbereiche wie gesellschaftswissenschaftliche oder künstlerisch-musische Bereiche kommen nicht vor, *Bildung wird auf die drei Fachbereiche reduziert*.
- Es gibt in den Aufgabenstellungen kulturell bedingte *Übersetzungsprobleme* aus dem Englischen.
- Das *Testformat* (*Multiple-choice*) ist in manchen Ländern nicht bekannt/üblich. Dies kann sich im Testergebnis niederschlagen.
- Die *Leistungsunterschiede innerhalb eines Staates* (Bundesländer) sind größer als im Staatenvergleich.
- Die Ergebnisse der drei getesteten Bereiche sind *hochkorrelant*, d. h. sie geben in guter Nährung lediglich einen ‚Intelligenztest' wieder.
- Rechnet man den *Einfluss des Migrantenanteils* aus, steht Finnland bei Weitem nicht mehr an der Spitze des Rankings.

#### 2.2.1.2. TIMSS

Innerhalb der TIMSS-Studie (*Third International Mathematics and Science Study*) wurden seit Mitte der 90er-Jahre mathematisch-naturwissenschaftliche Kompetenzen von Schülern unterschiedlichen Alters erhoben (Population I: 4. Klasse, Population II : 7./8. Klasse, Population III : 9./10./13. Klasse). Die Ergebnisse entsprechen weitgehend denen der PISA-Studie. Hier einige zentrale Befunde der TIMSS-Mittelstufenuntersuchung (TIMSS Ergebnisse zur Population II, 2003):

- Die Leistungen Deutschlands liegen im *breiten Mittelfeld.*
- Es zeigen sich starke Leistungsunterschiede zwischen den Bundesländern.
- Das Wissen von Hauptschülern ist deutlich am geringsten ausgeprägt.
- Innerhalb einer Schulform gibt es große *regionale Unterschiede* in den Leistungsniveaus.
- Die kognitiven Grundfähigkeiten variieren stark in Abhängigkeit der Schulform, vor allem zwischen *Haupt- und Realschule* und nicht so sehr zwischen Realschule und Gymnasium (30 % der Realschüler sind oberhalb des Niveaus der Gymnasiasten). Der Leistungsfortschritt von Klasse 7 nach 8 ist äußerst gering.
- Die Leistungen im Fach Biologie sind deutlich besser als in den anderen naturwissenschaftlichen Fächern. Die Leistungen in Physik sind bei Jungen deutlich besser.
- Das Selbstkonzept bezüglich schulischer Leistungsfähigkeit ist verhältnismäßig hoch.
- Die Lernmotivation befindet sich auf mittlerem Niveau.
- Es lässt sich im Laufe der Schulzeit ein abnehmendes Interesse an den Naturwissenschaften beobachten.

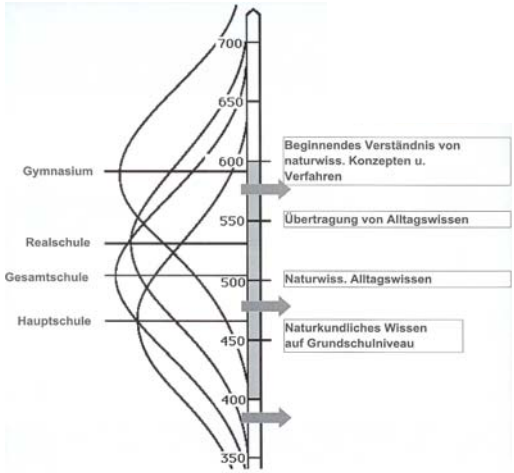



Abbildung 4: Leistungsverteilung innerhalb der Schulformen in den *Naturwissenschaften* Ende der 8. Klasse (TIMSS Ergebnisse zur Population II, 2003)

Innerhalb der TIMMS-III-Studie wurden die Leistungsunterschiede zwischen *Schulabgängern* der verschiedenen Schularten verglichen. Es zeigte sich, dass die Leistungsschere zwischen den Schulformen hier noch weiter auseinanderklafft.

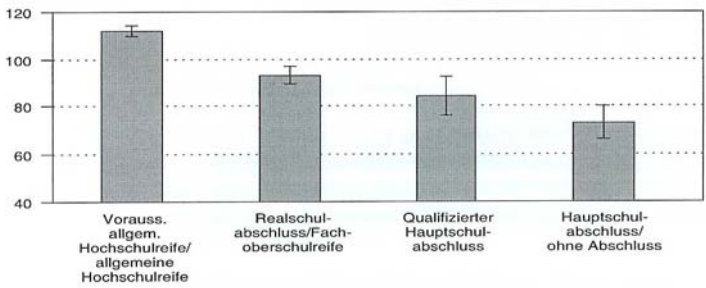



Abbildung 5: Mathematisch-naturwissenschaftliche Grundbildung nach entsprechendem Schulabschluss (Baumert et al. 2000, S. 31)

#### 2.2.1.3. IGLU-E

Da Deutschland an der TIMSS-Grundschulerhebung 1995 nicht teilnahm, wurde im Sinne einer nationalen Erweiterungsstudie zur Erfassung *mathematisch-naturwissenschaftlicher Kompetenzen* 2001 die IGLU-E- Studie durchgeführt. Die überwiegende Mehrheit des 49 Aufgaben umfassenden Fragekatalogs wurde der TIMSS- und CROSSTEL- Studie entnommen. Nur ein Drittel der Aufgaben wurde explizit ‚lehrplanbezogen' eingestuft. Entsprechend liefern die Testergebnisse lediglich Informationen über allgemeine naturwissenschaftliche Kompetenzen und spiegeln nur bedingt Leistungen bezogen auf die deutsche Schulpraxis und die deutschen Lehrpläne wieder. Die Ergebnisse der nationalen Untersuchung wurden nachträglich in die bereits vorliegenden Ergebnisse der TIMSS-Studie integriert. Als Eckpunkte können folgende Resultate zusammengefasst werden (aus Bos et al. 2003):

- Alle *Leistungen der Grundschüler* liegen in allen untersuchten Gebieten (Leseverständnis, Mathematik, Naturwissenschaften) *weit über dem internationalen Durchschnitt*, vor allem in Baden-Württemberg. Die Ergebnisse sind deutlich besser als die der Sekundarstufe.
- Die *Leistungsstreuung* ist verhältnismäßig gering, allerdings sind die Ergebnisse von *Bundesland zu Bundesland* in Abhängigkeit vom *sozialen Status* recht unterschiedlich. Kinder mit *Migrationshintergrund* verfügen über *deutlich weniger Kenntnisse*.
- Die Koppelung der Leistungen an die *soziale und kulturelle Stellung der Eltern* ist in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern stärker ausgeprägt, allerdings beträgt sie nur die Hälfte des Einflusses in der Sekundarstufe I.
- Das *Interesse und die Motivation* im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichen Themen sind groß.
- *Mädchen* schneiden etwas schlechter ab als Jungen.
- Schüler erhalten bei gleichen Kompetenzen sehr unterschiedliche Noten und *Empfehlungen auf weiterführende Schulen*.
- Es finden sich Hinweise, dass Kinder auf Wissen zurückgreifen, das sie sich vermutlich *außerhalb der Schule* angeeignet haben.

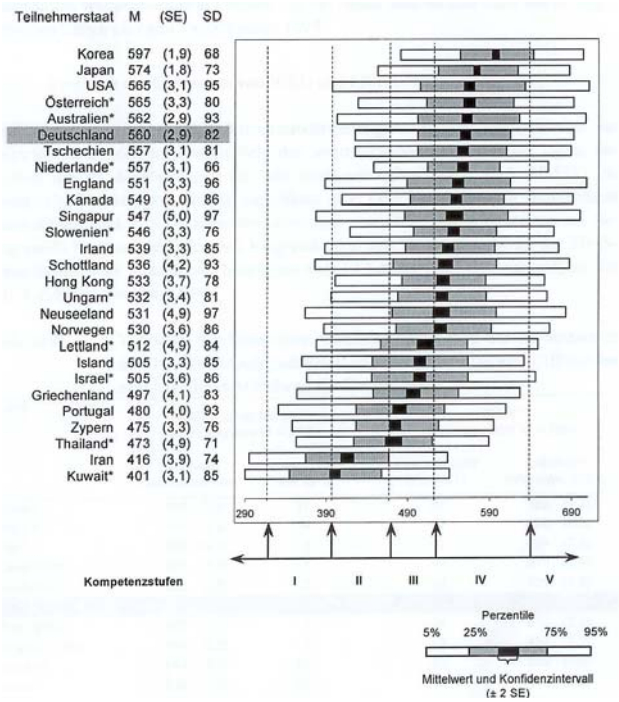



Abbildung 6: Naturwissenschaftsleistungen **Ende der 4. Klasse** im internationalen Vergleich (Bos et al. 2003, S. 22)

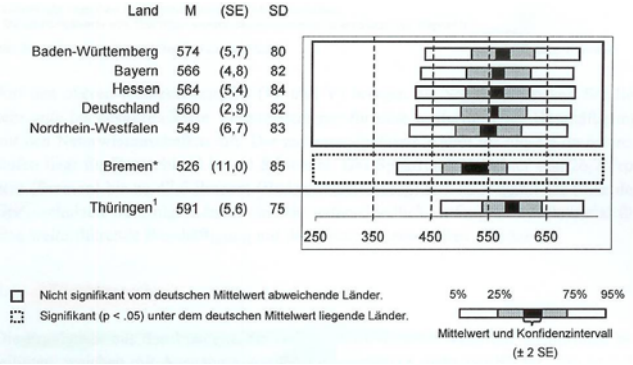



Abbildung 7: Naturwissenschaftsleistungen am **Ende der 4. Klasse** für einige Bundesländer (Bos et al. 2003, S. 14)

Zusammenfassend lassen sich folgende Ergebnisse festhalten:

- Wesentliche Kompetenzdefizite treten erst nach der Grundschulzeit auf und nehmen in der Sekundarstufe I zu.
- Es gelingt der Grundschule deutlich besser, heterogene Lerngruppen zu fördern, größere Lernfortschritte zu erzielen und eine hohe Lernmotivation zu erreichen.
- Was auf der Ebene der Grundschule nicht gelingt, kann in der Sekundarstufe nicht mehr kompensiert werden.
- Es gelingt in unserem Bildungssystem nicht, Kinder nach *Leistung* in unterschiedliche Schulformen zu verteilen.
- Es bleibt offen, welche Faktoren für das deutlich schlechtere Leistungsniveau in der Sekundarstufe verantwortlich sind.

Für den Stand deutscher Grundschulen bedeutet dies zusammengefasst: *„Das erkennbare gute naturwissenschaftliche Potential am Ende der Grundschulzeit wird bisher noch viel zu wenig genutzt und weitergeführt. Wie die Befunde aus IGLU zeigen, sind Grundschulkinder sehr wohl in der Lage, naturwissenschaftliche Sachverhalte zu begreifen und naturwissenschaftlich zu denken. Kräftig zu unterstreichen ist außerdem, dass die Schülerinnen und Schüler am Ende der Grundschulzeit insgesamt aufgeschlossen und interessiert den Naturwissenschaften gegenüberstehen.“*
(IGLU-Information 2003, S. 25)

### 2.2.2. Präkonzeptforschung

Untersuchungen zu naturwissenschaftlichen Präkonzepten im Primar- und Elementarbereich gibt es verhältnismäßig wenige. Bislang liegen lediglich Untersuchungen zu spezifischen Erscheinungen oder fachspezifischen Themenbereichen vor. Unter den Untersuchungen über kindliche Präkonzepte dominieren nach Duit (1997) Erhebungen zu physikalischen Themen (66 %), gefolgt von biologischen Phänomenen (20 %) und schließlich Erhebungen zu chemischen Inhalten (14 %). Strunk (1999, S. 200) kommentiert die Situation speziell der stoffkundlichen didaktischen Forschung folgendermaßen: „Insgesamt

besteht aber zu der Frage, ab welchem Alter ein erster stoffkundlicher Unterricht angemessen ist, noch großer Forschungsbedarf.“ In den folgenden Abschnitten soll versucht werden, die Untersuchungsbefunde der letzten Jahre zu phänomenspezifischen naturwissenschaftlichen Präkonzepten darzulegen. Der Überblick erhebt nicht den Anspruch auf Vollständigkeit. Die bislang umfassendsten Erhebungen zu kindlichen naturwissenschaftlichen Vorstellungen fanden dabei im englischsprachigen Raum statt (Carey 1991; Driver et al. 1996).

#### 2.2.2.1. Biologische Präkonzepte

*Leben*

Kinder können früh zwischen Lebewesen und Artekfakten unterscheiden. Dabei scheint in der Einschätzung, ob Objekte leben oder nicht, das Kriterium der *Bewegung* maßgeblich zu sein. Objekte, die sich von selbst bewegen (*selbstinitiierte Bewegung*), werden von Kindern bereits im Alter von etwa sieben Monaten in der Regel als ‚lebend‘ eingestuft (Carey/Gelman 1991). Für Säuglinge sind für die Einstufung als Lebewesen darüber hinaus Körpermerkmale wie *Kopf* oder *Augen* bedeutsam. Die letztgenannten Merkmale scheinen bei älteren Kindern nicht mehr wesentliches, konstituierendes Kriterium für eine Einstufung als Lebewesen zu sein (siehe Ergebnisteil). Drei- bis vierjährige Kinder wissen darüber hinaus, dass Phänomene wie Ernährung, Atmung, Wachstum, Schlafen und Heilung nur bei Lebewesen und nicht etwa bei Gegenständen vorkommen (Mähler 2006).

Prototyp allen Lebens ist der *Mensch*. Lebewesen, die sich ähnlich sind, werden grundsätzlich auch ähnliche Eigenschaften zugesprochen. Je mehr ein Lebewesen einem Menschen ähnelt, desto eher werden ihm entsprechende Eigenschaften des Lebens zugesprochen. Im Gegensatz zu *Artefakten*, die von Kindern primär nach *funktionalen* Merkmalen

klassifiziert werden, ist aus Untersuchungen bekannt, dass *Lebewesen* hauptsächlich nach *strukturellen*, d. h. inneren und äußeren Merkmalen, klassifiziert werden (Müller 2005, S. 159). Inagaki/Hatano (1996) können darstellen, dass es bereits Fünfjährigen gelingt, kategorial zwischen Lebewesen und Artefakten zu unterscheiden. Sie können dabei auch Merkmale wie *Wachstum*, *Atmung*, *Reproduktion*, *Sterben* und *Essen* belebten Objekten zuweisen.

*Tiere*

Bereits Säuglinge können mit Tieren besonders gut Kontakt aufnehmen und sie als Lebewesen erkennen. „Kinder geraten im Umgang mit Haustieren in eine Haltung von entspannter Konzentration, ‚quiet alert', haben es die Säuglingsforscher genannt […]. Wenn Kinder von Tieren sprechen, ist ihr Vokabular reichhaltiger […]. Manche existentiellen Erfahrungen machen in der Kindheit nur die Haustiere sichtbar; Geburt und Tod sind dem Anblick von Kindern sonst verborgen." (Elschenbroich 2005, S. 91f.). Wilson nennt diese enge Beziehung zu Tieren *Biophilie* (Wilson 1984). Darüber hinaus werden Tieren menschliche Eigenschaften wie Wünsche und Pläne zugeschrieben. „Wenn Kinder etwas erfahren über die Varianten des Verhaltens bei anderen Lebewesen, lernen sie sich als Menschenkinder erkennen und entwickeln einen Begriff von menschlichen Verhaltensmustern. Kinder projizieren ihre Erfahrungen auf Tiere." (Elschenbroich 2005, S. 94)

*Pflanzen*

Pflanzen werden häufig als *unbelebt* eingestuft, da sie sich scheinbar nicht *bewegen*. Dabei wird dem *äußeren Eindruck* von Bewegung mehr Beachtung geschenkt als der inneren Struktur, also der Fähigkeit zu wachsen. Trotzdem scheinen Kinder in diesem Alter zu wissen, dass

Pflanzen wachsen. Die Tatsache wird darauf zurückgeführt, dass die dazu notwendige Masse durch die Wurzeln aufgenommen wird. Eine Massezunahme durch die umgebende Luft liegt außerhalb des Vorstellungsvermögens der Kinder (Driver et al. 1996, S. 2).

*Fortpflanzung und Vererbung*

Vier- bis Fünfjährige wissen bereits, dass Babys in Müttern heranwachsen. Sie erwarten, dass Kinder den Eltern ähnlich sehen und bestimmte Eigenschaften teilen. Es ist ihnen bewusst, dass sich körperliche Merkmale im Verlaufe des Lebens nicht verändern lassen. Allerdings können sie erst mit sechs bis sieben Jahren zwischen Verwandtschaft und Bekanntschaft unterscheiden und beispielsweise zwischen den Merkmalen eines leiblichen und adoptierten Kindes differenzieren. In diesem Alter sind sie sich über die Geburt als kausale Bedingung für die Festlegung körperlicher Merkmale bewusst (Solomon/ Aikenhead 1996).

Über Sexualität ist das Wissen in diesem Alter noch äußerst rudimentär und beschränkt sich auf die biologische Differenzierung zwischen Mann und Frau, Junge und Mädchen. Allerdings verfügen Kinder bereits über erste Konzepte von Verwandtschaft und Vererbung insofern, als sie erkennen können, dass gewisse Eigenschaften von Lebewesen weitergegeben werden und dadurch, dass Babys dem Bauch der Mutter entspringen, auch verwandt sein müssen (vgl. Fried 2005). Das Interesse an Themen wie Geburt und Sexualität ist in diesem Alter sehr stark ausgeprägt. „Geschlechtsakt, Herztöne, Geburtsvorgänge, ganz realistisch. Da sind alle, auch die Halbwüchsigen, auch die Herren der Schöpfung, still davor gestanden. Das Heranwachsen eines Fötus hatte etwas mit ihrem Leben zu tun.“ (Elschenbroich 2005, S. 85)

*Anatomie*

Kinder im Vorschulalter besitzen nur anfängliche Vorstellungen und Kenntnisse über interne Körpermerkmale und -funktionen. Sie kennen Muskeln, Knochen und Gehirn, können aber in der Regel physiologische Phänomene und Funktionen nicht deuten (Fried 2005, S. 35). So wissen die meisten Kinder unter neun Jahren nicht, dass sie eine Lunge haben und was mit der eingeatmeten Luft geschieht (Carey/ Gelman 1991).

*Ökologie*

Vier- bis Sechsjährige verfügen nach Fried (2005) bereits über differenzierte Wissensstrukturen zur Umwelt wie über Konzepte des Umwelthandelns, ökologische Konzepte, Naturschutzeinstellungen und Naturschutzbegründungen. Außerdem besitzen sie Kenntnisse über umweltgefährdende Einflüsse und Maßnahmen zum Umweltschutz. „Allerdings haben selbst Fünf- bis Sechsjährige Probleme zu durchschauen, woher genau die Gefahr rührt, die von diesen Phänomenen ausgeht […]. [Sie] durchschauen […] noch nicht, worin der Zweck und Nutzen dieser Maßnahmen letztlich besteht.“ (Ebd., S. 38)

#### 2.2.2.2. Physikalische Präkonzepte

Das Erkennen physikalischer Zusammenhänge ist von Geburt an existenziell, um sich in einer physischen und auch stofflichen Welt zurechtzufinden. So sind physikalische Begriffe oftmals auch Voraussetzung zum Verständnis chemischer Vorgänge. Physikalische Präkonzepte stellen somit die Basis für ein Verständnis chemischer Zusammenhänge dar. Dem *Erhaltungs- oder Invarianzdenken* (Substanz-, Masse- und Volumenkonstanz) kommt dabei eine zentrale Stellung innerhalb der physikalisch-chemischen Konzeptbildung zu. Heute geht man da-

von aus, dass Grundprinzipien physikalischen Denkens bereits angeboren sind.

*Materie*

Bereits drei Monate alte Babys können Objekte danach unterscheiden, ob sie solide sind (*Solidität*). So gehört die ‚Berührbarkeit' zu den ersten Kategorien, nach denen sie Objekte von Nicht-Objekten unterscheiden. Weiterhin wissen sie, dass sich solide Objekte nur über physischen Kontakt gegenseitig beeinflussen können. Im Alter von viereinhalb Monaten können sie *Sehen und Greifen* eines Gegenstands *koordinieren*. Kurz danach, mit etwa sechs Monaten, entwickeln sie den Sinn für die *Größenkonstanz*, die Fähigkeit, unterschiedlich große Objekte aus verschiedenen Perspektiven dauerhaft zu unterscheiden. Im Alter von etwa sieben bis acht Monaten können sie dann Objekte danach beurteilen, ob sie überdauernd und mit festen Objektgrenzen existieren (*Objektpermanenz*). D. h. sie beginnen nach Gegenständen zu suchen, die, nachdem sie sie einmal gesehen haben, entwendet wurden. Am Ende dieser von Piagét bezeichneten ‚sensumotorischen Phase' entwickeln sie Kategorien darüber, ob Objekte sich *bewegen*, *nicht bewegen* oder *bewegt werden* (vgl. Piagét/Inhelder 1973, S. 37ff.). „Schon vor Abschluss des ersten Lebensjahres besitzen sie grundlegendes Wissen über Statik, Gravitation und Trägheit." (Koerber 2006)

Kinder im Alter von vier bis fünf Jahren (präoperationale Phase) unterscheiden Objekte noch nicht nach den wissenschaftlichen Kategorien *materiell* und *immateriell*. Sie halten Phänomene wie Elektrizität, Temperatur, Echo oder Schatten in der Regel für *materielle* Größen. Diese Neigung, immaterielle Phänomene zu verdinglichen, nennt man ‚kindlichen Realismus'. Weiterhin kategorisieren Kinder in diesem Alter eher nach der *Funktion* eines Gegenstands als nach dessen *stofflicher Beschaffenheit*. Dahinter steckt die kindliche Vorstellung, dass alles von Menschen nach rationalen Plänen und zum eigenen Nutzen geschaf-

fen wurde (*Artifizialismus*). Außerdem werden Geschehnisse häufig als *beabsichtigt* und *zweckgerichtet* (*Finalismus*) interpretiert (Krahn 2005, S. 13).

Bei der Einschätzung, ob etwas *materiell* oder *immateriell* ist, gibt es bei Kindern individuell recht unterschiedliche Kriterien. Ein Aspekt dabei scheint zu sein, ob ein Objekt sich mit mindestens *zwei Sinnen wahrnehmen* lässt oder ob es *erfahrbare, physische Auswirkung* hat. Weiterhin sind Kinder in diesem Alter in der Lage, zwischen *natürlichen* und *hergestellten* Objekten zu unterscheiden (Dickinson 1987; Driver et al. 1996; Carey 1991, S. 276ff.).

| | 4 Jahre | 6 Jahre | 8 Jahre | 10 Jahre |
|---|---|---|---|---|
| Auto, Baum, Styropor | 93 % | 96 % | 91 % | 100 % |
| Sand, Zucker | 65 % | 94 % | 95 % | 100 % |
| Kuh, Wurm | 55 % | 81 % | 95 % | 100 % |
| Cola | 30 % | 88 % | 100 % | 100 % |
| Wasser | 40 % | 25 % | 90 % | 100 % |
| Gelöster Zucker | 63 % | 63 % | 55 % | 88 % |
| Dampf, Rauch, Luft | 20 % | 25 % | 30 % | 61 % |
| Elektrizität | 40 % | 75 % | 73 % | 63 % |
| Hitze, Licht | 30 % | 38 % | 41 % | 31 % |
| Echo, Schatten | 25 % | 25 % | 9 % | 13 % |
| Wunsch, Traum | 5 % | 19 % | 5 % | 13 % |

Tabelle 5: Beurteilung von Gegenständen als *materiell* nach Carey et al. (1991)

Die eigentliche physikalische Begriffsbildung verläuft nach Piagét/Inhelder (1973, S. 102ff.) erst innerhalb der *konkret-operationalen* Entwicklungsphase im Alter zwischen sieben und zwölf Jahren in verschiedenen Stufenfolgen, sogenannten *Erhaltungs- oder Invarianzstufen*. Als erste Stufe, im Alter von sieben bis acht Jahren, wird das Prinzip der *Substanzerhaltung* (*Substanzinvarianz),* mit neun bis zehn Jahren das Prinzip der *Masseerhaltung* (*Masseinvarianz)* und schließlich im Alter von elf bis zwölf Jahren das Prinzip der *Volumenerhaltung* (*Volumeninvarianz)* erfasst.
*Masse*

Die Masse ist für Kinder im Alter von etwa neun bis zehn Jahren noch keine grundlegende Eigenschaft der Materie. Bis zu diesem Alter beruht die Beurteilung der Masse eines Gegenstands auf dem *gefühlten Gewichtseindruck*, ist also jeweils *situationsabhängig*. Vorschulkinder und Grundschüler besitzen entsprechend noch keine Vorstellung der *Massekonstanz (Masseinvarianz)*, d. h. weder davon, dass nach äußerlich-physischen Veränderung (teilen, verformen, umgießen) noch durch innerlich-stofflicher Veränderung (erwärmen, schmelzen, verdampfen) die Masse eines Gegenstands *konstant* (*invariant*) bleibt (Galili/Bar 1997, S. 323ff.; Driver et al. 1994, S. 77). Der Grund kann darin gefunden werden, dass sich Kinder in ihrer Beobachtung nur auf jeweils einen Aspekt, den *Ausgangs-* und den *Endzustand*, konzentrieren können und dass sie die manipulierende Handlung (z. B. verformen oder erwärmen) nicht wahrnehmen. In der Praxis bedeutet dies, dass

- auf *kleinere Portionen oder auf eine größere Fläche* verteilte Substanzen häufig als leichter eingeschätzt werden als große Portionen oder kompakt erscheinende Substanzen.
- Flüssigkeiten aufgrund ihrer *Fließfähigkeit (gefühlter Gewichtseindruck)* grundsätzlich als leichter als die entsprechenden Feststoffportionen eingestuft werden. Gasen (Luft) wird eine *innewohnende Leichtigkeit* zugesprochen, da auch hier der gefühlte Gewichtseindruck als geringer empfunden wird.
- *wärmere Stoffe* bei Kindern dieses Alters in der Regel als leichter gelten als gleichartige kältere Substanzen. Kalten Stoffen wird ein *Zug nach unten* und warmen Stoffen ein *Zug nach oben* zugesprochen.

Im Zusammenhang mit dem Verständnis der stofflichen *Zustandsformen* treffen alle naiven Konzepte aufeinander: So werden Flüssigkeiten einerseits aufgrund ihrer größeren *Verteilung/Fläche* und ihres *gefühlten Gewichtseindrucks* als leichter eingeschätzt. Darüber hinaus werden Flüssigkeiten, die durch Schmelzen des entsprechenden Feststoffs (z. B. Schokolade) gewonnen wurden, auch aufgrund ihrer größeren *Wärme* als leichter eingestuft. Im Verlauf der kindlichen Entwicklung im Grundschulalter wird das Prinzip der *Massekonstanz* zunächst im Zusammenhang mit der äußerlichen Verformung, dann erst im Zusam-

menhang mit dem Schmelzvorgang und schließlich beim Verdunsten erschlossen. Erst ab einem Alter von etwa neun Jahren verstehen Kinder in der Regel das Prinzip in sämtlichen Zusammenhängen (Koerber 2006; Galili/Bar 1997, S. 324; Carey/Gelman 1991, S. 278). Die Ergebnisse zum kindlichen Invarianzdenken und dessen Erschließungsstufen können wie folgt zusammengefasst werden:

| Alter der Erschließung | Invarianzstufe | kindliche Beurteilungskriterien vor Erreichen der Invarianzstufe |
|---|---|---|
| 7-8 Jahre | *Substanzinvarianz* | Eine Substanz kann erscheinen und wieder verschwinden. |
| 9-10 Jahre | *Masseninvarianz* | |
| | Verformung/ Verteilung | Je größer die Fläche und je kleiner ein Gegenstand, desto leichter ist er. |
| | Wärme | Je kälter ein Gegenstand ist, desto leichter ist er. |
| | Zustände | Je solider ein Gegenstand ist, desto schwerer ist er. Je flüssiger ein Gegenstand ist, desto leichter ist er. Gasförmige Stoffe besitzen eine intrinsische Leichtigkeit. |
| 11-12 Jahre | *Volumeninvarianz* | Je höher das Gefäß, desto größer sein Volumen. |

Tabelle 6: Entwicklung der *Invarianzstufen* von Materie

Heute geht man davon aus, dass dieser Erkenntnisprozess nicht von alleine, rein kognitiv oder in Sprüngen stattfindet. „Es ist also nicht so, dass ein allgemeines Nicht-Invarianzdenken bezüglich der Masse schlagartig und umfassend durch Erreichen einer höheren kognitiven Stufe abgelöst würde […], sondern dass sich Fortschritte hauptsächlich durch Akkumulation neuer Körpererfahrungen oder physikali-

schem Wissen ergeben.“ (Strunk 1998, S. 94). Außerdem muss man berücksichtigen, dass sich naive kindliche Konzepte bei Kindern recht unterschiedlich entwickeln und gleiche physikalische Phänomene von Kindern zum Teil recht unterschiedlich erklärt werden können.

*Dichte/Auftrieb*

Ein Verständnis von Dichte und Auftrieb kann erst dann erfolgen, wenn ein Verständnis für die *Masse-* und *Volumenkonstanz* vorliegt. Hierfür sind die Fähigkeit zu höheren kognitiven Operationen wie *hypothetisch-deduktives* Denken und auch höhere mathematische Fähigkeiten Voraussetzung (*abstrakt-operationale Phase*). Kinder im Vorschulalter sind hierzu nicht fähig (Klewitz 1989). Zwar kann man davon ausgehen, dass sie über ein intuitives Dichtekonzept verfügen, doch unterscheiden sie in der Regel noch nicht zwischen Dichte und Gewicht eines Körpers. Innerhalb enger Grenzen sind sie zwar fähig, Gewicht und Volumen gegeneinander in Bezug zu stellen, aber es gelingt ihnen bis zu einem Alter von etwa zwölf Jahren nicht, unterschiedliche Gegenstände nach Dichte zu ordnen (Carey 1991, S. 270ff.).

Vorschulkinder geben als Ursache, warum Gegenstände schwimmen können, in der Regel an, dass sie ‚Luft‘ enthalten (Klewitz/Mitzkat 1978). Dabei betrachten sie Schwimmen und Schweben (Tauchen) als zwei grundsätzlich verschiedene Phänomene. Eine Begründung dafür, dass Gegenstände schwimmen, kann nicht geleistet werden, da dies ein grundlegendes Verständnis von Auftrieb und Dichte voraussetzt (Driver 1994a, S. 78; Piagét/Inhelder 1975).

*Mechanik/Weltbild*

Eines der Konzepte, die Kinder früh entwickeln, sind Vorstellungen, ob Objekte *beweglich* sind oder nicht, dass eine einwirkende *Kraft* zur Zunahme des sichtbaren Ergebnisses führt und dass Objekte sich in

der Bahn weiterbewegen, in die sie gelenkt wurden. Man geht heute davon aus, dass das *Geschwindigkeitskonzept* sehr früh erworben wird. Im Alter von fünf Jahren verfügen Kinder bereits über ein Verständnis der Beziehung *Zeit und Geschwindigkeit*.

Nach Barke (2006) erwerben Kinder und Jungendliche zunächst ein *ptolemäisches* Weltbild, in dem die Erde den Mittelpunkt darstellt und die Sonne sich um die Erde dreht. Barke führt weiterhin an, dass sich Kinder nur äußerst schwer von dieser Vorstellung trennen können, um schließlich eine *heliozentrische* Weltvorstellung zu entwickeln (ebd., S. 22f.). Visniadou (1992) geht davon aus, dass gegen Ende des Grundschulalters die kindlichen Vorstellungen über die Erde denen von Erwachsenen entsprechen. Danach glauben Kinder häufig, dass es die Erde zweimal gibt, eine flache Scheibe, auf der wir leben, und eine Kugel im Weltall, die auch Erde heißt. Hiernach besitzen erst ältere Kinder die Vorstellung, dass es dank der Schwerkraft möglich ist, auch kopfüber auf der Oberfläche einer Kugel zu leben. „Eine neuere Studie aus Deutschland zeigt jedoch, dass es Kindern mittlerweile ab der zweiten Grundschulklasse gelingt, wissenschaftlich anerkannte Modellvorstellungen von der Erde zu entwickeln.“ (Krahl 2005, S. 48).

#### 2.2.2.3. Chemische Präkonzepte

Im Vergleich zur Gesamtheit der Untersuchungen über kindliche Vorstellungen sind Erhebungen zu chemischen Präkonzepten im Vergleich zu den anderen naturwissenschaftlichen Domänen weit unterrepräsentiert (Duit 1997). „Als Ergebnis dieser Studien zu Vorstellungen über chemische Phänomene zeigt sich immer wieder, dass die Kenntnisse der Kinder mit steigendem Alter durchaus zunehmen. Es handelt sich hier aber nicht um eine lineare Entwicklung, was die Aussagen über kindliche Fähigkeiten auf dem Gebiet der Chemie sehr schwierig macht. Zum einen gibt es Untersuchungen, die von Er-

wachsenen berichten, die Verbrennung […], eine Phasenänderung […], die Löslichkeit von Stoffen oder die chemische Reaktion nicht unter der Verwendung adäquater Theorien deuten können […]. Zum anderen gibt es Studien, die von erstaunlichen Fähigkeiten von Vorschulkindern berichten.“ (Krahl 2005, S. 49)

*Teilchenvorstellung*

Atomistische Vorstellungen können von Menschen nicht selbstständig erarbeitet werden. Sie werden *kulturell vermittelt* (Strunk 1999, S. 118). Nach Untersuchungen mit Kindern in der fünften und sechsten Klassenstufe verfügen diese über eine *kontinuierliche Vorstellung* von Materie, d. h. sie stellen Substanzen aller Aggregatzustände grundsätzlich durch Schraffierung dar. „Im Allgemeinen verfügen Kinder ohne einen diesbezüglichen Unterricht nicht über ein Teilchenkonzept und entwickeln ihre ursprünglichen Vorstellungen allein auf der Grundlage von Eigenschaften verschiedener bekannter Stoffe und Materialien bzw. deren Veränderungen.“ (Barke 2006, S. 32)

Weitere Untersuchungen in siebten und achten Klassen zeigten, dass in diesem Alter bereits auch *diskontinuierliche Punktedarstellungen* vorhanden sind (Pfundt 1981). Die Wahl *kontinuierlicher* bzw. *diskontinuierlicher* Darstellungen scheint dabei relativ willkürlich zu sein. „[…] Lernende scheinen kein Problem damit zu haben, dass in einem Fall kleinste Teilchen existieren, im anderen Fall nicht.“ (Barke 2006, S. 68) So können kleinste Teilchen in der Vorstellung von Kindern entstehen oder verschwinden. Das Teilchenkonzept wird dabei nicht konsistent angewandt.

Weiterhin verfügen viele Kinder über einen *makroskopischen Atomismus*, nach dem die kleinsten Teilchen über dieselben Eigenschaften verfügen wie der makroskopische Stoff (Löffler 1992, S. 97). Driver et al. (1994) kommen zu dem Schluss, dass ein Teilchenkonzept in Form

einer *Granularhypothese* sich nicht vor acht bis neun Jahren ausbilden kann. Untersuchungen von Pfund (1981, S. 7) können darlegen, dass Schüler aus Platzgründen ‚Quadrate' als Teilchenmodelle für Teilchen den üblichen ‚Kreisen' vorziehen. Befunde zu Vorstellungen der *Verteilung von Luft* nach Entzug oder Erwärmen legen nahe, dass Kinder über ein Konzept der Teilchenbewegung nicht verfügen, und Luftteilchen deshalb nicht absinken, weil Luft in der kindlichen Vorstellung ein *aktives Agens* darstellt, das im Stande ist, sich selbst zu tragen (Novick/Nussbaum 1978, 1981; Benson et al. 1993).

*Feststoffe und Flüssigkeiten*

Stavy/Stachel (1985) zufolge stellen Metalle wie *Eisen* oder *Stahl* den Prototyp aller *Feststoffe* für Kinder im Vorschulalter dar. Dabei scheinen einerseits die *Verformbarkeit* und *Härte* des Gegenstands, andererseits aber auch die *Größe* ausschlaggebend zu sein. Je weicher oder kleiner (z. B. pulverförmig) ein Gegenstand ist, desto weniger wird er als Feststoff eingestuft. *Wasser* stellt für Kinder dabei den Prototyp und die Grundsubstanz aller *Flüssigkeiten* dar. Vorschulkinder und Grundschüler gehen davon aus, dass alle *Flüssigkeiten* grundsätzlich aus *Wasser und einer Zutat* bestehen. In diesem Alter verfügen sie offenbar noch nicht über eine Vorstellung der Zerteilbarkeit eines Stoffes in kleinste Teilchen. Die Kriterien dafür, ob eine Substanz als flüssig oder fest eingestuft wird, scheinen die *Schütt- und Rieselfähigkeit* sowie die *Elastizität* einer Substanz zu sein. Entsprechend kann es vorkommen, dass fein zerkleinerte, pulvrige Stoffe oder auch elastische Feststoffe wie Weichgummi als *Flüssigkeiten* oder zumindest als intermediäre Kategorie eingeschätzt werden. *Flüssigkeiten* und *Pulver* werden wiederum häufig als *immateriell* eingestuft. Je eher ein Stoff *fließfähig* ist, desto mehr tendieren Kinder dazu, ihn als *immateriell* anzusehen. Entsprechend haben Sechsjährige teilweise Schwierigkeiten, sichtbar fließenden Substanzen im Vergleich zu ‚statisch' wirkenden flüssigen Substanzen in einem Behälter ein Gewicht zuzuordnen (Strunk 1999, S. 95ff.).

*Gase und Luft*

Der Gasbegriff ist einer der zentralsten, wenn nicht wichtigsten Begriffe im Zusammenhang mit der Deutung stofflicher Umsätze und Phänomene. Dabei sind vorwiegend die physikalischen Eigenschaften der Gase (Luft) Voraussetzung für ein Verständnis einer Vielzahl stofflicher Phänomene. Die Begriffe *Gas* und *Luft* werden von Vorschul- und Grundschulkindern nicht als synonyme, sondern als eher konträre Begriffe angesehen. *Gasen* werden deutlich *negative Eigenschaften* (gefährlich, giftig, explosiv) zugesprochen (vgl. Driver et al. 1994a/b; Pfeifer et al. 1997, S. 166). *Luft* stellt dabei den Prototyp aller *Gase* dar. So wie in der kindlichen Vorstellung alle *Flüssigkeiten* grundsätzlich aus *Wasser* bestehen, gilt *Luft* als Grundsubstanz aller *Gase*. Die Eigenschaften der *Gase* wiederum werden analog zu *Flüssigkeiten* (*Wasser*) betrachtet. Wie *Flüssigkeiten* fließen nach kindlicher Vorstellung auch *Gase*, soweit wie es ihnen Absperrungen erlauben. „Die Eigenschaft ‚flüssig' ist also für Kinder offenbar viel augenfälliger (als die anderen Zustände), und daher entwickeln sie auch frühzeitig die Fähigkeit darüber zu sprechen." (Strunk 1999, S. 96)

Eine Mehrheit der Kinder betrachtet Luft als *einheitlich zusammengesetzt*, *nicht raumeinnehmend* und *masselos* (Carey/Gelman 1991; Strunk 1999, S. 99ff.). Auch dann, wenn später der Raumbedarf erkannt wird, betrachten die meisten Kinder Luft weiterhin als masselos. Ihr wird sogar häufig ein *negatives Gewicht*, eine *Auftriebstendenz*, zugesprochen. Aus diesem Grund – und aus einer *animistischen* Vorstellung heraus – wird sie auch als aktives Prinzip, als *aktives Agens* angesehen, das die Eigenschaft besitzt, andere Substanzen und sich selbst tragen zu können (Driver et al. 1994a, S. 105).

Da Luft in der Regel mit den Sinnen nicht erfahrbar ist, wird sie von Vorschulkindern als *immateriell* betrachtet. Sie glauben, dass sie nur in bewegter Form, als spürbarer ‚Wind', existiert. Erst im Alter von etwa sieben bis zehn Jahren erkennen die meisten Kinder, dass Luft eine

dauerhafte Substanz ist, die unabhängig von Bewegung existiert (Carey/Gelman 1991; Bar/Galili 1994; Piagét 1988; Wagenschein 1973). Strunk (1999, S. 101) folgert aus diesen Erkenntnissen, dass für eine kindliche Interpretation der Eigenschaften von Luft entsprechend „kein Denkmodell und keine Analogie zur Verfügung (steht), die das Verstehen erleichtern würde". Das Fehlen einer konsistenten materiellen Luftvorstellung hat weitreichende Konsequenzen, die mangelndes konzeptionelles Wissen, auch in anderen Phänomenbereichen, zur Folge hat. So ist Kindern unter neun Jahren oft nicht bewusst, dass sie eine Lunge besitzen (Carey 1985). Laut einer Untersuchung von Weerda (1981) hatten nur etwa 60 % der Schüler in zehnten Klassen eine korrekte Vorstellung davon, was ein *Gas* sei.

*Phasenübergänge*

Nach Stavy/Stachel (1985) können Grundschüler mehrheitlich noch keinen Zusammenhang zwischen einem Stoff und den Eigenschaften seiner verschiedenen Zustände herstellen. Bei *festen Stoffen*, von denen die Kinder auch einen anderen wie den flüssigen Zustand kennen, sind sich viele Kinder nicht sicher, ob es sich nun um einen *Feststoff* oder eine *Flüssigkeit* handelt. „Dieses Phänomen konnte ich sogar noch bei einigen Studenten beobachten – was darauf zurückzuführen war, dass sie nicht wussten, auf welche Temperatur sich die Angabe eines Aggregatzustands bezog, sie also nicht einschätzen konnten, auf welchen ‚Realitätsausschnitt' sich die Angabe bezog." (Driver et al. 1994, S. 79ff.) Hiernach sind Grundschulkinder weder in der Lage Angaben über den *Schmelzvorgang* an sich, noch über den Zusammenhang zwischen Temperatur und der *Phasenumwandlung* zumachen.

Weiterhin werden die *verschiedenen Aggregatzustände* eines Stoffs häufig als jeweils *verschiedene Stoffe* mit unterschiedlichen Eigenschaften eingestuft (Löffler 1992). So schätzen Kinder eine bestimmte Menge eines *Feststoffs* oft schwerer ein als eine *Flüssigkeit*, diese wiederum schwerer als

*Gase*. Gase werden dabei als grundsätzlich *masselos* eingestuft, obwohl „schon manche Fünfjährige bereits verstehen, dass Gase Raum einnehmen; und Achtjährige verstehen, dass Luft immer existiert, auch wenn man sie nicht in Form von Wind spüren kann“ (Krahn 2005, S. 50). Nach Piagét/Inhelder (1983) fehlt ihnen hierzu die grundlegende kognitive Fähigkeit, die stofflichen Umwandlungen und deren Reversibilität zu erkennen, da sie in einem *monokausalen Denken* verhaftet sind.

Beim *Verdunsten* von Wasser geht nach Bar/Galili (1994) die Mehrheit der Sechs- bis Siebenjährigen davon aus, dass das Wasser entweder einfach *verschwindet* oder *in den Boden einzieht*. Neben diesen Vorstellungen existieren auch kindliche Hypothesen, dass das Wasser *in die Wäsche einzieht*. Dabei kann der Vorgang des *Verdampfens* von Kindern früher und leichter nachvollzogen werden als der des *Verdunstens*, da die Dampfphase beim *Verdampfen* in der Regel sichtbar ist. Die meisten Grundschulkinder behaupten, dass das Wasser *nach oben geht*. Nach einer Befragung von Bar/Travis (1991, S. 371) glauben noch 80 % der Zehnjährigen, dass *Wasserdampf* aus *Wasser und Hitze* oder nur aus *Hitze* besteht. Die Vorstellung, dass Wasser sich tatsächlich in *kleinste Tröpfchen* verwandelt und der Dampf wieder in Wasser rückführbar ist, kann nach Driver et al. (1994, S. 81ff.) von Grundschülern in der Regel nicht geleistet werden. Erst Kinder zwischen acht und zehn Jahren versuchen diesen Untersuchungen zufolge Erklärungen über den *Verdunstungsvorgang* abzugeben. Nach Untersuchungen von Osborne/Cosgrove (1983) können 35 % der Zwölfjährigen den *Verdunstungsvorgang* als Übergang kleinster Teilchen in Luft erklären. Nach Barke (2006, S. 23) lassen sich bei Kindern im Grundschulalter oftmals *animistische Vorstellungen* beobachten, beispielsweise die Vorstellung, dass beim *Verdunstungsvorgang* die Strahlen der Sonne das Wasser *aufsaugen*. Der umgekehrte Vorgang der *Kondensation* wird in der Regel zeitgleich mit dem Vorgang des *Verdunstens* verstanden (also etwa mit zehn Jahren). Die Blasen, die beim Sieden von Wasser entstehen, werden dabei mehr-

heitlich als *Luftblasen* interpretiert (Bar/Galili 1994, S. 162ff.; Bar et al. 1991; Driver et al. 1994, S. 81ff.).

*Stoffe und Stoffumwandlungen*

Wie bereits im Zusammenhang mit physikalischen Präkonzepten erwähnt, basieren die ersten naiven Vorstellungen von Materie auf Kategorien wie *berührbar/nicht berührbar*, *bewegt/nicht bewegt*, *lebend/tot*, also äußerlichen, durch die Sinne direkt wahrnehmbare Objekteigenschaften. Diese ersten Konzepte schließen zunächst ‚innewohnende', nicht direkt wahrnehmbare stoffliche Eigenschaften aus. Ein Grund mag darin liegen, dass diese Kategorien nichts mit dem eigenen Leben und dem eigenen Körper zu tun haben und somit zunächst als wesensfremd erscheinen. Nach Barke (2006) deuten Kinder im Anfangsunterricht beobachtete Phänomene zunächst *konkret-bildhaft* und *magisch-animistisch*. Sie benutzen dabei zur Beschreibung häufig Analogien, und die Ursachen werden *personifiziert*. Chemische Reaktionen wie die Verbrennung oder das Rosten werden von Vorschulkindern entsprechend als Vorgänge verstanden, die einem Stoff *widerfahren* und nicht als Interaktion zweier Stoffe. Barke führt folgende Beispiele für *Animismen* auf (ebd., S. 36):

- „Das Holz <u>will</u> nicht brennen."
- „Säuren <u>zerfressen</u> Metalle."
- „Das Holz brennt, <u>damit</u> man sich wärmen kann."

Heute vermutet man, dass die Verwendung von *Animismen* nicht nur verständnisfördernd und motivierend ist, sondern den Schülern auch deren *Modellcharakter* bewusst wird (Püttschneider/Lück 2004). Nach Pfeifer et al. (1997, S. 164) können grundsätzlich vier Erklärungsmuster für stoffliche Umwandlungen gefunden werden. Sie sind im Folgenden nach Häufigkeit aufgelistet:

1. Konzept der *Eigenschaftsveränderungen* (Schlöpke 1991)
2. Konzept der *Zerstörung* (Barke 2006)
3. Konzept der *Mischung/Entmischung*
4. Konzept der *Zerlegung*

Die erste naive Vorstellung geht davon aus, dass Stoffe ihre *Identität immer bewahren* und sich nur ihre *äußerlichen Eigenschaften* (Aussehen, Farbe, mechanische Eigenschaften) verändern. Nach Schlöpke (1991, S. 8ff.) basieren die stofflichen Präkonzepte dabei auf drei naiven Theorien (Tab. 7).

| | |
|---|---|
| *Substratschema* oder *Verwandlungsschema* | Jedem Stoff liegt ein eigenschaftsloser oder eigenschaftsarmer Kern (*Substrat*) zugrunde. |
| *Schema des verborgenen Seins* oder *Latenzschema* | In Stoffen sind verborgene Eigenschaften enthalten. |
| *Beseelungsschema* oder *Vitalismusschema* | In Stoffen sind verborgene Kräfte oder Fähigkeiten angelegt. |

Tabelle 7: Naive Theorien *stofflicher Konzepte* in Anlehnung an Schlöpke (1991)

Dabei bilden *Mythen* die Vorlage der naiven Denkweisen. Um Wirklichkeitserfahrungen zu strukturieren und zu bewältigen, greifen Kinder, im Sinne einer Assimilation in bereits vorhandene Schemata, auf bekannte Geschichten und Erzählungen zurück. Das *Verwandlungsschema*, wie es in Mythen oder Märchen vorkommt, bildet hiernach das Zentrum aller Betrachtungen der Welt, auch naturwissenschaftlicher Phänomene. Entsprechend können *Eigenschaften* grundsätzlich *weggenommen*, *übertragen* und *verliehen* werden (Abb. 8).

Die *Substratvorstellung* geht davon aus, dass Materie beliebig umwandelbar (*transmutierbar*) ist und ihr Eigenschaften verliehen, aber auch entzogen werden können. Dabei stehen häufig der feste und flüssige Zustand im Vordergrund. So kann nach dieser Vorstellung der *feste Zu-*

*stand* durch *Trocknung einer Flüssigkeit* erreicht werden. *Flüssigkeiten* werden oft allgemein als *Nässe* oder *Wässrigkeit* bezeichnet. Umgekehrt können *Flüssigkeiten* aus Feststoffen durch *Aufnahme von Nässe* gewonnen werden. Wichtig für die Beurteilung eines Stoffes und deren Umwandelbarkeit ist nach diesen Konzepten neben tatsächlichen Eigenschaften der Stoffe auch deren Bestimmung, Tauglichkeit und Ziel.

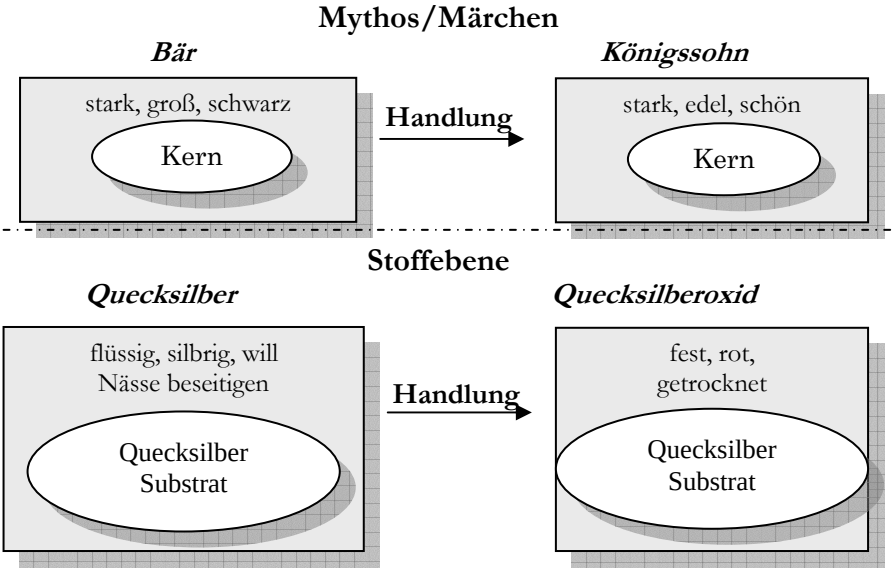



Abbildung 8: *Verwandlungsschema* nach Schlöpke (1991)

Nach der Theorie des *Verborgenen Seins* werden Stoffänderungen dadurch erklärt, dass die neuen Eigenschaften vorher bereits im Stoff angelegt waren, sich der Stoff also nicht verändert, sondern nur sein *Potenzial* nutzt. So werden beispielsweise Farbänderungen nach einer chemischen Reaktion damit begründet, dass die Farben im Stoff angelegt sind und entsprechend auftauchen oder verschwinden können, wobei der *Grundstoff* unverändert erhalten bleibt. Weiterhin existieren Vorstellungen, wonach Stoffeigenschaften von einem zum anderen Stoff durch *Vermittlerstoffe* (wie Wasser) übertragen werden kön-

nen. Die *Beseelungstheorie* schließlich verleiht den Stoffen biotische und geistige Kraft, Willen und Intention. Hierunter fallen auch *animistische* Vorstellungen.

Neben dem Konzept der *Eigenschaftsveränderungen* gehen Kinder bei stofflichen Veränderungen, wie dem Verbrennungs- aber auch dem Verdunstungsvorgang, häufig von einer *Zerstörung* und *irreversiblen Vernichtung von Materie* und von einem *Verschwinden ins Nichts* aus. „Die bekannte Vernichtungsvorstellung zu den Erscheinungen der Verbrennung etwa wird mit dem Abgeben von ‚Etwas' in die Luft und dem Übrigbleiben von wenig Asche begründet – ohne jede Teilchenvorstellung." (Barke 2006, S. 32) Die Zerstörungsvorstellung lässt sich historisch nachvollziehen und begründen. So herrschten lange Zeit Vorstellungen von Oxidationsvorgängen vor, nach denen brennbaren Stoffen ein *brennbares Prinzip* innewohnt, und diese Eigenschaft dem Stoff entzogen, aber auch wieder verliehen werden kann. Die Theorie wird als *Phlogistontheorie* (gr. *phlox*, die Flamme) bezeichnet. Der Vorstellung liegt eine vorwiegend energetische Betrachtung zugrunde, nach der bei Verbrennungsvorgängen ein *Wärmestoff* (*Phlogiston*) freigesetzt wird. Es entstehen dabei wiederum dieselben Ausgangsstoffe, denen aber das *brennbare Prinzip*, der *Wärmestoff*, das *Phlogiston* entzogen wurde. Der Luft kommt dabei die Rolle eines Übermittlers zu, welcher das *Phlogiston* auf andere Stoffe überträgt. Die Flamme selbst wird hiernach als *animisiertes* Phänomen angesehen (ebd., S. 9f.).

Unabhängig von der vorliegenden Theorie der Kinder, gelingt es ihnen insgesamt offenbar nicht, auftretende Massebilanzen korrekt zu deuten. So wird der *Verbrennungsvorgang* häufig als *beschleunigter Verdampfungs-* oder *Verdunstungsvorgang* interpretiert. Entsprechend gehen Kinder bis zu einem Alter von etwa zwölf Jahren beim Brennen einer Kerze oder beim Rosten von Eisen von einer *Masseabnahme* aus. Das Verbrennen und den Schmelzvorgang des Wachses können sie dabei nicht differenzieren. Das *Wachs* selbst wird als grundsätzlich ‚unbrennbar', das *Kondenswasser* als ‚Verwandlung von Hitze in Schwitzwasser' und

der entstehende *Ruß* (an einer Scheibe sichtbar gemacht) als ‚Verbrennen von Glas' angesehen. *Brennbare Flüssigkeiten* wie brennendes Benzin werden als ‚brennbar gemachtes Wasser' angesehen (Méheut 1985; Strunk 1998, S. 103 und 139f.). Kommt es vor, dass Kinder sowohl über mehrere Konzepte gleichzeitig verfügen, favorisieren sie nach Pfeifer et al (1997, S. 164) die *Zerstörungstheorie* vor anderen Theorien.

*Lösen*

Wie auch beim Verbrennungsvorgang haben die Kinder dabei die Vorstellung, dass die Veränderung dem gelösten Stoff *widerfährt* und verstehen die Veränderung nicht als Interaktion zwischen Teilchen oder Stoffen. Ohne eine entsprechende Teilchenvorstellung kann also der Lösungsprozess (wie auch der Verbrennungsvorgang) grundsätzlich nicht erfasst werden (Piagét/Inhelder 1975, S. 121; Carey/Gelman 1991, S. 78ff.). Nach Untersuchungen von Piagét/Inhelder (1975) behauptetet die Mehrheit der sechs- und siebenjährigen Kinder, dass eine Portion Zucker, einmal in Wasser gegeben, vollständig *verschwindet* und der *Wasserstand* dann *absinken* würde. Zum Teil waren sie nach dem Experiment bereit einzuräumen, dass der Zucker doch noch vorhanden sei. Nach Löffler (1992) rührt die Vorstellung des Verschwindens daher, dass Kinder von der *Funktion* des gelösten Stoffs ausgehen. Mit dem Auflösen ist hiermit die *Funktion des Süßens* (Salzens) verschwunden.

Slone/Bokhurst (1992) fanden die in Tabelle 8 dargestellte Entwicklung in den Erklärungsmustern des Lösungsprozesses. Hiernach haben die meisten Kinder erst im Alter von zehn bis elf Jahren das *Nicht-Erhaltungskonzept* überwunden. Die *Verflüssigungstheorie* stellt die Zwischenstufe zum wissenschaftlichen Teilchenkonzept dar. Das Lösungskonzept ist dabei mit der Teilchenvorstellung direkt verbunden und wird nicht erfahren, sondern kulturell vermittelt (Strunk 1999, S. 118).

| | 4-5 Jahre | 6-7 Jahre | 8-9 Jahre | 10-11 Jahre | 12-13 Jahre |
|---|---|---|---|---|---|
| *Nicht-Erhaltung des gelösten Stoffs* | 69 % | 57,1 % | 33,3 % | 7,1 % | 0 % |
| *Erhaltung des gelösten Stoffs ohne Erklärung* | 24,1 % | 11,1 % | 26,7 % | 19,6 % | 12,9 % |
| *Verflüssigung des gelösten Stoffs* | 6,9 % | 23,8 % | 33,3 % | 60,7 % | 74,2 % |
| *Atomistische Vorstellungen* | 0 % | 7,9 % | 6,7 % | 12,5 % | 12,9 % |

Tabelle 8: Verständnis des *Lösungsvorgangs* nach Slone/Bokhurst (1992)

Driver et al. (1994a, S. 89) fanden hingegen heraus, dass die Mehrheit der Siebenjährigen bereits eine *Masseerhaltung* beim Lösungsvorgang bevorzugte und die *Verflüssigungstheorie* bereits bei unter Achtjährigen zu finden ist.

## 2.3. Die ‚Neue Lernkultur'

Kaum im neuen Jahrtausend angelangt, befinden wir uns, nach den großen reformpädagogischen Aufbrüchen zu Beginn und in den 70er-Jahren des letzten Jahrhunderts, wieder inmitten einer Phase des Umdenkens über Kindheit, speziell der frühen Kindheit, und damit über unser eigenes Selbstverständnis. Der derzeitige Konzeptwechsel scheint in der westlichen Welt zwar übergreifend vonstatten zu gehen, das Umdenken in der Beurteilung von Lernprozessen widerfährt in Deutschland wohl aber eine einzigartige und wohl radikalere Ausprägung als sie zurzeit im Ausland zu beobachten ist. Wie in allen reformpädagogischen Bewegungen spiegeln sich in der derzeitigen Schulreformen nicht nur pädagogisch-didaktische Gründe wider, sondern auch allgemeine gesellschaftliche Veränderungen.

So wurden einerseits (spätestens durch die internationalen Vergleichsstudien) vorhandene *Defizite im deutschen Bildungssystem* offensichtlich. Aufgrund neuer Forschungsbefunde in den Neurowissenschaften gewann darüber hinaus die Erkenntnis an Bedeutung, dass die *frühe Kindheitsphase inzwischen als die wohl lernintensivste Zeit* überhaupt aufgefasst werden kann und die damit verbundenen Lernmöglichkeiten und -chancen jetzt auch genutzt werden wollen (Krahn 2005, S. 1 und 24). Außerdem können handfeste *wirtschaftliche Interessen* ausgemacht werden, die das Ziel verfolgen, den Industriestaat durch gesteigerte Bildungseffizienz international (wieder) wettbewerbsfähig zu machen. Eine weitere Ursache für einen früher einsetzenden naturwissenschaftlich orientierten Unterricht steht in Zusammenhang mit der demografischen Entwicklung westlicher Industrieländer, die einen klaren Trend hin zur Kleinfamilie und zur Medialisierung aufweist. Hiermit verbunden kann eine deutliche Reduzierung primärer, sinnlich-unmittelbarer natürlicher Erfahrungen beobachtet werden: „Nicht die Erfahrung der ‚wirklichen' Welt, sondern vorfabrizierte Deutungen und Botschaften erzeugen eine Vorstellung davon, wie die Welt sei." (Gudjons 1995, S. 115) Dieser Umstand rückt die Rolle der *Grund- und Vor-*

*schule als Vermittler von Primärerfahrungen* zunehmend in den Vordergrund. Schließlich erhofft man sich durch eine frühzeitige, explorative Begegnung mit natürlichen Phänomenen deutlich mehr Primärerfahrungen und damit mehr Chancen für ein *tieferes und nachhaltigeres Verständnis* sowie eine *positivere Einstellung* den Fächern Chemie und Physik gegenüber.

Sucht man nach einem Spezifikum, in dem sich deutsche pädagogische Konzepte von anderen Ländern grundlegend unterscheiden, fällt einerseits auf, dass das deutsche Bild von Kindheit stark ideologisiert erscheint, und es in den Lern- und Bildungsansätzen zunehmend um eine *Individualisierung*, die Gewährung von *Autonomie*, *persönlicher Entscheidungsfreiheit* und *Selbstbestimmung* als auch um eine *genetische Auffassung des Lernprozesses* geht (Elschenbroich 2002, S. 67; Gudjons 1995, S. 237f.).

Betrachtet man die reformpädagogischen Bewegungen des letzten Jahrhunderts, so stellen sich die derzeitigen Reformen zunächst nicht als lerntheoretischer Paradigmenwechsel dar, da der neue Lernansatz in den Naturwissenschaften auf der tradierten *rationalistischen Lerntheorie Piagéts* und bereits bestehenden didaktischen Ansätze wie dem des *entdeckenden*, *selbstgesteuerten* und *exemplarischen Lernens* oder *induktiver*, *forschend-entwickelnder* und *problemlösender Verfahren* der 80er- und 90er-Jahre basiert. Auch ein weit gefasster Bildungsbegriff sowie eine Abkehr weg von *input-orientierten* hin zu *output- und handlungsorientierten Unterrichtsverfahren* galten bereits seit Längerem als naturwissenschaftsdidaktische Leitlinie.

Für den naturwissenschaftlichen Unterricht aller Stufen enthält der neue Bildungsplan in Baden-Württemberg über alle Schularten hinweg folgende Grundlinien:

- Ein weit gefasster *Bildungsbegriff* der *Literacy* und damit eine Abkehr von der Inhalts- und Zielorientierung hin zum *Kompetenzbegriff.*
- Eine methodische Abkehr weg von einer *Input-* hin zur *Outputsteuerung* und damit eine Absage an die Methode des ‚Belehrtwerdens' hin zum ‚Selbstständigen Lernen'.

- Eine verstärkte *Alltags-*, *Handlungs-* und *Technikorientierung*.
- Ein *durchgängiger* und *anschlussfähiger* Unterricht.
- Ein *früher einsetzender* naturwissenschaftsbezogener Unterricht, der das kindliche *Vorverständnis* stärker einbezieht.
- Fächerübergreifendes Lernen innerhalb von *Fächerverbünden*.
- Eine umfassende *inhaltliche Kürzung* im Sinne *exemplarischen Lernens*.
- Eine Abkehr vom Testen hin zur *Fremd- und Eigenevaluation*.

Wirklich ‚neu' ist die Forderung nach einem *systematisch-durchgängigen* naturwissenschaftlichen Unterricht und damit verbunden einer ‚Vorverlegung' naturwissenschaftlichen Lernens in die frühe Kindheit. Dahinter steht eine veränderte gesellschaftliche Sicht der Kindheit. Betrachtet man die Geschichte deutscher Schulreformen des letzten Jahrhunderts und des Denkens über die Kindheit, hielt man bis Mitte der 90er-Jahre konsequent an einer ‚Schonraumvorstellung' im Sinne eines ‚Bewahrens vor gesellschaftlichen Leistungsansprüchen' fest. Spätestens mit der Veröffentlichung der PISA-Studie 2000 und der Einführung des neuen Bildungsplans in Baden-Württemberg 2004 wurde allerdings mit dem Tabu einer ‚frühen Ernsthaftigkeit' gebrochen und es geraten seitdem ‚elementare Eingänge' in die Naturwissenschaften in den Fokus schulischen Handelns und didaktischer Forschung.

### 2.3.1. Der neue Bildungsbegriff (*Scientific Literacy*)

Die OECD (1999, S.60) definiert den Bildungsbegriff der *Literacy* allgemein als „das Wissen, die Fähigkeiten, die Kompetenzen […], die relevant sind für persönliches, soziales und ökonomisches Wohlergehen". Die Bezeichnung *Scientific Literacy* bedeutet dabei zunächst *naturwissenschaftliche Grundbildung*. Sie stammt ursprünglich aus den USA und findet seit einiger Zeit weite Verbreitung in den Schulcurricula industrialisierter Länder, deren Wirtschaft auf naturwissenschaftliches Wissen und Technik angewiesen ist. Nach

Driver et al. (1996, S. 12) betrifft eine *Scientific Literacy* zwei Zielsetzungen:

- *Scientific Literacy* als Teil einer Allgemeinbildung:
  Einer breiten Bevölkerungsschicht soll eine *naturwissenschaftliche Grundbildung* und ein authentisches *Naturwissenschaftsbild* vermittelt werden.
- *Scientific Literacy* als Teil der Berufsbildung:
  Ein gewisser Anteil von Schülern soll auf *naturwissenschaftlich orientierte Berufe vorbereitet* werden.

Der US-amerikanische Bildungsbericht AAAS (1989) stellt die Notwendigkeit einer Ausweitung naturwissenschaftlicher Bildung als Teil der Allgemeinbildung heraus: „The life-enhancing potential of science and technology cannot be realized unless the public in general comes to understand science, mathematics and technology and to acquire scientific habits of mind; without a scientifically literate population, the outlook for a better world is not promising.“ Der Britische Bildungsbericht der Royal Society (1985) betont die Notwendigkeit beider genannten Grundaspekte einer allgemeinen als auch einer beruflichen naturwissenschaftlichen Bildung und spezifiziert die Ziele: „Everybody needs some understanding of science, its accomplishments and its limitations, whether or not they are themselves scientists or engineers. Improving that understanding is not a luxury. It is a vital investment in the future well-being of our society.“

Nach Driver et al. (1996, S.13) können folgende Dimensionen *naturwissenschaftlicher Grundbildung* unterschieden werden:

- *Science Content*
  inhaltliches Wissen und Vorstellungen
- *Process Skills (Scientific Approach and Methods)*
  naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozess
- *Science as Social Enterprise*
  Verständnis der Naturwissenschaften im Kontext sozialer Prozesse

*Scientific Literacy* umfasst also neben fachlichen und methodischen Aspekten auch personelle, soziokulturelle, geschichtliche und erkenntnistheoretische Kompetenzen. Die Ausgestaltung und Betonung der einzelnen Kompetenzfelder variiert allerdings erheblich. Einig scheint man sich in der Regel über die zentrale Rolle der Methodenkompetenz (*Process Skills*), d. h. der Fähigkeit zur Informationsbeschaffung und der Kenntnis der naturwissenschaftlichen Methode zu sein.

| ***Field of Science*** | ***Science Concepts*** |
|---|---|
| *Earth Sciences* | • *solid earth*<br>• *earth in space*<br>• *water, air* |
| *Physical Sciences* | • *matter and its transformations*<br>• *energy and its transformations*<br>• *motion* |
| *Life Sciences* | • *change and evolution*<br>• *cells and their functions*<br>• *organisms*<br>• *ecology* |

Abbildung 9: Inhaltsbereiche einer naturwissenschaftlichen Grundbildung in den USA (U.S. Department of Education 2005)

In Bezug auf die inhaltliche Dimension (*Science Content*) naturwissenschaftlicher Bildung herrscht international als auch national kein Konsens. So werden in den USA über alle Klassenstufen hinweg verstärkt erdkundliche Aspekte (*Earth Sciences*) vermittelt, die auch stoffliche Themen wie ‚Wasser' und ‚Luft' beinhalten.

### 2.3.2. Der neue Lernbegriff

Das WDR-Fernsehen (2006) stellt folgende derzeitige allgemeine Bildungssituation in Deutschland fest: „Die große Aufregung um die richtige Lerntheorie hat sich gelegt. Derzeit versucht die Fachwelt nicht mehr die ganz große, allumfassende Lerntheorie zu entwickeln.

Man hat erkannt, dass viele Ansätze durchaus wertvolle Aspekte haben, aber das Gesamtphänomen ‚Lernen' bei weitem nicht so umfassend beschreiben, wie oft behauptet […]. Heute versucht man eher, Theorien für einzelne Lernarten, wie Problemlösen, oder verschiedene Lern- und Gedächtnisformen zu entwickeln."

Diese Einschätzung der deutschen Lernkultur steht im Widerspruch zur Entwicklung der letzten Jahre als auch zur derzeitigen Bildungsrealität. So prognostizierte Gudjons bereits 1995 für die Lernkultur der Zukunft: „Lernen wird wichtiger als Lehren. Sich selbst das benötigte Wissen anzueignen bedeutet: Man muss gelernt haben zu lernen – und zwar jeweils das, was aktuell nötig ist […]. Damit verschiebt sich auch die Funktion des Lehrers, wie sie klassisch der Deutsche Bildungsrat 1970 noch beschreiben hat [Lehren, Erziehen, Beurteilen, Beraten, Innovieren] in Richtung des Lernberaters." (Ebd., S. 337f.)

Gudjons hat recht behalten. Die neuen Bildungsreformen und speziell die Neue Lernkultur in den Naturwissenschaften basieren auf einem didaktischen Ansatz, der auf der Vorstellung eines selbst gesteuerten und genetisch verlaufenden Lernprozesses beruht. Grundlage dieses sogenannten *konstruktivistischen Lernansatzes* bildet die *kognitivistische Lerntheorie* Piagéts. *Kognitivistische Lerntheorien* gehören zur Gruppe *psychologischer Basistheorien*, die von einer individuellen, aktiven Erschließung der Welt ausgehen. Sie sind allerdings nicht unumstritten, und es gibt eine Reihe von Untersuchungsbefunden, die die Grenzen dieser Lerntheorie aufzeigen (vgl. Kap. 2.1.2.). Neben psychologischen Ansätzen gibt es auch *soziologische Basistheorien*, welche die Vergesellschaftung im Lernprozess betonen, und auch *kombinierte Ansätze* wie der Howard Gardners.

Der neue *konstruktivistische Lernansatz* in den Naturwissenschaften impliziert konkrete methodische Vorgaben im Unterricht und eine Sicht auf die naturwissenschaftliche Verständnisentwicklung, die sich auch im neuen Sachunterricht widerspiegelt. Die vorliegende Untersuchung geht davon aus, dass der *konstruktivistisch-kognitivistische Lernansatz* zwar in

der Annahme, dass Lernprozesse zutiefst individualisiert verlaufen, sicherlich begründet ist, aber der Einfluss *sozialer Bedingungsfaktoren* im Lernprozess weit unterschätzt wird und eine selbst gesteuerte, genetische Entwicklung des Verständnisses in bestimmten naturwissenschaftlichen Wissensbereichen nicht erfolgen kann und stärkeren *instruktionalen Vorgaben* bedarf. Um diese These begründen und mögliche Alternativen aufzeigen zu können, soll zunächst die *kognitivistische Lerntheorie Piagéts* und schließlich der derzeit in den Naturwissenschaften dominierende *Lernansatz* erörtert werden.

#### 2.3.2.1. Die kognitivistische Lerntheorie

Als der bedeutendste und einflussreichste Vertreter einer rationalistischen Betrachtung des Lernprozesses gilt der Schweizer Entwicklungspsychologe Jean Piagét (1896-1980). Seine Auffassung der Lernentwicklung geht von zwei verschiedenen Lernarten aus: So kann neues Wissen einerseits in bereits bestehendes Wissen integriert (*assimiliert*) werden oder neues Wissen dazu führen, dass das Vorwissen umgeformt oder erweitert (*akkomodiert*) wird. Dem *Vorwissen* kommt im Lernprozess damit zentrale Bedeutung zu. Aufbauend auf das vorhandene Wissen ‚konstruiert' das Kind neues Wissen. Lernen bedeutet hiernach soviel wie die ‚Veränderung des Vorwissens' (Niedderer 1999). Eine Integration neuen Wissens kann dabei aber nur dann gelingen, wenn die Diskrepanz zwischen Vorwissen und neuem Wissen nicht zu groß ist. Darüber, wie eine *Verknüpfung* des neuen Lernstoffs mit dem Vorwissen am besten gelingen kann, gibt es unterschiedliche Sichtweisen: So betont Ausubel eine *rezeptive Stoffvermittlung*, Bruner hingegen die Notwendigkeit *entdeckenden Lernens* und von *Problemlöseverfahren*, Aebli die Bedeutung des *Handelns* im Lernprozess (Gudjons 1995, S. 221f.).

Neben der Beschreibung des Lernprozesses selbst bildet das von Piagét entwickelte *Stufenmodell der Intelligenzentwicklung* die Basis *konstruktivisti-*

*scher Lernansätze* sowie des neuen Sachunterrichts in der Grundschule. Von zentraler Bedeutung dabei ist, dass Intelligenz und Denkleistungen sich in klar gegliederte *Hierarchiestufen* einteilen lassen, welche bestimmten Altersbereichen zugeordnet werden. Zum Erreichen der nächst höheren Stufe muss dabei die jeweils vorhergehende Stufe erreicht worden sein. Umgekehrt ist es nicht möglich, dass ein Kind auf ein vorausgehendes Niveau zurückfällt. Piagét ging davon aus, dass diese gestufte Entwicklung alle Wissensbereiche umfasst. Für traditionelles naturwissenschaftliches Lernen, das sich an ein Denken in Gesetzen, Hierarchien, Hypothesen, Modellen, Symbolen und am Problemlösen orientiert, müssten sich die Kinder auf dem höchsten Abstraktionsniveau, der *formal-operationalen* Stufe, befinden. Erst auf diesem Niveau sind sie fähig, Objekte *mental zu konstruieren* (*operationalisieren*), d. h. Abläufe und Modelle im Kopf zu entwickeln und nachzuvollziehen. Auf niedrigeren Abstraktions- und Altersstufen ist der Zugang zu höheren Fähigkeiten wie induktivem Schließen nicht möglich. Der Ansatz geht von der Vorstellung aus, dass Babys die Welt zunächst als ‚ungeordnete Traumwelt' erleben, in der viele Eindrücke zwar auf sie einwirken, sie diese aber nicht systematisch-logisch unterscheiden oder verknüpfen können. In diesem Sinne muss der Mensch seine Welt und das Denken in Kausalitäten grundsätzlich erst entwickeln, wobei der Entwicklungsprozess von alleine (*genetisch*) verläuft. Die Erkenntnisstufen leiten sich hiernach aus dem Handeln ab. Intelligenz besteht darin, Handlungen zu vollziehen und zu koordinieren.

Die Kritik an Piagéts Stufenmodell ist vielfältig (Gardner 2003, S. 44ff.; Gudjons 1995, S. 156; Krahn 2005, S. 1). Vor allem bereichsspezifische Forschungsbefunde bewerten die Theorie Piagéts in Bezug auf folgende Aspekte als ungültig und nicht zeitgemäß:

- Der Mensch kommt in vielerlei Hinsicht nicht als ‚unbeschriebenes Blatt' oder ‚defizitär' zur Welt, sondern ist *von Geburt an bereits mit kognitiven und erwachsenenähnlichen Fähigkeiten und Denkstrukturen ausgestattet*. Es liegt vielmehr ein Informationsmangel vor. So sind physikalische Vorstellungen über die Objektkonstanz bereits von Geburt an im Menschen angelegt.

- Piagét untersuchte lediglich *numerisch-mathematische Kompetenzen* an seinen eigenen Kindern. Die kognitive Entwicklung kann aber in Abhängigkeit vom jeweiligen *Wissensbereich* unterschiedlich und unabhängig voneinander verlaufen.
- Die Beurteilung kognitiver Fähigkeiten von Kindern erfolgt allein über die vorhandene *Handlungskompetenz*. Kinder können aber kognitiv zu Leistungen fähig sein, die sie *handelnd* aber noch nicht beherrschen.
- Die *angegebenen Altersgrenzen* sind nicht allgemein gültig. Die höchste kognitive Stufe (formal-operationale Stufe) wird oft deutlich später oder auch nicht erreicht.
- Die Ursache für kindliches kognitives Unvermögen wird nicht als Zeichen mangelnder kausal-logischer Fähigkeiten, sondern als ein *Mangel an Gedächtnisleistungen* interpretiert (Krahn 2005; Müller 2005).
- Der Grad an *relevanter Erfahrung* ist wichtiger als Intelligenz oder Alter (Ausubel et al. 1980).
- Ein Rückgriff oder Rückfall auf niedrigere Niveaus ist möglich. *Hinter-sich-gelassene Denkstufen können später wieder hervortreten.*
- Es werden weitere kognitive Entwicklungsstufen vorgeschlagen: *Synoptisches Denken/Minimalistisches Denken* (Dieterich 2001).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass kognitive Entwicklungsprozesse heute *bereichsspezifisch* betrachtet werden und dass sie nicht nur von Wissens- und Lernangeboten bestimmt werden, sondern auch *soziale*, *emotionale*, *motivationale Aspekte* sowie die *generelle Denkfähigkeit* eine wesentliche Rolle spielen (Müller 2005, S. 15). Als besonders problematisch stellt sich die Tatsache dar, dass grundsätzlich von einer *genetischen Zugänglichkeit* zu höheren Abstraktionsstufen und damit von einer *selbst konstruierbaren Anschlussfähigkeit* ausgegangen wird.

#### 2.3.2.2. Konstruktivistische Didaktik (*Subjektive Didaktik*)

Die Mehrheit aktueller naturwissenschaftsdidaktischer Lernansätze stützt sich auf *konstruktivistisch orientierte Unterrichtsverfahren* auf Grundlage *rationalistischer Lerntheorien*, die das eigenaktive, sich seine Lernumgebung

eigenständig konstruierende Kind in den Mittelpunkt stellen. Die Anfänge dieser aus der Kognitionspsychologie stammenden Lerntheorie lässt sich auf die 80er-Jahre und die Erkenntnis zurückführen, dass ein rein *instruktionaler*, am Schulbuch und an Antworten des Lehrers orientierter Unterricht häufig nur rudimentäres Wissen und kein tieferes Verständnis der Unterrichtsmaterie hervorbrachte. Elschenbroich (2002, S. 13) formuliert den Richtungswechsel folgendermaßen: „Die Traumstraßen und Irrwege des 20. Jahrhunderts auf der Suche nach einer idealen Kindheit haben uns auch die Erkenntnis hinterlassen, dass Kinder nicht belehrbar sind. Sie können nur selber lernen."

Der Umstellungsprozess weg von *instruktionistischen* (deduktiven) hin zu *konstruktivistischen* (induktiven) Verfahren findet dabei bundesweit in allen Schultypen und über die Naturwissenschaftsdidaktiken hinaus statt. Interessant ist, dass im Kompendium für Pädagogisches Grundwissen des Jahres 1995, also erst vor gut zehn Jahren, der Ansatz noch als die „radikalste Alternative zur herkömmlichen Didaktik" bezeichnet wird (Gudjons 1995, S. 251), das Konzept aber derzeit zum beherrschenden didaktischen Verfahren in den Naturwissenschaften geworden ist.

Historisch stammt die Bezeichnung vom italienischen Philosophen Giambattista Vico (geb. 1668). Der wohl erste Vertreter eines *pädagogischen Konstruktivismus* war der Theologe Johann Amos Comenius (1592-1670). Er konstatierte: „Die Menschen müssen so viel wie möglich ihre Weisheit nicht aus Büchern schöpfen, sondern aus Himmel und Erde, aus Eichen und Buchen, sie müssen die Dinge selbst erkennen und erforschen und nicht nur fremde Beobachtungen und Zeugnisse darüber […]. Alles soll wo immer möglich den Sinnen vorgeführt werden […]; wenn ich nur einmal Zucker gekostet, einmal ein Kamel gesehen, einmal den Gesang einer Nachtigall gehört habe […], so haftet das alles fest in meinem Gedächtnis und kann mir nicht wieder entfallen." (Zitat abgedruckt in Dieterich/Veit [1995], S. 20) Die Ärztin und Lehrerin Maria Montessori (geb. 1870) gilt bis heute als be-

kannteste Vertreterin des Lernansatzes. Heutige Vertreter des *Konstruktivismus* sind der Psychologe Hans Aebli sowie der Psychiater David Paul Ausubel. Am häufigsten findet der Ansatz bislang im Zusammenhang mit E-Learning und in der Erwachsenenbildung Anwendung. Den Kern aller *konstruktivistischen Ansätze* bilden folgende Grundannahmen:

- Lernprozesse sind immer *individuelle Repräsentationen* der Welt.
- Lernprozesse erfolgen durch *aktive Eigenkonstruktion* am effektivsten (d. h. mit *minimaler Intervention* von außen).
- Auch abstrakte Lernprozesse können von alleine *(genetisch)* verlaufen.

Aufgrund der Betonung des Individuums wird der Ansatz oft auch als ‚subjektive Didaktik' bezeichnet. Wissen und Erfahrungen sind hiernach immer *individuelle Repräsentationen der Welt*, und Lernprozesse erfolgen dann nachhaltiger, wenn sie in höchstem Maße *selbstständig* und *handlungsorientiert* mit *minimaler Intervention* von außen verlaufen. Wesentlich dabei ist, im Unterricht für eine ansprechende Lernumgebung zu sorgen, die möglichst viele eigene Lernerfahrungen ermöglicht. Der Lernprozess soll *spielerisch-explorativ* stattfinden. Der Lehrer ist ‚Betreuer und Beobachter', der sich im Hintergrund hält und nur notwendigerweise ins Lerngeschehen eingreift. Erziehung wird nicht mehr als ‚aktiver Interventionsprozess' verstanden, sondern als ‚reaktiv'. Man wartet die kindlichen Erfahrungen, Äußerungen und Fragen ab und greift diese dann auf.

In den 80er-Jahren entstand in den USA zunächst die extremste Variante der Lerntheorie, der sogenannte *personal constructivism,* der ausschließlich die *Individualisierung* des Lernprozesses betonte. In den 90er-Jahren entwickelte sich aus der neo-piagétanischen Lerntheorie der gemäßigte Ansatz des *social constructivism*. Dabei werden neben kognitiven Elementen auch andere Faktoren wie die *soziale Interaktion*, der *kulturelle Hintergrund* und das *Vorwissen* des Lernenden berücksichtigt. Die Vorstellung des Lernprozesses im *sozial-konstruktivistischen* Ansatz wird

dabei als *Ko-Konstruktion* bezeichnet. Duit/von Rhöneck (1996, S. 151ff.) unterstützen die Einbindung *sozialer* Bedingungsfaktoren im Lernprozess: „Die Vorstellung des Kindes als ‚Forscher' und einer Schulklasse als ‚Forschergemeinschaft' wirkt angesichts der Unterrichtsrealität überzogen. So wird der Lernalltag weitgehend auch von sozialen, affektiven und kulturellen Strukturen […] beeinflusst, welche das Ideal des Kindes als ‚Herr seines eigenen Lernprozesses' deutlich verzerren können."

Auch im neuen Sachunterricht und im naturwissenschaftlich ausgerichteten Orientierungsplan für Kindergärten in Baden-Württemberg findet sich der *gemäßigt konstruktivistische Ansatz* wieder: „Niemand kann sich seinen Lebensraum und seine Kultur allein durch eigene Aktivität und Erfahrung, allein durch direktes Lernen aneignen, sondern muss auf Erfahrungen und Wissen anderer zurückgreifen […]. Vor dem Hintergrund des sich selbst bildenden Kindes wäre es verhängnisvoll zu glauben, es könne sich selbst überlassen bleiben." (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, Orientierungsplan für Kindergärten 2006, S. 22f.) Allerdings wird in den Bildungsplänen an einer grundlegend *konstruktivistischen* Sicht- und Vorgehensweise einer *genetischen* und *selbst konstruierten Entwicklung* eines naturwissenschaftlichen Verständnisses festgehalten.

Wing-Mui-So (2002) fasst die Zielsetzungen eines *konstruktivistisch orientierten Unterrichtens* folgendermaßen zusammen:

- Berücksichtigung *individueller Lernunterschiede*
- ein *früher einsetzender naturwissenschaftlicher Unterricht*
- ein *aufbauender* und *kontinuierlich verlaufender Unterricht*
- Anerkennung des kindlichen *Vorverständnisses*
- Reduktion des Wissens auf *Grundkonzepte*

Der wesentliche Unterschied zu anderen naturwissenschafts-didaktischen Ansätzen wie *verfahrensorientierten* (*forschend-entwickelnden*) oder *geneti-*

*schen Konzepten* (z. B. *Exemplarisches Lernen*) besteht in der Annahme, dass auch komplexe Lernprozesse vom Kind *selbst gesteuert* werden können und naturwissenschaftlicher Unterricht insofern grundsätzlich *kontinuierlich* verlaufen kann. Methodisch geht es heutigen gemäßigten Ansätzen vor allem um *Exploration* (*discovery learning*), *Problemlösen* (*problem solving*) und *Gruppendiskussionen* (*group discussion*). Wing-Mui So(2002) schlägt folgendes methodisches Grobgerüst vor:

- *Identifying student's views and ideas (student's preconcepts and exploration of questions).*
- *Creating opportunities for students to explore their ideas and to test their robustness in explaining phenomena, accounting for events and making prediction.*
- *Providing stimuli for students to develop, modify and where necessary, change their ideas and views and supporting their attempts to rethink and reconstruct their ideas and views.*

Zur Unterstützung des Lernprozesses dienen Hilfsmittel wie *Advance Organizer*, *Analogiebildung* und *Elaborationstechniken*. Dabei wird unter *Elaboration* die Verknüpfung neuen Wissens mit bestehendem Vorwissen verstanden. Diese Verknüpfung neuen und alten Wissens gilt als Kern eines tieferen naturwissenschaftlichen Verständnisses. Obwohl der Lernansatz derzeit die naturwissenschaftliche Bildungslandschaft beherrscht, gibt es eine Reihe kritischer Aspekte und Befunde, die sich auf das Grundkonzept einer *individuellen* und *genetischen Eigenkonstruktion von Wissen* sowie einer einseitigen *explorativ-situativen Unterrichtsmethodik* beziehen:

*Genetische Wissensentwicklung*

So geht der Lernansatz davon aus, dass sich auch abstrakte kognitive Wissensebenen wie auch Erkenntnisse zur unbelebten Natur von alleine, ohne äußere Intervention entwickeln können. Aber genau der Übergang zwischen kindlichem und wissenschaftlichem Verständnis stellt wohl das zentrale Problem *konstruktivistischer* Ansätze dar. Einige

Naturwissenschaftsdidaktiker bestreiten, dass ein Konzeptwechsel im Sinne einer *genetischen Entwicklung* von kindlichen zu abstrakt-wissenschaftlichen Konzepten überhaupt möglich ist. Sie sehen die wissenschaftliche Ebene innerhalb der frühen Kindheit grundsätzlich als nicht eigenständig überwindbar. „[…] die Sprache des Grundschulkindes verweigert sich dem wissenschaftlichen Erkenntnisakt, und so gibt es auf dieser Schulstufe zwar die Sachkunde der Technik und Natur, aber weder Physik noch Chemie noch Biologie." (Schietzel 1973, S. 164). Müller (2005, S. 18) ergänzt, dass „chemische Begriffe und Sachverhalte von Grundschulkindern in unterrichtlichen Zusammenhängen verstehend eher nicht erfasst werden und späteres Lernen im Fachunterricht wenig vorbereiten können". Darüber hinaus stellt Müller (ebd., S. 152f.) fest: „[Es] wird trotz didaktisch inszenierter kognitiver Konfliktsituation [an dem ursprünglichen Konzept] festgehalten […]. Es sieht so aus, als ob subjektive Bedeutungsmuster […] altersunabhängig und so dominierend sind, dass sie sich durch eine frühzeitige Sachbegegnung nicht korrigieren lassen."

Speziell im Fach Chemie bleibt die Frage offen, ob ein Verständnisaufbau wirklich in einer *genetischen Entwicklung* beschritten werden kann. So basieren wissenschaftliche Interpretationen chemischer Vorgänge und Phänomene letztlich auf Modellvorstellungen im submikroskopischen Bereich und auf stark theoriegeleiteten Konstrukten. Diese abstrakten Vorstellungen sind aber nur äußerst schwer selbstständig herleitbar. Auch vorgeschlagene Hilfestellungen wie eine kritische Gruppendiskussion, ein Vergleich bestehender Vorstellungen oder der Einsatz von Hilfsmitteln ist kein Garant dafür, dass eine eigenständige Wissenserarbeitung gelingen kann. „Dass sie [die Kinder] dabei Vorstellungen entwickeln, die mit der Wirklichkeit wenig zu tun haben, ist genau der ‚Knackpunkt', der insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht bedacht werden muss." (WDR Fernsehen 2006, S. 17)

*Individualität und Eigenkonstruktion*

Obwohl die Neue Lernkultur in Baden-Württemberg sich deutlich *konstruktivistisch* ausgerichtet darstellt, formuliert von Hentig (2004c) im Einführungsteil des neuen Bildungsplans selbst die übergeordnete Kritik: „Sie [die Schulverwaltung] warnt gleichzeitig vor möglichen Fehlentwicklungen […] mit einer vielfach nahe gelegten und mit den heutigen technischen Mitteln möglichen radikalen Individualisierung und Materialisierung des Lernens.“ (Ebd., abgedruckt in Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, S. 16).

Elschenbroich (2002, S. 67) betont den Motivationsaspekt im Unterricht, hält aber eine Eigenkonstruktion des Lernprozesses nicht für realistisch: „Dass Kinder von selbst das für sie Beste auswählen, das Kind als Konstrukteur seiner eigenen Entwicklung – daran glaube ich nicht. Ich glaube, dass man Gewohnheiten bilden muss – was heute verpönt ist. Richtig ist, dass Kinder von sich aus, spontan, zum Forschen motiviert sind. Aber ohne Lehrer und ohne Anregungen geht es nicht weiter.“ Léna (Interview abgedruckt in Elschenbroich [2005], S. 218ff.) ergänzt: „Man kann sich in der Wissenschaft nicht allein auf die spontane kindliche Konstruktionskraft verlassen. Und man kann nicht jedes Mal in jedem Kind die gesamte Wissenschaftsgeschichte neu aufrollen.“

Aus Untersuchungen zur Persönlichkeitsentwicklung in handlungsorientierten Lernformen fanden sich keinerlei Hinweise dafür, dass ein *konstruktivistisch* orientierter Unterricht mit einem hohen Maß an Selbststeuerungsmöglichkeiten einem stärker *instruktiv* ausgerichteten Unterricht überlegen sei (Fried 2005; Tenberge 2002; Wild 1998). Kircher (1998, S. 223) fasst die bestehenden Untersuchungsergebnisse zusammen: „Bisher ist unklar, ob experimentell ausgerichtete Methoden (z. B. forschender Unterricht) zu besseren Ergebnissen führen als so genannte ‚traditionelle‘ Methoden.“ In Untersuchungen von Tenberge (2002, S. 185ff.) zur Entwicklung des Selbstkonzepts und Kom-

petenzerlebens von Schülern konnte beobachtet werden, dass ein Teil der untersuchten Kinder eher eine *instruktionale* Unterstützung benötigt und wiederum andere eher *eigenständige Lernformen*. Vor allem Mädchen sprachen indifferent auf *selbst gesteuertes Lernen* an oder neigten bei aufkommenden Problemen sogar eher zu *instruktivem Lernen*.

Als Fazit kann festgehalten werden, dass die Bedingungen für die Wissensentwicklung und das Erleben von Kompetenz individuell sehr unterschiedlich sein können und wohl eher eine Balance zwischen Selbst- und Fremdsteuerung angestrebt werden sollte. „Die Frage nach dem wünschenswerten Ausmaß an Selbststeuerung scheint sich weniger auf der Makroebene des Unterrichts, als vielmehr auf der Mikroebene eines jeden Schülers beantworten zu lassen […]. Kompetenzerfahrungen können also auch durch ‚dosierte Fremdanforderungen' vermittelt werden." (Ebd., S. 185f.) Auch Pfeifer et al. (1997, S. 210f.) plädieren für einen Ansatz der Balance aus Instruktion und Selbsterarbeitung: „[…] aus pädagogischen Gründen ist eine Ausgewogenheit zwischen Selbsterarbeitung und Informationsübernahme nötig. Wer nie erlebt und durchgemacht hat, wie Fakten gewonnen, fixiert und weitergegeben werden, der wird umgekehrt mit zu übernehmenden Fakten wenig anfangen können […]. Wer andererseits Fakten nicht zu übernehmen versteht, wird Lerninhalte nicht selbstständig erarbeiten können […]. Induktion und Deduktion sind vielmehr zwei ambivalent zu verstehende Begriffe. Denkabläufe sind ohne das permanente Wechselspiel von Induktion und Deduktion gar nicht vorstellbar." Wild (1998, S. 70) stellt schließlich fest, dass gewährte Freiräume im Lernprozess nur dann von Vorteil sind, wenn sie auch entsprechend genutzt werden. Tatsache dabei ist aber, dass sich Menschen in der Nutzung ihrer Freiräume erheblich unterscheiden. Dabei können die Ursachen entweder in stabilen Persönlichkeitseigenschaften oder in Besonderheiten der Lernsituation liegen.

*Situations- und Alltagsbezug*

Die Kritik an einer überzogenen *Handlungsorientierung* geht einerseits davon aus, dass kognitive Konzepte bereits angeboren sind und deshalb nicht erst erfahren werden müssen, andererseits ab einem gewissen Abstraktionsniveau Handlungserfahrungen keine zentrale Rolle mehr spielen und instruktionale vermittelt werden müssen. „Dieses Lebenskonzept: ‚An der Lebenswelt anknüpfen! Die Alltagserfahrungen der Kinder aufgreifen!' Ich sehe das nicht nur positiv. Alles soll möglichst ‚situationsnah' sein, ‚unmittelbar' zu begreifen – da wird zu stark simplifiziert […]. Ich meine, das Prinzip ist berechtigt, aber dass viele junge Lehrer übersehen, dass Unterrichten entwicklungsstimulierend sein sollte, das heißt, die Symbolisierungsebene muss angesprochen werden. Ihre Voraussetzungen für Konzeptbildung durch Symbolisieren sind längst vorhanden […]. ‚Ganzheitlich' und ‚handelnd – hands-on – interaktiv' […], das ist mittlerweile überzogen. Ich kann alles nicht gleich mit Sinnen erfassen. Ich muss mit Kindern auch über unsichtbare Dinge sprechen." (Interview mit Einsiedler abgedruckt in Elschenbroich 2002, S. 101)

### 2.3.3. Der neue Bildungsplan

Seit Beginn des neuen Jahrtausends wurden in allen Bundesländer Vereinbarungen getroffen, nach denen unter anderem die Naturwissenschaften im Grundschul- und Elementarbereich zu stärken und Themen der unbelebten Natur in die Bildungspläne aufzunehmen seien. Im Jahr 2003 wurde in Bayern der erste entsprechende Erziehungsplan für den Elementarbereich und im Jahr 2004 in Baden-Württemberg ein neuer Bildungsplan für die Grundschulen eingeführt. Seither wurden von der ersten Klasse an auch die Wissenschaften der unbelebten Natur (*Physical Sciences*) in den bisherigen Fächerverbund *Heimat- und Sachunterricht* (*HuS*) mit aufgenommen. Dabei werden die Naturwissenschaften nicht als Einzelfächer, sondern innerhalb des

erweiterten Fächerverbunds *Mensch-Natur-Kultur* (*MeNuK*) ganzheitlich unterrichtet. Die neue Bezeichnung bezieht sich auf die drei zentralen Lernbereiche des neuen Lernverbunds:

- ***Me**nschliches Leben*
- ***Na**t**ur**phänomene und Technik*
- ***K**ultur und Umwelt*

In den Leitgedanken des neuen Bildungsplans werden die Bedeutung des kindlichen *Vorverständnisses* und die *Anschlussfähigkeit* des erworbenen Wissens besonders hervorgehoben: „Bei Inhalten aus Natur und Technik werden die Empfindungen, Eindrücke, Vorkenntnisse und die Überlegungen der Schülerinnen und Schüler konstruktiv im Unterricht aufgenommen […]. Es wird sichergestellt, dass […] Gespräche zur Klärung kindlicher Meinungen und Deutungen berücksichtigt werden […]. Dies sichert die Anschlussfähigkeit sowohl an die Lebenswelterfahrungen und Interessen der Schüler und Schülerinnen als auch an die Lernangebote von Sachfächern in den weiterführenden Schulen.“ (Bildungsplan Baden-Württemberg 2004, S. 96f.)

Neben der Bezugnahme auf die kindliche Lebenswelt gibt es auch konkrete methodische Vorgaben. Dabei ist das Vorgehen klar *konstruktivistisch* orientiert: „Bewusst wird der Unterricht zunehmend anwendungs- und problemorientiert, explorativ, aktiv entdeckend und kreativ, themen- und projektorientiert gestaltet […]; selbstgesteuertes, forschend-exploratives Lernen benötigt viel Zeit und verlangt Konzentration auf das Wesentliche. Eine bedeutende Rolle spielen dabei die gestaltete Lernumgebung und die Bereitstellung von Materialien und Medien, die die selbstständige Informationsbeschaffung ermöglichen.“ (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport 2004b, S. 98f.)

Kernstück des neuen Bildungsplans ist der *Kompetenzbegriff*. Primäres Ziel ist nicht (mehr) Fachwissen zu vermitteln, sondern sich als Lernender sogenanntes ‚Orientierungswissen‘ anzueignen, das eine späte-

re Anwendung und Anschlussfähigkeit gewährleistet (ebd., S. 99). Trotz der zentralen Bedeutung übergeordneter Kompetenzen werden im Bildungsplan für die Grundschule eine Reihe inhaltlicher Vorgaben gemacht, die in Bezug auf die Naturwissenschaften in einer sehr umfassenden Liste verbindlicher Experimente münden. Die konkrete Umsetzung der Experimente bleibt dabei dem Lehrer überlassen. Die vorgegebenen Inhalte und Experimente werden im methodischen Teil der Arbeit genauer vorgestellt. Sie stellen die Grundlage für die Ermittlung des Vorwissens der Schulanfänger dar.

Noch existieren keinerlei Erhebungen zur Effizienz der neuen Bildungsstandards im Fächerverbund *MeNuK*. Vor allem eine ausschließlich handlungs- und phänomenorientierte Umsetzung naturwissenschaftlicher Problemstellungen wird kritisch gesehen. So schlägt Müller (2005, S. 166) anstatt einer Frühförderung eines naturwissenschaftlichen Verständnisses eine frühe inhaltsunabhängige und bereichsübergreifende Förderung „allgemeiner geistiger Operationen und Fähigkeiten“ vor. Einsiedler (Interview abgedruckt in Elschenbroich [2002], S. 100) hält ebenfalls eine Förderung übergeordneter Fähigkeiten für wichtiger. „Interessen zu fördern, das sehe ich als das Hauptziel des Sachkundeunterrichts an der Grundschule, und es kann im Kindergarten vorbereitet werden.“ Innerhalb des Ländervergleichs der TIMSS-Studie rückte auch das japanische Erziehungsmodell in den Vordergrund. Das japanische Schulsystem fördert dabei ebenfalls die Ausbildung übergreifender Grundhaltungen. „In japanischen Kindergärten wird nicht Faktenwissen gepaukt, sondern systematisch Grundhaltungen aufgebaut: Konzentrationsbereitschaft, Neugier und Kooperationsfähigkeit.“ (Elschenbroich 2002, S. 257ff.)

Bröll et al. (2007) warnen in Bezug auf die derzeitigen Schulreformen vor einer Wiederholung begangener Fehler der Vergangenheit: „Dennoch müssen nach 35 Jahren der großen Sachunterrichtsreform hin zur Wissenschaftlichkeit damalige Fehler bedacht werden, um neue Reformen nicht in die gleiche Richtung zu lenken. Kindliche Interes-

sen und Denkweisen müssen im Vordergrund stehen, die Lehrpläne müssen sich an der Lebenswelt der Schüler orientieren."

### 2.3.4. Fazit

Klare Forschungsbefunde und Interpretationen über *naturwissenschaftliche Vorstellungen* von Kindern im Vorschulalter oder zur *Effektivität konstruktivistischer Lernmodelle* konnten nicht ausgemacht werden. Die Darlegungen zum kindlichen Denken und entsprechende didaktische Ansätze müssen deshalb mit Vorbehalt betrachtet werden, scheinen sie doch eher auf Mutmaßungen als auf wissenschaftlichen Fakten zu beruhen. So gibt keinen Konsens darüber, inwieweit *kindliche Präkonzepte* tatsächlich unwissenschaftlich oder robust sind und ob der didaktische Ansatz eines *Konzeptwechsels im Sinne eines Ablöseprozesses* der kindlichen Entwicklung überhaupt entspricht und notwendig ist. Die sprachlichen Äußerungen von Kindern scheinen jedenfalls nicht notwendigerweise das tatsächliche Verständnis wiederzugeben. Zudem scheint sich in den letzten Jahren ein gesellschaftlich bedingter Wandel im kindlichen Denken zu vollziehen und eine Sichtweise zu bestätigen, die Kleinkinder als universell veranlagte Novizen betrachtet.

Müller (2005, S. 16) stellt fest, dass unterrichtliche Versuche, subjektive durch objektive Bedeutungsmuster auszutauschen oder einander anzunähern, häufig nicht gelingen und letztlich in Mischvorstellungen enden. Es gibt Hinweise, dass ein Ablöseprozess nicht unbedingt notwendig ist, da beide Vorstellungen auch bei gebildeten Erwachsenen nebeneinander existieren können und die Koexistenz nicht bedeuten muss, dass kein tieferes Verständnis vorhanden ist. Letztlich scheinen persönliche Aspekte darüber zu entscheiden, ob ein Konzeptwechsel stattfinden kann oder gewollt ist (vgl. Gardner 2003). Sicherlich kann ein entsprechender Unterricht dem Lernenden überhaupt die Möglichkeit bieten, weiterführende Konzepte zu übernehmen. Die Frage ist, ob eine Ablösestrategie überhaupt der Verständnisentwicklung

entspricht. Solange nicht geklärt ist, wie ein naturwissenschaftlicher Verständnisaufbau verläuft und keine klaren Befunde zur Effizienz der Lernmodelle vorliegen, muss der derzeitige Lernansatz im naturwissenschaftlichen Unterricht als vorläufig betrachtet werden.

# 3. Methodischer Teil

## 3.1. Fragestellungen und Hypothesen

### 3.1.1. Forschungsfragen

Primäres Forschungsanliegen der vorliegenden Arbeit ist die Überprüfung des *naturwissenschaftlichen Vorverständnisses* von Schulanfängern sowie die Feststellung des Einflusses *außerschulischer Faktoren* auf das vorhandene Wissen. Darüber hinaus sollen der *Wissenszuwachs* innerhalb der Grundschulzeit und mögliche *Grenzen des neuen didaktischen Lernansatzes* aufgezeigt werden. Folgende Fragestellungen stehen dabei im Mittelpunkt der Untersuchungen:

*Untersuchung des naturwissenschaftlichen Vorverständnisses*

- Über welches vor- und außerschulisch erworbene Wissen verfügen Kinder zum Zeitpunkt der Einschulung?
- Über welche Vorstellungen naturwissenschaftlicher und speziell stofflicher Phänomene verfügen Kinder zum Zeitpunkt der Einschulung?

*Untersuchung des Einflusses außerschulischer Bedingungsvariablen*

- In welchem Ausmaß bestimmt der soziokulturelle Hintergrund, (örtliche Lage der Schule, schulische Bildung der Eltern) das Vorwissen der Kinder?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und der Intelligenzleistung sowie den Fertigkeiten der Kinder?

*Untersuchung der Wirksamkeit von Unterricht*

- Über welchen naturwissenschaftlichen Wissenszuwachs verfügen die Kinder am Ende der Grundschulzeit?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Vorwissen und dem späteren schulischen Lernerfolg?
- Entspricht der gemessene Wissensstand auch der schulischen Leistungsbewertung?

### 3.1.2. Forschungshypothesen

*Untersuchung des naturwissenschaftlichen Vorverständnisses*

Claudia Hemling, Oberstufenleiterin eines Gymnasiums, antwortet auf die Frage, wie es um das Vorwissen der Kinder steht, Folgendes: „Da gibt es dramatische Unterschiede, und die werden immer größer […]. Es gibt viele Kinder, die enorm viel wissen […]. Die wissen dann auch sonst viel, was nichts mit Naturwissenschaften zu tun hat, sie sind universell klar im Kopf und geschickt mit den Händen […]. Aber für andere Kinder ist das eine neue Welt […]. An der Schule kann es kaum liegen. Es muss zu Hause entstanden sein oder vielleicht in der Kita, im Hort." (Interview abgedruckt in Elschenbroich [2005], S. 112f.) Die Behauptung der Lehrerin kann auch der vorliegenden Untersuchung zugrunde gelegt werden. Es wird davon ausgegangen, dass *naturwissenschaftliches Wissen* in wesentlichem Maße *vorschulisch* vermittelt wird und sich deshalb unter den Schulanfängern signifikante Unterschiede im Wissen als auch in den praktischen Fähigkeiten beobachten lassen werden. Außerdem wird prognostiziert, dass das Wissen in Bereichen der *unbelebten Natur* (Physik und Chemie), die auf Modellvorstellungen beruhen, deutlich geringer ist als in den Bereichen der *belebten Natur*.

Da es zu kindlichen *Präkonzepten* (*Vorstellungen*) für die untersuchte Altersgruppe so gut wie keine Untersuchungen gibt, setzt sich die Arbeit einerseits zum Ziel, bisherige phänomenspezifische Befunde zu verifizieren, andererseits, sie umfassend ergänzen zu können. So sollen speziell Vorstellungen zur stofflichen Natur (Gasvorstellungen und Phasenübergänge) in einen weiteren Zusammenhang grundlegender kindlicher Konzepte gestellt werden.

*Untersuchung des Einflusses außerschulischer Bedingungsvariablen*

Aufgrund der Ergebnisse bisheriger Untersuchungen (IPN-Forschungsplan 2004-2006, S. 36) wird vermutet, dass sich ein direkter

Zusammenhang zwischen dem naturwissenschaftlichen *Vorwissen* und dem *soziokulturellen Status* der Kinder herausstellen wird. Es wird außerdem erwartet, dass Kinder mit bildungsfernem *elterlichen Hintergrund* unterdurchschnittliche Ergebnisse erzielen werden. Entsprechend wird davon ausgegangen, dass auch die *örtliche Lage der Schule* die Leistungen der Kinder beeinflusst, da sie den soziokulturellen Hintergrund im Einzugsbereich widerspiegelt. So wird darüber hinaus davon ausgegangen, dass die Kinder im Bereich einer Brennpunktschule bereits mit deutlich weniger Vorkenntnissen eingeschult werden als Kinder aus einem ländlichen Gebiet. Zudem werden von den Schulanfängern der ländlichen Schule deutlich mehr praktische Fertigkeiten erwartet, da diese über wesentlich mehr Primärerfahrungen und Naturbegegnungen verfügen dürften. Weiterhin wird angenommen, dass die *intellektuelle Leistungsfähigkeit* einen direkten Einfluss auf das vorhandene Wissen hat und Kinder mit höherem allgemeinen Intelligenzgrad auch über signifikant mehr Vorkenntnisse verfügen.

*Untersuchung der Wirksamkeit des Unterrichts*

Legt man die Ergebnisse der PISA- und TIMSS-Studien zugrunde, nach denen speziell in Deutschland die kulturelle Herkunft der Kinder den Lernfortschritt in der Schule wesentlich beeinflusst, wird vermutet, dass der Sachunterricht die vorschulische Prägung und somit die vorhandenen Kenntnisse nur innerhalb eines gewissen begrenzten Rahmens verändern kann. Es wird davon ausgegangen, dass nach vier Jahren Sachunterricht weitgehend unabhängig vom sozialen Hintergrund insgesamt nur ein verhältnismäßig geringer Wissenszuwachs in allen Bereichen feststellbar sein wird. Dies würde bedeuten, dass das Wissensniveau zum Zeitpunkt der Einschulung die Leistungen am Ende der Grundschulzeit weitgehend vorherbestimmt und sich das Wissen auch nicht signifikant weiterentwickelt.

## 3.2. Stichproben

Ausgehend von den zentralen Forschungsfragen sollten Vorkenntnisse von Kindern untersucht werden, die in ihrem Leben bislang keine schulische Intervention erfahren haben. Weiterhin war es wichtig, die Lernvoraussetzungen der Kinder möglichst nahe zum Zeitpunkt des Schuleintritts zu erfassen. Unter diesen beiden Vorgaben hätte die Stichprobe aus vorschulischen Einrichtungen wie Kindergärten oder Tagesstätten entnommen werden können. Da sich die Kinder dieser Altersphase aber innerhalb einiger Monate oder gar Jahre äußerst schnell weiterentwickeln und es deshalb einen gravierenden Einfluss haben kann, ob vier-, fünf- oder sechsjährige Kinder untersucht werden, wurden für die Untersuchungen Probanden ausgewählt, die erst seit einigen Wochen eingeschult waren. Der Vorteil dieser Stichprobenwahl liegt zum einen in der homogenen und verhältnismäßig engen Altersverteilung der Probanden, zum anderen gewähren die bestehenden Klassenverbände, im Vergleich zu den meist gemischten Gruppen in Kindertagesstätten, eine organisatorisch vereinfachte und effizientere Durchführbarkeit der Erhebungszyklen.

### 3.2.1. Örtlicher und sozialer Hintergrund

Um Probanden mit möglichst unterschiedlichem außerschulischen Hintergrund zu erfassen, wurden drei erste Klassen ausgewählt, deren Schulen sich im *örtlichen* und *soziokulturellen Umfeld* deutlich unterscheiden. So wurden Schulanfänger einer ländlichen Schule, einer Stadt- sowie einer Brennpunktschule mit höherem Ausländer- und Arbeiteranteil für die Untersuchungen herangezogen. In Bezug auf den elterlichen Bildungshintergrund der Kinder zeigten die drei Schulen dabei ein jeweils typisches, differenziertes Profil (Abb. 10). So verfügten eine Mehrheit (52 %) der Eltern der Kinder der Brennpunktschule über einen Hauptschulabschluss. An der ländlichen Schule konnte der überwiegende Teil der Eltern einen mittleren Bildungsabschluss

(42 %) aufweisen. Die Eltern der Stadtschule gaben mehrheitlich an, über eine Hochschulberechtigung zu verfügen (46 %). Auffällig ist eine ‚Polarisierung' des Bildungshintergrunds der Eltern der städtischen Schule. Nur ein verhältnismäßig geringer Anteil verfügte hier über einen mittleren Bildungsabschluss.

| | *Brennpunktschule* | *Landschule* | *Stadtschule* |
|---|---|---|---|
| Probandenzahl (N=78) | 25 | 27 | 26 |
| Geschlecht | 14 m/11w | 18m/9w | 15 m/11w |
| Migrationshintergrund | 12 (48%) | 1 (3%) | 4 (15%) |

Tabelle 9: Stichprobenbeschreibung (erste Klassen)

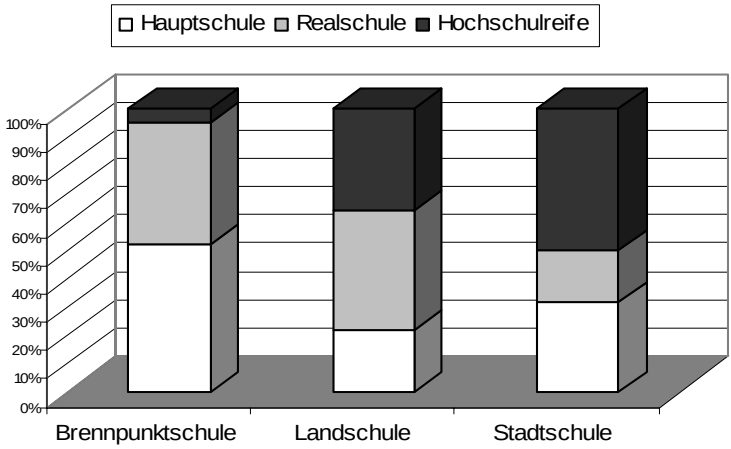



Abbildung 10: *Schulbildung* der Eltern (erste Klassen)

Im Ergebnisteil wurden, um den Einfluss der *örtlichen Lage* zu ermitteln, zunächst die gesamten Klassenverbände der Schulen miteinander verglichen. Um eine Abhängigkeit der gemessenen Kenntnisse speziell von der ‚Bildungsnähe' der Eltern zu ermitteln, wurden die Klassenverbände rechnerisch aufgelöst um durch Umverteilung ideale, begradigte Populationen mit klar abgestuftem Bildungshintergrund zu erhalten (vgl. Kapitel 4.1.2.).

Die Angaben zur beruflichen Tätigkeit und Ausbildung der Eltern erwiesen sich als problematisch und ließen sich entsprechend kaum differenzieren und kategorisieren. So gaben viele Eltern anstelle beruflicher Qualifikationen lediglich ‚Tätigkeitsbeschreibungen' an. Im Vergleich zu den klar kategorisierbaren schulischen Abschlüssen konnte so eine Einteilung in klar unterteilbare berufliche Kategorien nicht vollzogen werden. Darüber hinaus erwies es sich ebenfalls als problematisch, ausländische Abschlüsse mit deutschen Ausbildungsgängen und -niveaus vergleichen zu wollen. Schließlich legten die teils diffusen Angaben der Eltern zur beruflichen Stellung nahe, dass diese wohl aus Prestigegründen teils bewusst verfälscht wurden. So gab beispielsweise ein Elternteil eines deutschen Kindes ‚Apothekerin' als Beruf und ‚Hauptschule' als Bildungsabschluss an.

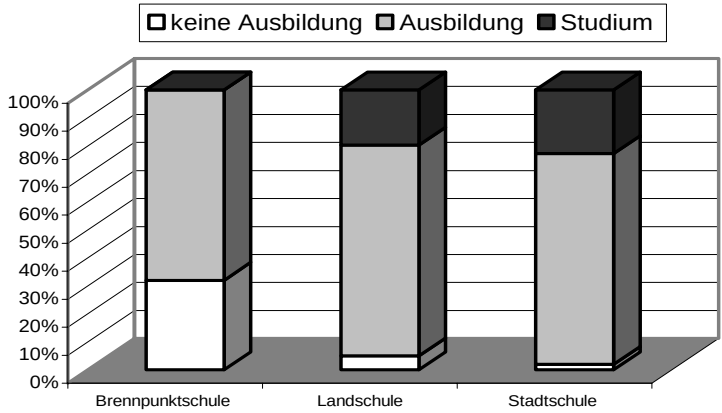



Abbildung 11: *Berufsausbildung* der Eltern (erste Klassen)

Zwar ließen sich die Angaben nach beruflicher Ausbildung respektive akademischem Abschluss unterteilen, allerdings ergaben diese Angaben alleine noch kein deutlich differenziertes Bild des beruflichen Status, zumal die überwiegende Mehrheit der Eltern aller drei untersuchten Schulen über eine abgeschlossene berufliche Ausbildung verfügt. Deutlich ist nur, dass ein verhältnismäßig hoher Anteil der Schülereltern der Brennpunktschule über keine abgeschlossene Berufsausbil-

dung verfügt. Aus den erwähnten Gründen wurden die Angaben zur Berufsausbildung zur weiteren Bewertung und Korrelationsfindung nicht herangezogen, da sie nicht reliabel erschienen.

### 3.2.2. Längsschnittstudie

An einer weiteren Stichprobe von Schülern am Ende der vierten Klasse sollte ermittelt werden, inwiefern sich die Kenntnisse der Probanden weiterentwickeln. Da innerhalb des zur Verfügung stehenden Erhebungszeitraums eine Überprüfung der Kinder der Ausgangsstichprobe im Sinne einer Longitudinalstudie nicht realisierbar war, wurden im Sinne einer Quasi-Längsschnittstudie zwei vierte Klassen der gleichen Schulen ausgewählt. Dabei wurden nur zwei der ursprünglich drei ausgewählten Schulen untersucht, da die Ergebnisse der Hauptuntersuchung darlegen konnten, dass zwischen Land- und Stadtschule querschnittlich weder vom Wissen, noch vom sozialen Hintergrund signifikante Unterschiede vorliegen:

| | *Brennpunktschule* | *Landschule* |
|---|---|---|
| Probandenzahl (N=52) | 24 | 26 |
| Geschlecht | 13 m/11w | 16m/10w |
| Migrationshintergrund | 12 (50 %) | 0 |

Tabelle 10: Stichprobenbeschreibung (vierte Klassen)

Die Vorgehensweise unterliegt insofern einem gewissen innewohnenden Fehlerpotenzial, als die Stichproben nicht mit den ursprünglich getesteten Klassen übereinstimmen. Es kann aber insofern von einer relativen Vergleichbarkeit ausgegangen werden, als die Probanden der jeweiligen Schulen einerseits über ein ähnliches soziales Umfeld verfügen und die schulisch vermittelten Lerninhalte weitgehend vorgegeben sind. Auch wenn im Unterricht der einzelnen Klassen eventuell unterschiedliche Schwerpunkte gesetzt wurden, kann dennoch prognostiziert werden, dass sich die Unterschiede ‚in der Gesamtheit' be-

trachtet weitestgehend ausgleichen werden. Letztlich stellen sich der Grad der schulischen Intervention und die gegebenen Lernbedingungen nicht als kontrolliert dar; allerdings wäre dies auch der Fall gewesen, wenn die Erhebung an den ursprünglichen Stichproben durchgeführt worden wäre. Auch hier kann von einer ‚Interventionskonstanz' nicht ausgegangen werden, zumal jeweils nach zwei Schuljahren ein Lehrerwechsel angestanden hätte.

### 3.2.3. Leitfadeninterview

Das Leitfadeninterview sollte weitere, vertiefende Einblicke in das konzeptionelle Denken und die Vorstellungswelten der Schulanfänger in ausgewählten naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen geben, in denen sich aufgrund der Ergebnisse der Vor- und Hauptuntersuchungen klare Wissensdefizite ergaben. Dies war vorwiegend im Bereich stofflicher Kenntnisse, speziell im Zusammenhang mit Teilchenvorstellungen und damit verbunden mit Zustands- und Stoffveränderungen (Phasenübergänge, Lösungsvorgang, Verbrennung) sowie Gas- und Luftkonzepten der Fall. Bereits die offen geführten Interviews innerhalb der Prätests konnten Erkenntnisse über kindliche Vorstellungen zu stofflichen Konzepten liefern, allerdings wurden zu diesem Zeitpunkt die Gespräche nicht transkribiert oder gezielt nach Begründungen gefragt.

Für die Nachuntersuchung wurden fünf Probanden (drei Jungen, zwei Mädchen) der bereits getesteten ersten Klasse der Landschule ausgewählt, die in ihrem Antwortverhalten im Wissenstest bei Aufgaben zur Gasvorstellung und Aggregatzuständen (Testaufgaben 36 und 37) durch unterschiedliches Antwortverhalten auffielen und dadurch ein größtmögliches Spektrum an Vorstellungen innerhalb des Klassenverbands repräsentieren sollten. Unter den Probanden sollte sich auch ein Kind befinden, das weitgehend wissenschaftlich korrekte konzeptionelle Vorstellungen aufwies.

## 3.3. Erhebungsinstrumentarium

Duit/von Rhöneck (1996) formulieren in Bezug auf die Ermittlung und Prognose von Leistungsunterschieden folgende Ergebnistrends bisher durchgeführter wissenschaftlicher Untersuchungen:

- Indikatoren der *intellektuellen Leistungsfähigkeit* (*Intelligenz*) und fachliche Vorkenntnisse sind die vergleichsweise besten Prädiktoren, wobei in der Regel *fachspezifische Fähigkeiten und Kenntnisse* die exaktesten Prognosen liefern.
- Fachleistungen in *klar strukturierten Wissensgebieten* sind besser vorhersagbar als solche in weniger klar strukturierten Gebieten.
- *Zusammengefasste Leistungen* lassen sich besser vorhersagen als Leistungen in einzelnen Fächern.
- Die Bedeutung *organisatorischer Merkmale* der Schule für die Aufklärung von Leistungsunterschieden ist im Vergleich zu individuellen Lernvoraussetzungen sehr gering.
- Insgesamt wirken sich andere Faktoren wie *Motivation (Einstellung) und Interessen* relativ wenig auf die Leistung aus.

Aus den Ergebnissen können deutliche Hinweise auf das methodische Vorgehen, das Erhebungsinstrumentarium und die zu erhebenden Inhalte abgeleitet werden. So lässt sich ein Zusammenhang zwischen Kenntnissen, Fertigkeiten und Intelligenz der Kinder ableiten. Die Prämisse, klar strukturierte Wissensgebiete zu untersuchen, ergibt sich aus den inhaltlichen Vorgaben des Grundschulbildungsplans in Baden-Württemberg von alleine. Auf die Erhebung organisatorischer Merkmale sowie weiterer Größen wie Interesse und Motivation wurde in den vorliegenden Untersuchungen weitgehend verzichtet. Zwar wurden innerhalb der beiden Prätests zunächst auch persönliche Einstellungen erfragt, allerdings wurde dieser Aspekt im weiteren Verlauf der Studie nicht weiter verfolgt. Abgesehen von der zu erwartenden geringen Aussagekraft, hätte aus zeitlichen Gründen eine Erhebung von Interessenslagen und anderen persönlichen Motiven den Erhe-

bungsrahmen deutlich überzogen. Tabelle 11 gibt zusammengefasst das eingesetzte Untersuchungsinstrumentarium wieder:

| **Untersuchungsgegenstand** | **Erhebungsinstrument** |
|---|---|
| Naturwissenschaftliche Kenntnisse | Fragebogengeleitetes Interview |
| Fertigkeiten | Fertigkeitentest (*Hands-on*) |
| Intelligenz | Intelligenztest (CPM) |
| Soziokultureller Hintergrund | Elternfragebogen |
| Vorstellungen | Prätests und Leitfadeninterview |
| Interessen/Einstellungen | Prätests |

Tabelle 11: Untersuchungsgegenstände und Erhebungsinstrumente

Die deskriptive Auswertung der quantitativ erhobenen Daten sowie die Erstellung entsprechender Kennwerte und Diagramme erfolgte durch das statistische Softwareprogramm SPSS 15.0 für Windows (2006).

### 3.3.1. Wissen (*Fragebogengeleitetes Interview*)

Der Interviewbogen stellt das zentrale Messinstrument der vorliegenden Erhebungen dar. Bei der Entwicklung des Fragenkatalogs muss berücksichtigt werden, dass über alle Naturwissenschaften hinweg bisher keinerlei Untersuchungen speziell für die anvisierte Alterstufe vorliegen und der Erhebung insofern grundsätzlich ein explorativer Charakter zukommt. Bisherige Studien befassten sich vornehmlich mit Kenntnissen von Schülern in der Sekundarstufe und teilweise auch am Ende der Grundschulzeit, nicht jedoch mit sechsjährigen Kindern. Hinzu kommt, dass innerhalb von durchgeführten Grund-

schuluntersuchungen wie IGLU-E die Mehrheit der Aufgabenstellungen der internationalen TIMSS- und CROSSTEL-Studien entnommen wurden und diese mehrheitlich nicht lehrplanbezogen ausgerichtet waren. Die Ergebnisse gaben lediglich allgemeine naturwissenschaftliche Kompetenzen und nicht-schulische Inhalte wieder. Ziel der vorliegenden Studie ist es allerdings, ein weit gefasstes Instrumentarium einzusetzen, das nicht nur reduziertes Faktenwissen misst, sondern umfassende Kenntnisse, Erfahrungen sowie kindliche Vorstellungen im Sinne eines *Gesamtbilds naturwissenschaftlicher Erkenntnisse* darstellen kann. Andererseits sollten die *Vorgaben des neuen Bildungsplans* in Baden-Württemberg berücksichtigt und auf vorhandene Kenntnisse und ihre Anschlussfähigkeit überprüft werden. Da es sich bei der zu untersuchenden Stichprobe um Kinder handelt, die weder schreiben noch lesen können, musste der Fragebogen in Form eines Interviewbogens angelegt werden, bei dem die Probanden nicht selbst ihre Antworten notieren, sondern der jeweilige Interviewpartner die Antworten notiert. Der Test sollte außerdem so angelegt sein, dass er sich nicht nur für eine Befragung von Schulanfängern eignet, sondern auch am Ende der vierten Klassenstufe eingesetzt werden kann. Hierzu war es notwendig, Aufgaben zu entwickeln, die auch einen zu erwartenden Kenntniszuwachs nach vier Jahren noch erfassen können.

*Inhalts- und Fragenbereiche*

Wie von Duit/von Rhöneck (1996) gefordert, sollte ein Leistungstest klar strukturierte Wissensgebiete wiedergeben. Hierzu wurden aus dem Bildungsplan für Grundschulen in Baden-Württemberg, speziell aus den Lernbereichen des Fächerverbunds *MeNuK*, die entsprechenden *Kompetenzen*, *inhaltlichen Vorgaben* und *verpflichtende Experimente* ermittelt (Tab. 12).

| **Kompetenzbereich**<br>Naturphänomene und Technik | **Kompetenzbereich**<br>Kultur und Umwelt |
|---|---|
| **Kompetenzfeld**<br>Natur macht neugierig | **Kompetenzfeld**<br>Mensch, Tier, Pflanze |
| **Kompetenzen**<br>• Über Phänomene staunen, sie wahrnehmen, beschreiben, begrifflich erfassen<br>• Einfache Experimente selbst durchführen<br>• Regelmäßigkeiten finden<br>• Energieträger unterscheiden<br>• Möglichkeiten der Energiegewinnung kennenlernen<br>• Um die Begrenztheit der Ressourcen wissen<br>• Möglichkeiten der Abfallvermeidung und Wiederverwertung kennenlernen | **Kompetenzen**<br>• Konzepte des Lebenden erkennen<br>• Techniken der Naturbeobachtungen anwenden<br>• Sinnliche Erfahrungen machen<br>• Kenntnisse über heimische Lebewesen besitzen<br>• Sich um Pflanzen sorgen, pflegen, nutzen<br>• Ordnungssysteme erkennen und anwenden<br>• Verantwortung für die Natur entwickeln |
| **Inhalte**<br>• Alltagsmaterialien: Papier, Textilien, Abfälle<br>• Naturphänomene: Wetter, Licht, Farbe, Veränderungen in der Natur<br>• Stoffe und Stoffveränderungen: Wasser, Wärme, Temperatur, Brennen, Löschen<br>• Energieformen, -träger, -wirkung: Elektrischer Strom, Licht, Wärme, Bewegung<br>• Abfallvermeidung, -trennung, -entsorgung | **Inhalte**<br>• Wachstum und Vermehrung von Pflanzen<br>• Nutzung von Tieren und Pflanzen: Nahrung, Kleidung, Holz<br>• Natürliche Lebensräume, Wald<br>• Naturschutz, Umweltverschmutzung |
| **Pflichtexperimente**<br>• Inhaltsstoffe von Nahrungsmitteln<br>• Wasser: Abwasser, Wasserkreislauf, Lösungen, Mischungen, Trennverfahren<br>• Luft: Eigenschaften, Verschmutzung, Antriebs- und Bremswirkung, Tragflächen<br>• Aggregatzustände, Phasenübergänge<br>• Licht, Schatten, Ausbreitung, Regenbogen<br>• Verbrennung, Kerze<br>• Wirkung von Kälte, Wärme und -isolation, Sonnenschutz<br>• Hebelwirkung, Schallübertragung<br>• Elektrischer Strom und seine Wirkungen<br>• Energieträger | **Pflichtexperimente**<br>• Blattgrün<br>• Wachstum und Keimung<br>• Leistungen von Auge/Ohr<br>• Pulsschlag<br>• Erosion und Gestein |

Tabelle 12: Naturwissenschaftliche Kompetenzen, Inhalte und Experimente innerhalb des Fächerverbunds *MeNuK* (Bildungsplan Baden-Württemberg 2004)

Der Fächerverbund teilt sich dabei in drei Hauptbereiche, sogenannte *Kompetenzbereiche*, auf:

Menschliches Leben (***Me***)
Naturphänomene und Technik (***Nu***)
Kulturphänomene und Umwelt (***K***)

Im Vergleich zu vorhergehenden Bildungsplänen für die Grundschulen wurden die ‚Wissenschaften der unbelebten Natur' (Chemie und Physik) nun im Sachunterricht innerhalb des Kompetenzbereichs *Naturphänomene und Technik* (*Nu*) integriert. Die Biologie, welche als einzige Naturwissenschaft traditionell im Sachunterricht verankert war, findet sich innerhalb des Lernbereichs *Kulturphänomene und Umwelt (K)* wieder. Die Abtrennung biologischer Inhalte kann wohl eher im Zusammenhang mit der historischen Entwicklung als mit einer wissenschaftlichen und didaktischen Begründung gesehen werden. Bei der Betrachtung der inhaltlichen Ebene fällt auf, dass naturwissenschaftliche Randbereiche wie die Medizin (*Human and Health Sciences*) oder Erdkunde (*Earth Sciences*), welche in englischsprachigen Ländern zur naturwissenschaftlichen Grundbildung gezählt werden, mit Ausnahme vereinzelter Experimente, keinen wesentlichen Bestandteil des Fächerverbunds MeNuK darstellen. Es zeigt sich, dass naturwissenschaftliche Bildungsinhalte und ein Verständnis einer *Scientific Literacy* stark gesellschaftlich und kulturell geprägt werden.

Aus den Vorgaben des neuen Bildungsplans wurden die Themen- und Aufgabenbereiche für den Wissenstest festgelegt. Die Unterteilung der naturwissenschaftlichen Disziplinen erfolgte in Anlehnung an internationale Studien, die lediglich zwischen Naturwissenschaften der *belebten Natur* (*Life Sciences*) und der *unbelebten Natur* (*Physical Sciences*) unterscheiden. Eine weitere Aufteilung in die Fächer Physik, Chemie und Biologie erweist sich auch insofern als problematisch, als eine Reihe thematischer Bereiche existieren, die sich nicht eindeutig einer Naturwissenschaft zuordnen lassen.

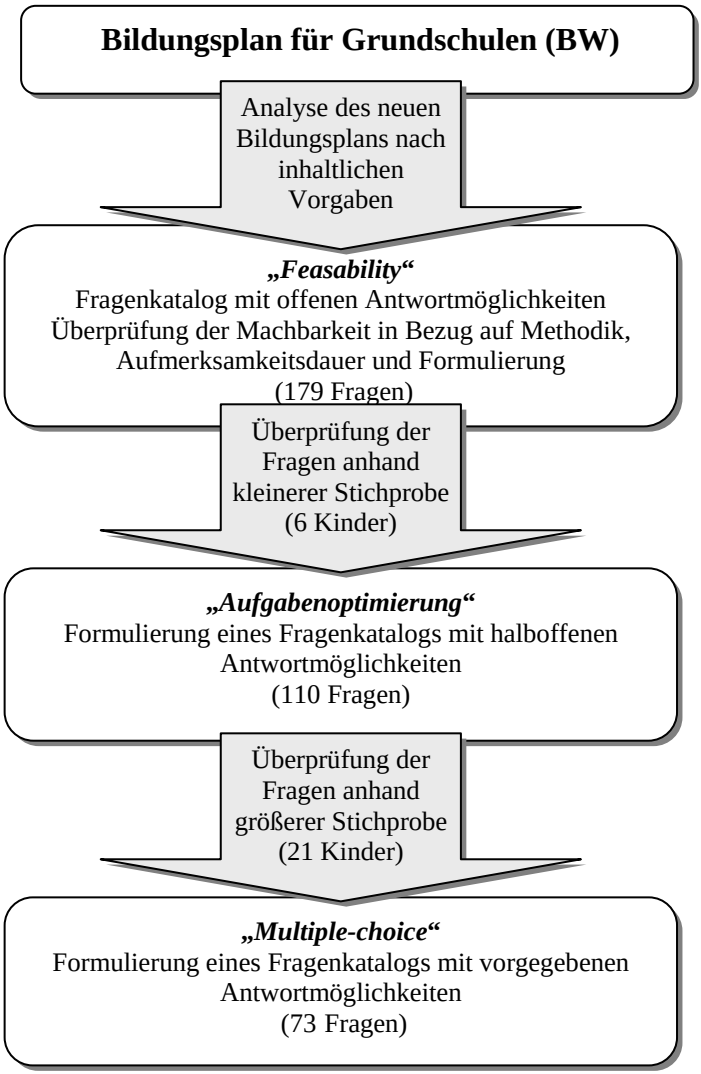
| ***Life Sciences*** | ***Physical Sciences*** |
|---|---|
| Konzepte und Ordnungen | Materie und Aggregatzustände |
| Anatomie und Physiologie | Stoffe und Stoffgemische |
| Entwicklung und Wachstum | Stofftrennung und -veränderungen |
| Verhalten und Lebensraum | *Masse, Volumen, Dichte, Wärme Schwimmen, Sinken |
| *Nutzung von Tieren und Pflanzen | Elektrischer Strom, Kräfte, Licht, Erde |
| *Ökologie und Umweltschutz | Maßeinheiten |

* Grenzbereiche

Tabelle 13: *Inhaltliche Themenbereiche* des fragebogengeleiteten Interviews

*Fragenentwicklung*

Die Aufgaben des Zieltests wurden über zwei Stufen, von offen und halboffen formulierten Aufgabenstellungen bis hin zu geschlossen formulierten Items mit vorgegebenen Antwortmöglichkeiten (*Multiple-choice*), entwickelt. Dabei standen einerseits Aspekte der *praktischen Durchführbarkeit* und *Testmethodik* (Konzentrationsfähigkeit und Aufmerksamkeitsspanne der Probanden, Fragenabfolge, Durchführung), aber auch die *Fragensyntax* (sprachliche Formulierung, Verständlichkeit, Exaktheit) im Vordergrund. Die Neigung der Probanden, aus einer sozialen Anpassungshaltung heraus nur vermeintlich erwünschte Antworten zu geben, wurde schließlich durch die Wahl eines *Multiple-choice-Verfahrens* im Zieltest, bei dem sich die Kinder klar für eine Antwort entscheiden mussten, auf ein Minimum reduziert. Die offen formulierten Vortests und entsprechenden Mitschriften und Notizen gewährten außerdem Rückschlüsse auf kindliche, naturwissenschaftliche Präkonzepte.




Innerhalb der ersten orientierenden Machbarkeitsstudie wurden an einer kleinen Probandengruppe neben naturwissenschaftlichen Fragen auch praktische *Hands-on-Aufgaben* sowie Fragen zu *Interessen*, *Einstellungen*

und zum *Selbstkonzept* der Kinder gestellt. Die Mehrheit der Fragestellungen zum naturwissenschaftlichen Wissen wurde in Form offener Antwortmöglichkeiten angelegt. Etwa ein Drittel der Aufgabenstellungen sollte als Sortier- und Zuordnungsaufgaben bearbeitet werden. Dabei wurden alle naturwissenschaftlichen Inhaltsbereiche etwa in gleichem Umfang berücksichtigt.

Die Interviews des ersten orientierenden Vortests fanden kurz nach der Einschulung im Herbst 2005 zunächst an sechs Probanden einer ersten Klasse statt. Die Kinder wurden voneinander getrennt und im Wechsel von je drei Testpersonen befragt. Jedes Kind wurde an einem Termin insgesamt etwa 90 Minuten befragt, wobei den Kindern nach 15 Minuten eine etwa ebenso lange Pause zugestanden wurde, während der sie in einem betreuten Bereich des Raums spielen konnten. Die Bearbeitung der umfangreichen Aufgabenstellungen umfasste insgesamt vier Erhebungstermine im Wochenabstand. Die Interviewer wurden jeweils eine Woche vor den jeweiligen Erhebungsterminen in die Aufgabenstellungen und die Vorgehensweise eingeführt und angewiesen, Auffälligkeiten zum Verhalten der Kinder zu protokollieren.

In Folge der Auswertungen des ersten Prätests wurde ein zweiter Fragebogen entworfen, der deutlich weniger Aufgaben umfasste. Zur vereinfachten Durchführung und zur Ermittlung möglicher Distraktoren für den Zieltest wurden die Antwortoptionen nun vorformuliert. Dabei konnten aber noch abweichende Antwortvarianten notiert werden. Dieser zweite Vortest fand im Frühjahr 2006 statt. Diesmal wurde ein ganzer Klassenverband einer ersten Klasse einer anderen Grundschule durch sieben Tester befragt. Der insgesamt 110 Aufgaben umfassende Fragenpool wurde innerhalb von fünf Befragungsterminen im Wochenabstand erhoben. Die Bearbeitungsdauer der durchschnittlich 20 bis 25 Fragen lag nun bei etwa 15 Minuten pro Kind und stellte sich somit als deutlich reduziert dar. Die Probanden wurden zu jedem Termin in einem roulierenden System von jeweils

einem anderen Interviewer befragt. Hierzu warteten die Kinder im Klassenzimmer, bis sie zur Befragung abgeholt wurden. Die Befragung fand in einem gesonderten Raum an Schülertischen statt. Nach dem Interview wurden die Schulanfänger wieder in den Klassenverband zurückgebracht. Innerhalb des Interviews wechselten sich die verbal zu beantwortenden Fragen mit praktischen Tätigkeiten und Zuordnungsaufgaben (Sortieraufgaben) ab. Um die Kinder für die gesamte Befragungsreihe zu motivieren, wurde mit Aufgabenstellungen zur *belebten Natur* begonnen und weiterhin darauf geachtet, dass alle Aufgaben durch vorbereitete Handversuche und Realien einen motivierenden und praktischen Bezug erhielten. Tabelle 14 stellt die Aufgabenverteilung der Testentwicklung dar.

| | *Prätest I* | *Prätest II* | *Multiple-choice-Test* |
|---|---|---|---|
| Anzahl Probanden<br>1. Klasse<br>4. Klasse | 6 | 21 | 78<br>54 |
| Fragen zu Interesse, Einstellungen und Selbstkonzept | 7 | 7 | - |
| Interviewfragen | 114 | 67 | 54 |
| Zuordnungsaufgaben | 53 | 36 | 19 |
| *Hands-on*-Aufgaben | 12 | 7 | 14<br>*gesonderter Fertigkeitentest* |

Tabelle 14: *Aufgabenprofil* innerhalb der Testentwicklung

Die Fragen zur Einstellung, zum Interesse und zum Selbstkonzept der Kinder wurden nicht in den standardisierten Test überführt, da sie einerseits nicht Gegenstand der eigentlichen Forschungsfragen waren, andererseits die Relevanz der zu erwartenden Ergebnisse als gering eingeschätzt wurde. Zehn *Multiple-choice-Aufgaben* des Zieltests wurden der veröffentlichten US-amerikanischen TIMSS-Studie (TIMSS 2003, Released Science Items, 4$^{th}$ Grade) entnommen. Sie sind in Tabelle 15 entsprechend gekennzeichnet. Der amerikanische Test erwies sich als

Ganzes für das vorliegende Untersuchungsvorhaben als ungeeignet, da sich einerseits die Inhalte nicht mit den Vorgaben des Bildungsplans deckten (*Earth Sciences, Human Health, Life Processes*), andererseits der Test für eine andere Altersgruppe (Ende Klasse 4) konzipiert wurde.

| **Life Sciences** | | **Physical Sciences** | |
|---|---|---|---|
| *Konzepte/Ordnungen (Faktenwissen)* | Fragen: 01, 02, 07, 08, 18, 19, 20 | *Materiekonzepte/Aggregat-zustände (Konzeptwissen)* | Fragen: 35, 36, *37, *38, 45, 46 |
| *Anatomie/Physiologie (Konzeptwissen)* | Fragen: *10, 11, *12, 13, 14, 15, 16, *17 | *Stoffe/Stoffeigenschaften (Faktenwissen)* | Fragen: 39, 40, 41, 48, 49 |
| *Entwicklung/Wachstum (Fakten- und Konzeptwissen)* | Fragen: *03, 04, 05, 06 | *Stofftrennung/-veränderungen (Konzeptwissen)* | Fragen: 47, 50, *51, 52, 53 |
| *Verhalten und Lebensraum (Faktenwissen)* | Fragen: *09, 21, 22, 23, 24, 25 | *Wärme, Masse, Volumen, Dichte , Schwimmen, Sinken, (Konzeptwissen)* | Fragen: 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62 |
| *Nutzung von Tieren und Pflanzen (Faktenwissen)* | Fragen: 31, 32, 33, 34 | *Energie, Licht, Erde (Fakten- und Konzeptwissen)* | Fragen: 63, 64, 65, 66, 67, *68, *69, 70, 71, 73 |
| *Ökologie (Faktenwissen)* | Fragen: 26, 27, 28, 29, 30 | *Maßeinheiten und Technik (Faktenwissen)* | Fragen: 42, 43, 44, 72 |

Tabelle 15: Inhaltliche Zuordnung der Testfragen

(* Fragen aus TIMMS 2003)

Jeder Wissensbereich umfasst etwa die gleiche Anzahl von Fragen. Die Aufgabenstellungen erfordern verschiedene Kognitions- und Wissensebenen, also neben reinem *Faktenwissen* auch *konzeptionelles* und

*prozedurales Wissen*. Die Bearbeitung der Aufgaben wurde in der Regel so durchgeführt, dass die Kinder entsprechende Materialien und Realien vor sich liegen hatten, ihnen zu einem Phänomen oder zum Ausgang eines Experiments verschiedene Hypothesen vorgelesen wurden und sie sich schließlich für eine Antwortalternative entscheiden mussten. Nachdem die Probanden ihre Vermutungen geäußert hatten, wurde ihnen auf Wunsch das Experiment vorgeführt oder sie konnten es selbst durchführen. Die Testpersonen wurden aufgefordert, sich Notizen über ihre Beobachtungen in Bezug auf die Probanden sowie die Testmethode und Aufgabenformulierung zu machen. Die Protokolle wurden jeweils nach jeder Erhebung besprochen und ausgewertet. Zusammenfassend sind hier die Beobachtungen kurz dargestellt. Sie stellten die Grundlage zur Verbesserung des Fragekatalogs und der Erstellung eines standardisierten Tests dar.

*Fragemethodik und Probandenverhalten*

- Die Aufmerksamkeitsdauer variiert von Kind zu Kind. Sie nimmt in der Regel nach etwa 10 bis 15 Minuten deutlich ab.
- Trotz eingeschobener Erholungsphasen zeigten sich die Kinder nach zwei Fragerunden unkonzentriert.
- Je weniger Aufgaben für das Kind ‚erfolgreich' gelöst werden, desto geringer ist die Konzentrationsfähigkeit.
- Die meisten Probanden neigen dazu, möglichst schnell Antworten und Lösungen anzugeben, um rasch die nächste Aufgabe in Angriff zu nehmen. Allerdings zeigen sich die meisten Kinder von selbst bereit, gegebene Antworten nochmals zu überdenken. Wenige Kinder zeigten keine Bereitschaft, ihre Lösungen nochmals zu reflektieren, und gaben teils vorschnell Antworten, noch bevor alle Lösungsvorschläge vorgelesen wurden.
- Durch positive Verstärkung (Ermutigungen) können die meisten Kinder zum Nachdenken motiviert werden.
- Einzelne Kinder traten durch besonders großes Interesse, hohe Reflexionsfähigkeit und umfassendes Wissen hervor.

- Nach mehr als etwa 30 Sekunden Wartezeit ergaben sich in der Regel keine Antworten mehr.
- Zuordnungsaufgaben in Form von Gruppierungen und Klassifizierungen erwiesen sich als besonders motivierend und aussagekräftig. Bei diesem Aufgabentyp müssen die Kinder aufgefordert werden, die Darstellungen zunächst etwa 10 Sekunden (ohne ‚Hand anzulegen' oder sich sofort für eine Möglichkeit zu entscheiden) nur zu betrachten.
- Im Bereich der belebten Natur (speziell bei Aufgaben des Themenbereichs Zoologie) waren das Wissen und die Motivation der Kinder groß. Deutlich schneller ermüdeten die Kinder bei Aufgabenstellungen zum konzeptionellen Wissen physikalisch-chemischer Natur, bei denen sie nicht sofort auf direkt abrufbares Wissen zurückgreifen konnten, sondern Vermutungen anstellen mussten.

*Fragenformulierung und Distraktoren*

- Fast alle Aufgabenstellungen wurden sprachlich umformuliert. Im Zentrum stand dabei die Korrektur unbekannter oder doppeldeutiger Begriffe. So wurde beispielsweise der Ausdruck ‚gefährdete Tiere' von den Kindern häufig mit dem Begriff ‚gefährliche Tiere' verwechselt.
- Die Aufgaben wurden daraufhin beurteilt, ob ein ‚differenzierbares' Antwortverhalten der Probanden vorliegt. Die Fragen sollten ein ‚mittleres Wissensniveau' besitzen, also ‚wenigstens von einem Teil der Probanden gelöst/nicht gelöst werden können'.
- Es sollten möglichst mehrere, sich klar unterscheidende Distraktoren einer Aufgabenstellung zugeordnet werden können.

*Testgüte*

Die Vorgabe eines Antwortensets im *Multiple-choice-Test* weist gegenüber anderen Messverfahren den entscheidenden Vorteil auf, dass sich die Auswertung eindeutig, objektiv und weitgehend testerunabhängig gestaltet. Darüber hinaus wurde für die Befragung eine schriftliche Anleitung entwickelt, welche das Vorgehen (Auftreten, verbale Verstär-

kung, Befragungsdauer, Fragenwiederholung, Demonstrationen, Aufgabenauflösung) vorgab. Zudem wurden alle beteiligten erwachsenen Personen jeweils eine Woche vor jedem Erhebungszyklus fachlich und methodisch eingewiesen. Eine Stunde vor Befragungsbeginn wurden nochmals alle anstehenden Aufgabenstellungen besprochen und offene Fragen geklärt. Damit sich die Testpersonen nicht auf bestimmte Kinder fixieren konnten, wurde ihnen zu jedem Befragungstermin jeweils ein anderes Kind zugeteilt.

Zur Bewertung der *Reliabilität* eines Tests werden die einzelnen Items zu einem theoretischen Gesamtwert, dem sogenannten *total score*, aufsummiert und dann die Korrelationen der einzelnen Items zu diesem Gesamtwert ermittelt. Die Analyse kann dabei zwei verschiedene Zielsetzungen verfolgen:

1. Der Fragenkatalog soll *unterteilt* oder *gekürzt* werden.
2. Der Fragenkatalog soll auf *Gesamtzuverlässigkeit* überprüft werden.

Im ersten Fall ist das Ziel, die einzelnen Items daraufhin zu überprüfen, ob sie die gleiche *Dimension* wiedergeben und die Antworten der einzelnen Items Gemeinsamkeiten mit anderen Items aufweisen. Dabei werden die Korrelationen der einzelnen Items untereinander gemessen. Korrelieren die Items, kann man davon ausgehen, dass sie die gewünschte *Dimension* (z. B. Zufriedenheit) messen. Solche Items messen *eindimensional*. Bei Items, die schlecht korrelieren, nimmt man an, dass sie eine andere Dimension messen. Diese abweichende *Dimension* (z. B. Freundlichkeit) wird dann interpretativ ermittelt und die Items entsprechend aufgeteilt oder, wenn dies nicht erwünscht ist, der Fragenkatalog um diese abweichenden Items gekürzt. Dieser Vorgang wird als *Faktorenanalyse*, die Auflistung der Korrelationen der einzelnen Items als *Likert-Skalen* bezeichnet und findet hauptsächlich bei der Messung von *Einstellungen* ihre Anwendung (Mayer 2004, S. 86 und 137ff.).

Beim vorliegenden Aufgabenpool steht diese Art der Analyse nicht im Vordergrund, da der Fragenkatalog nicht auf eine oder einzelne Dimensionen zurückgeführt werden kann und soll. Die Ausprägung der latenten Variablen ‚naturwissenschaftliche Kenntnisse' ist nicht eindeutig differenzierbar. Die Aufgaben stellen sich insofern als inhomogen dar und messen jeweils unterschiedliche Dimensionen. Sie umfassen neben spezifischem Fachwissen auch konzeptionell-prozedurales Wissen sowie Aufgabenstellungen, die verstärkt kindliche Vorstellungen wiedergeben. Brügelmann (2003, S. 1) bemerkt hierzu: „Ein Test mit ausgewählten Teilaufgaben muss nicht zu demselben Ergebnis führen wie der Gesamttest, auch wenn die Schwierigkeit der einzelnen Items auf Vergleichbarkeit geprüft worden ist." Es kann also nicht um die ‚Brauchbarkeit' einzelner Items, sondern lediglich um die *Zuverlässigkeit der Gesamtskala* gehen. Alle gemessenen Dimensionen des naturwissenschaftlichen Vorverständnisses sollen gleichzeitig erhoben werden, um schließlich ein ‚Gesamtbild' vorhandener Kenntnisse, Erfahrungen und Vorstellungen wiederzugeben. Eine faktorenanalytische Vorgehensweise, die korrelierende Items zusammenfasst und reduziert, wurde deshalb nicht intendiert.

Der für die *Gesamtzuverlässigkeit* heutzutage gebräuchlichste Reliabilitätskoeffizient ist *Cronbachs Alpha* (α). Es handelt sich dabei um eine Schätzung der Testzuverlässigkeit, die auf der Korrelation aller Items untereinander beruht, nach der Formel (Janssen/Laatz 2005, S. 566):

$$\alpha = \frac{a}{a-1} \cdot \left[ 1 - \frac{a}{a+2b} \right]$$

a= Anzahl der Items
b= Summe der Korrelationskoeffizienten zwischen den Items

Aus der Berechnung geht hervor, dass ein Messinstrument umso zuverlässiger ist, je mehr Items es erhebt. Es existiert keine Konvention für die Höhe des Reliabilitätskoeffizienten, ab dem eine Skala (Fragenkatalog) als hinreichend zuverlässig angesehen wird. Der hypothe-

tische Wert von α=1.0 steht für perfekte Reliabilität. Werte von 0.7 bis 0.8 gelten als empfehlenswert, zwischen 0.6 und 0.7 als akzeptabel zuverlässig. Die Überprüfung des Fragenkatalogs ergab einen *Gesamtreliabilitätskoeffizienten a=0,69*. Die Zuverlässigkeit des Fragenpools kann also als hinreichend eingestuft werden, was sich auf die verhältnismäßig große Anzahl der Items zurückführen lässt. Eine Ermittlung der *Beurteilerreliabilität* stellt sich im Zusammenhang mit den gegebenen hochinferenten Aufgabenstellungen des *Multiple-choice-Tests* als irrelevant dar. Testerreliabilitäten müssen nur dann berücksichtigt werden, wenn ‚Einschätzungen' durch die Testpersonen abgeben werden und die Fragestellungen entsprechend niederinferent sind und interpretiert werden müssen.

Die Bedingungen für die Auswahl und Formulierung geeigneter *Distraktoren* waren, neben der wissenschaftlichen Korrektheit, dass sämtliche Alternativantworten von den Probanden auch als potenziell relevant betrachtet werden. Hierzu wurden die jeweiligen Antwortensets des Fragebogens aus den offenen Antwortvarianten der Vortests generiert. Die Gesamtzahl der Distraktoren wurde auf vier festgelegt. Eine geringere Anzahl erhöht die Möglichkeit, durch Raten zum richtigen Ergebnis zu kommen, deutlich.

## Interview- und Erhebungsfragen 1

Tester: _____ Proband: _____ Datum: _____

1. Ich zeige dir jetzt immer drei Bilder, die zusammengehören. (*Bildabschnitte zeigen*) Welche drei Bilder zeigen nur Lebewesen?
   *Sind das hier nur Lebewesen, oder dies hier?*
   *(jeweils auf Darstellung deuten)*

   ☐ Teddybär / Baum / Wurm
   ☐ Pilz / Gras / Steine
   ☐ Plankton / Pilz / Gras
   ☐ Alge / Feder / Mehrzeller

2. Schau dir diese vier Lebewesen an! Eines der vier Lebewesen ist kein Tier. Welches ist kein Tier?
   *Ist dies kein Tier, oder dies hier kein Tier?*
   *(jeweils auf Darstellung deuten)*

   ☐ Seestern
   ☐ Alge
   ☐ Raupe
   ☐ Muschel

3. Schau dir diese vier Tiere an! Welches der Tiere legt keine Eier, sondern bringt lebende Junge zur Welt?

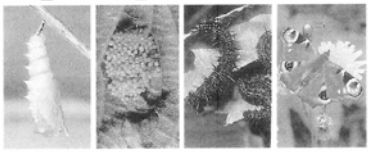
   ☐ Frosch
   ☐ Hai
   ☐ Eichhörnchen
   ☐ Schmetterling

4. Wie entstehen neue Pflanzen? Ich lese dir jetzt vier Dinge vor, aber nur eines stimmt. Was stimmt?
   (*Vorlesen und nach Denkpause nochmals vorlesen*)

   ☐ Pflanzen bringen lebende, kleine Pflanzen zur Welt.
   ☐ Wenn Pflanzen gedüngt werden, entstehen neue Pflanzen.
   ☐ Pflanzen legen Eier aus denen junge Pflanzen wachsen.
   ☐ Aus Samen in Früchten entstehen neue Pflanzen.

5. Diese Bilder zeigen wie ein Schmetterling entsteht. Die Bilder sind aber durcheinander geraten. Zeige mir die richtige Reihenfolge! Welches Bild kommt zuerst? Welches Bild folgt dann?

   ☐ ☐ ☐ ☐



6. Diese Bilder zeigen das Leben eines Löwenzahns. Aber die Bilder sind ebenfalls durcheinander geraten. Zeige die richtige Reihenfolge! Welches Bild kommt zuerst? Welches Bild folgt dann?

   ☐ ☐ ☐ ☐

7. Bussarde, Eulen, Falken und Geier gehören sind alle:

   ☐ Zugvögel ☐ Adler
   ☐ Raubvögel ☐ Singvögel

8. Ein Tier, das ich dir jetzt nenne, ernährt sich von anderen Tieren. Welches Tier frisst andere Tiere?

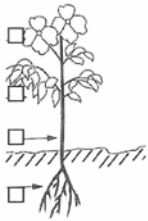
   ☐ Biene ☐ Schnecke
   ☐ Pferd ☐ Spinne

Interview- und Erhebungsfragen 2

Tester:_____ Proband:_____ Datum:_____

9. Du siehst hier verschiedene Pflanzen und Bäume (einzeln auf Bilder zeigen). Welche dieser Pflanzen und Bäume wachsen nur im tropischen Regenwald?

10. Du siehst hier eine Pflanze. Welcher Teil der Pflanze kann am meisten Wasser aufnehmen? (*jeweils auf Bereiche deuten*)



11. Welches der Dinge, die ich dir nenne, befindet sich nicht in deinem Körper?

☐ Blinddarm ☐ Speiseröhre
☐ Wurzelhaare ☐ Luftröhre

12. Wo wird beim Mensch das Riechen, Hören, Schmecken und Sehen verarbeitet?

☐ im Augennerv ☐ im Magen
☐ im Rückgrad ☐ im Gehirn

13. Was macht die Lunge in unserem Körper?

☐ Die Lunge pumpt und bewegt das Blut.
☐ Die Lunge färbt das Blut rot.
☐ Die Lunge bringt Luft in den Körper und das Blut.
☐ Die Lunge verdaut das Essen.

14. Wie viele Beine hat die Biene?

☐ 4 ☐ 6 ☐ 8 ☐ 10

15. Was passiert, wenn du die Luft für eine Weile anhältst? Nur eine Antwort ist richtig!

☐ Dein Herz schlägt dann schneller.
☐ Die Zeit vergeht dann langsamer.
☐ Du hörst dann nicht mehr so gut.
☐ Dein Herz schlägt dann langsamer.

Interview- und Erhebungsfragen 3

Tester: Proband: Datum:

16. Warum gibt es Schweißtropfen auf deiner Haut, wenn du schwitzt? Nur eine Antwort ist richtig!

- ☐ Damit der Körper abkühlen kann.
- ☐ Damit der Körper sauber wird.
- ☐ Damit andere merken, dass man schwitzt und dann etwas zu trinken bringen.
- ☐ Damit das Wasser, das zu viel ist, schnell aus dem Körper geht.

17. Warum wirst du nicht so oft krank, wenn du die Hände wäscht? Nur eines ist richtig!

- ☐ Weil die Hände dann besser aussehen.
- ☐ Weil die Haut dann nicht so schnell austrocknet.
- ☐ Weil die Hände dann wärmer sind.
- ☐ Weil dann Bakterien auf der Haut. weggewaschen werden.

18. Welches der drei Tiere, die ich dir jetzt zeige, gehören zusammen und sind miteinander verwandt? *(keine Nennung!)*

- ☐ Orang-Utan, Pavian, Pandabär
- ☐ Karpfen, Delfin, Wal
- ☐ Schweinearten
- ☐ Reh, Antilope, Katze

19. Welche der drei Tiere, die ich dir jetzt zeige, gehören nicht zusammen, sind nicht miteinander verwandt? Sind diese Tiere nicht miteinander verwandt oder diese? (jeweils auf Gruppen deuten)

- ☐ Spinne, Biene, Marienkäfer
- ☐ Seeigel, Seestern, Seeanemone
- ☐ Regenwurm, Bandwurm, Nematode
- ☐ Tintenfisch, Krebs, Nacktschnecke

20. Welche der Pflanzen, die ich dir jetzt zeige, gehören jeweils zusammen, das heißt sie sind miteinander verwandt ? Sind diese Pflanzen alle miteinander verwandt oder diese? (jeweils auf Gruppen deuten)

- ☐ Tulpengewächse + Fehler
- ☐ Korbblütler + Fehler
- ☐ Doldengewächse + Fehler
- ☐ Korbblütler

21. Schau dir den Hund genau an ! Was will er dir sagen?

- ☐ Ich möchte mit Dir spielen.
- ☐ Ich habe Hunger.
- ☐ Ich habe Angst.
- ☐ Ich fühle mich wohl.

22. Eines der Tiere, die ich dir jetzt nenne, macht keinen Winterschlaf oder Winterruhe? Welches?

☐ Igel ☐ Bär
☐ Maus ☐ Kröten

23. Einer der Bäume, die ich dir jetzt nenne, wirft im Winter alle Blätter ab ?

☐ Fichte ☐ Tanne
☐ Eiche ☐ Kiefer

Interview- und Erhebungsfragen 4

Tester:_____ Proband:_____ Datum:_____

24. Was machen Vögel im Winter? Nur eines von dem, was ich dir sagen werde, ist richtig. Was stimmt?

- ☐ Alle Vögel ziehen im Winter in den Süden.
- ☐ Nicht alle, aber einige Vögel ziehen im Winter in den Süden.
- ☐ Alle Vögel bleiben im Winter hier und bauen ein warmes Nest.
- ☐ Nur Greifvögel wie Habicht oder Bussard ziehen im Winter in den Süden.

25. Ich erzähle dir jetzt etwas über Ameisen. Was stimmt als einziges?

- ☐ Ameisen verspritzen Säure, wenn sie Angst haben.
- ☐ Ameisen bringen den Wald in Unordnung.
- ☐ Ameisen fressen nur Pflanzen.
- ☐ Ameisen beißen, wenn sie Angst haben.

26. Wir sollten alle Energie sparen? Was von dem, was ich dir jetzt sage, stimmt als einziges nicht? Was ist eine Lüge?

- ☐ Ich muss Energie sparen, weil Stoffe, die Energie haben zum Teil knapp sind und ausgehen können.
- ☐ Ich muss Energie sparen, damit auch andere Menschen genug davon haben.
- ☐ Ich muss Energie sparen, weil Energie teuer ist.
- ☐ Ich muss Energie sparen, weil die Sonne nicht mehr lange scheinen wird.

27. Welche der Tiere, die ich dir jetzt nenne, sind selten und müssen deshalb besonders beschützt werden?

- ☐ Schlangen ☐ Känguru
- ☐ Pandabären ☐ Rehe

28. Um die Natur zu schützen sollte es weniger Abfall geben. Eines der Dinge, die ich dir jetzt sage ist keine gute Idee, um die Natur zu schützen und Abfall zu vermeiden? Was ist keine gute Idee?

- ☐ Abfall verbrennen
- ☐ weniger einkaufen
- ☐ Sachen ohne Verpackung kaufen
- ☐ Abfall trennen

29. Was ist für einen Wald am gefährlichsten? Was schadet ihm am meisten?

- ☐ ein eiskalter Winter
- ☐ Autoabgase
- ☐ Kinder, die im Wald Äste abreißen
- ☐ die Strahlen der Sonne

30. Warum ist der Wald so wichtig für uns Menschen?

- ☐ Weil der Wald die Luft zum Atmen für die Menschen herstellt.
- ☐ Weil ohne das Holz des Walds wir nicht mehr heizen können.
- ☐ Weil aus dem Wald das meiste Essen kommt.
- ☐ Weil ohne die Tiere im Wald die Menschen nicht mehr leben können.

Interview- und Erhebungsfragen 5

Tester: _____ Proband: _____ Datum: _____

31. Woraus wird Wein hergestellt?

☐ aus verdünntem Rinderblut
☐ aus Alkohol und rotem Farbstoff
☐ aus Wasser und Hefe
☐ aus Trauben

32. Was braucht du nicht, um Brot zu backen?

☐ Mehl ☐ Backpulver
☐ Eier ☐ Wasser

33. Woraus besteht Leder?

☐ aus Tierhaut ☐ aus Haaren
☐ aus Gummi ☐ aus Getreide

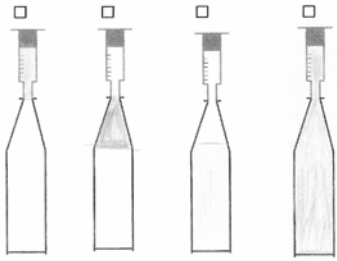
34. Woraus besteht Papier?

☐ aus Plastikfolie ☐ aus dünnem Leder
☐ aus Farbe ☐ aus Holz

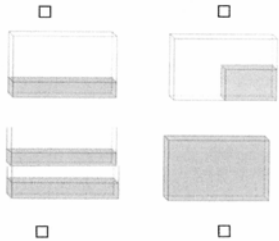
35. Welche drei Dinge auf den Bildern sind alles Gegenstände, die man anfassen kann? (*Bilder in Gruppen legen, zeigen und benennen!*) Sind dies Dinge, die man anfassen kann?

☐ Feuer, Blitz, Pulver
☐ Wolke, Sandsturm, Zucker
☐ Schatten, Dampf, Feuer
☐ Sand, Licht, Ton

36. Welches Bild zeigt, wo sich die Luft befindet, wenn du mit einer Spritze Luft aus der Flasche rausziehst? (*Demo*) Nur ein Bild zeigt richtig, wo sich die Luft befindet.



37. Du hast drei kleine Schachteln (*zeigen*). In einer der Schachteln ist ein festes Material, in einer anderen flüssiges Material und in einer Schachtel Luft (jeweils zeigen). Du gibst jetzt die Materialien jeweils in größere Schachteln (zeigen).
In welchem Gefäß befindet jetzt das feste Material, wenn du es in eine größere Schachtel gibst? In welchem das flüssige Material? In welchem ist die Luft?



38. Was befindet sich in einer Seifenblase?

☐ Nichts ☐ Seife
☐ Wasser und Seife ☐ Luft

Interview- und Erhebungsfragen 6

Tester: Proband: Datum:

39. Woraus bestehen Wolken?

☐ aus Luft und Wasser ☐ aus Nichts
☐ Rauch ☐ aus reinem Wasser

40. Woraus besteht Luft?

☐ aus Nichts ☐ aus Wolken
☐ aus Wasser ☐ aus Gasen

41. Du hast bestimmt schon die Bezeichnungen oder Namen Kupfer und Aluminium gehört. Ich sage Dir jetzt etwas über diese beiden Materialien. Was stimmt als einziges?

☐ Sie sind beide Metalle.
☐ Sie sind beide weich wie Knete.
☐ Sie sind beide wertvoll wie Gold.
☐ Sie sind beide flüssig.

42. Wie misst du die Größe oder Länge von kleineren Dingen?

☐ in Zentimeter ☐ in Gramm
☐ in Milliliter ☐ in Kilogramm

43. Wie misst du das Gewicht von Dingen?

☐ in Meter ☐ in Kilogramm
☐ in Liter ☐ in Milliliter

44. Bei welcher Temperatur schmilzt Eis?

☐ 0°C ☐ 100°C ☐ 20°C ☐ -100°C

45. Eines der Dinge, die ich dir jetzt nenne, kann nicht schmelzen. Was kann nicht schmelzen?

☐ Zucker ☐ Eisen
☐ Salz ☐ Stroh

46. Du hast ein Stück Knetmasse, etwas Wasser und Luft in je einer Spritze, die du vorne zuhältst, damit nichts herausgeht *(jeweils demonstrieren).* Welche der Spritzen kannst du zusammendrücken? Lege die Spritzen auf die Seite, die sich zusammendrücken lassen!

☐ Ich kann keine Spritze zusammendrücken.
☐ Ich kann alle Spritzen etwas zusammendrücken.
☐ Ich kann nur die Spritze mit Luft zusammendrücken.
☐ Ich kann die Spritze mit Luft und die mit Wasser zusammendrücken.

47. Was passiert mit feuchter Wäsche, wenn sie auf der Wäscheleine trocknet?

☐ Die Feuchtigkeit steigt in die Luft.
☐ Die Feuchtigkeit verschwindet in der Wäsche.
☐ Alle Feuchtigkeit tropft als Wasser zu Boden.
☐ Die Feuchtigkeit wird von der Sonne angezogen.

48. Welches Bild passt nicht zu den anderen? *(Darstellungen zeigen)*

☐ verschiedene Schokoladenhasen
☐ Kugeln unterschiedlichen Materials
☐ verschiedenfarbige Knetmassen
☐ verschiedenfarbige Brausestäbchen

49. Welcher der Gegenstände auf den Bildern besteht aus mehreren Materialien?

☐ Schuh ☐ Gold ☐ Zucker ☐ Wasser

Interview- und Erhebungsfragen 7

Tester: Proband: Datum:

50. Du gibst Zucker in Wasser. Wie kannst du den Zucker wieder zurückbekommen? Was stimmt als einziges?

- ☐ Ich muss alles solange erwärmen bis der Zucker nach längerer Zeit übrigbleibt.
- ☐ Ich gieße alles durch einen Filter, dann bleibt der Zucker im Filter zurück.
- ☐ Ich kann den Zucker nicht wiederhaben.
- ☐ Ich kann mit einem Vergrößerungsglas die Zuckerteilchen einzeln langsam herausholen.

51. Was verrottet am schnellsten, d.h. was verändert sich am schnellsten, wenn man es liegen lässt?

- ☐ eine Plastiktüte
- ☐ ein Eisennagel
- ☐ ein Stück Pappe
- ☐ eine Zitronenschale

52. Wie kannst du eine brennende Kerze löschen, ohne die Flamme auszublasen oder die Kerze zu berühren? Nur eines stimmt!

- ☐ Ich stülpe ein leeres Glas darüber.
- ☐ Ich stelle sie in den Kühlschrank.
- ☐ Ich halte einen Magneten in die Nähe.
- ☐ Ich schaue lange in die Flamme.

53. Wohin geht das Wachs, wenn eine Kerze herunterbrennt und dabei kleiner wird?

- ☐ Das Wachs wird zerstört.
- ☐ Das Wachs verwandelt sich in Gas und steigt in die Luft.
- ☐ Das gesamte Wachs tropft herunter und bleibt bei der Kerze.
- ☐ Das Wachs schrumpft und bleibt in der Kerze.

54. Was passiert mit einem aufgeblasenen Luftballon, wenn du mit ihm in ein sehr kaltes Zimmer gehst? *(Luftballon zeigen)*

- ☐ Der Luftballon platzt.
- ☐ Der Luftballon wird größer.
- ☐ Der Luftballon wird kleiner.
- ☐ Der Luftballon bleibt gleich groß.

55. Du hast zwei Tafeln Schokolade. Eine Tafel legst du auf einen warmen Ofen. Sie schmilzt in der Packung. Die andere Schokolade ist fest. Du legst jetzt beide Packungen auf eine Waage. Was stimmt?

- ☐ Die geschmolzene Schokolade ist schwerer als die feste Schokolade.
- ☐ Die feste Schokolade ist schwerer als die geschmolzene Schokolade.
- ☐ Die geschmolzene Schokolade ist größer das die feste Schokolade.
- ☐ Die geschmolzene Schokolade ist gleich schwer wie die feste Schokolade.

56. Ich hatte drei gleich große Blätter Papier. *(Blätter zeigen)* Ein Blatt habe ich so gelassen, wie es war. Das zweite habe ich in viele kleine Stücke gerissen. Das dritte Blatt habe ich zerknüllt *(jeweils zeigen)*. Du wiegst jetzt die Blätter. Was stimmt?

- ☐ Das zerknüllte Blatt wiegt am meisten.
- ☐ Das ganze Blatt wiegt am meisten.
- ☐ Das zerrissene Blatt wiegt am meisten.
- ☐ Alle Blätter wiegen gleich viel.

Interview- und Erhebungsfragen 8

Tester: Proband: Datum:

57. Du schüttest zwei gleichwarme Gläser Wasser zusammen. Was stimmt? *(Demonstration des Zusammenschüttens)*

- ☐ Nach dem Zusammenschütten ist alles gleich warm wie vorher.
- ☐ Nach dem Zusammenschütten ist alles wärmer wie vorher.
- ☐ Nach dem Zusammenschütten ist alles kälter wie vorher.
- ☐ Nach dem Zusammenschütten explodiert das Wasser.

58. Du hast zwei Luftballons. Einen bläst du auf, den anderen nicht. Was stimmt? *(Demonstration)*

- ☐ Der nicht aufgeblasene Ballon ist schwerer als der aufgeblasene Ballon.
- ☐ Beide Ballons sind gleich schwer.
- ☐ Der aufgeblasene Ballon steigt auf, wenn man ihn loslässt.
- ☐ Der aufgeblasene Ballon ist schwerer als der nicht aufgeblasene Ballon.

59. Wie viel Wasser passt in die Gefäße, die ich dir jetzt zeige? Was stimmt? *(Gefäße zeigen)*

- ☐ Überall passt gleich viel Wasser hinein.
- ☐ Im höchsten Gefäß passt am meisten Wasser hinein.
- ☐ Im niedrigsten Gefäß passt am meisten Wasser hinein.
- ☐ Im mittleren Gefäß passt am meisten Wasser hinein.

60. Welcher der Gegenstände schwimmt in Wasser? *(Gegenstände zeigen)*

- ☐ ein Stück Kreide
- ☐ ein Radiergummi
- ☐ ein Schlüssel
- ☐ ein Bleistift

61. Ich zeige dir jetzt drei Gegenstände, die etwa gleich groß sind und aus Knetmasse bestehen: eine Kugel, einen Tropfen und einen Würfel. Welcher Gegenstand geht in Wasser am schnellsten unter?

- ☐ Die Kugel geht am schnellsten unter.
- ☐ Der Würfel geht am schnellsten unter.
- ☐ Der Tropfen geht am schnellsten unter.
- ☐ Alle gehen gleich schnell unter.

62. Du bindest einen Stein an eine Schnur und tauchst den Stein in Wasser. Was passiert mit dem Stein? (*Demonstration ohne aber den Stein ins Wasser zu tauchen*)

- ☐ Er wird dann schwerer.
- ☐ Er wird dann leichter.
- ☐ Er bleibt dann gleich schwer.
- ☐ Er schwimmt auf dem Wasser.

63. Was wird vom Magneten nicht angezogen?

- ☐ ein Stück Alufolie
- ☐ eine Büroklammer
- ☐ eine Eisenschere
- ☐ eine Cent-Münze

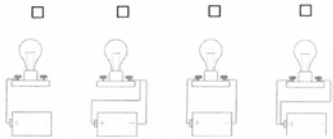
Interview- und Erhebungsfragen 9

Tester: _____ Proband: _____ Datum: _____

64. Mit einem Luftballon kannst du so genannte „Ladung“, herstellen, welche deine Haare zum Stehen bringt.
Wie kannst Du diese Ladung herstellen?
Nur eines stimmt!

- ☐ Ich bringe einen Luftballon zum Platzen.
- ☐ Ich reibe einen Luftballon an etwas Festem.
- ☐ Ich fülle einen Ballon mit heißer Luft.
- ☐ Ich halte einen Ballon über deinen Kopf.

65. Ich zeige dir Bilder auf denen eine Batterie mit Kabeln mit einer Glühbirne verbunden ist. Nur auf einem Bild kann die Lampe wirklich leuchten. Auf welchem Bild?



66. Wie sieht ein Spielzeugauto aus, wenn es direkt hinter einem Glas voll mit Wasser steht und du das Auto durch das Wasserglas betrachtest?
*(Demonstration der Realien, aber Auto getrennt von Glas halten, so dass Effekt nicht sichtbar)*

- ☐ Es sieht größer aus.
- ☐ Es hat eine andere Farbe.
- ☐ Es sieht kleiner aus.
- ☐ Es sieht gleich aus wie vorher.

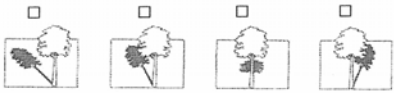
67. Warum kannst du durch Glas hindurch sehen? Warum ist Glas durchsichtig?

- ☐ Weil Licht durch das Glas durchgehen kann.
- ☐ Weil das Licht nicht durch das Glas durchgehen kann.
- ☐ Glas ist nicht wirklich durchsichtig. Manche Dinge kann ich nicht durch das Glas sehen.
- ☐ Im Glas ist Luft, deshalb kann ich durchsehen.

68. Welche Dinge müssen zusammenkommen, damit es einen Regenbogen gibt?

- ☐ Sonnenlicht und schönes Wetter
- ☐ Wassertropfen und Sonnenlicht
- ☐ Sonnenlicht und Glück
- ☐ Gewitter und Blitz

69. Welches Bild zeigt den Schatten des Baums um 12 Uhr Mittag, zur Mittagessenszeit, wenn die Sonne scheint?



70. Wo können Menschen auf der Erde stehen? Was ist richtig?

- ☐ Auf der Erde können Menschen nur oben stehen.
- ☐ Auf der Erde können Menschen oben und auf der Seite stehen.
- ☐ Auf der Erde können Menschen überall stehen.
- ☐ Unten auf der Erde ist die Anziehungskraft größer, deshalb können Menschen dort stehen.

Interview- und Erhebungsfragen 10

Tester: _____ Proband: _____ Datum: _____

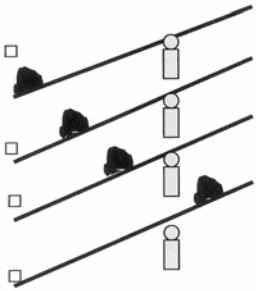
71. Die Erde dreht sich jeden Tag. Was stimmt ?

☐ Sie dreht sich nicht. Der Himmel dreht sich.
☐ Sie dreht sich jeden Tag um den Mond.
☐ Sie dreht sich jeden Tag um die Sonne.
☐ Sie dreht sich jeden Tag um sich selbst.

72. Welcher der Dinge, die ich dir nenne, ist kein Werkzeug?

☐ Hobel ☐ Meißel ☐ Spaten ☐ Giebel

73. Schau dir die Bilder an! Auf welchem Bild brauchst du am wenigsten Kraft, um den Stein hochzuheben? Der Stein muss sich nach oben bewegen!



### 3.3.2. Fertigkeiten (*Hands-on-Test*)

Zur Ermittlung kindlicher Fertigkeiten wurde ein *Hands-on-Test* entwickelt, der praktische Fähigkeiten ermitteln sollte, wie sie einerseits im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht zur Anwendung kommen und andererseits im Haushalt praktiziert werden. Bereits in den beiden Prätests wurde eine Vielzahl unterschiedlichster praktischer Aufgaben gestellt. Analog zur Ermittlung der Wissensfragen wurden aus den Beobachtungen und Ergebnissen der Vortests schließlich diejenigen praktischen Aufgaben ausgewählt, welche sich besonders gut differenzieren ließen, d. h. sie sollten von einem Teil der Probanden zu lösen und außerdem klar beschreib- und damit bewertbar sein.

| ***aus dem häuslichen Umfeld*** | ***aus dem naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht*** | |
|---|---|---|
| Schraube eindrehen | Umgang mit Pinzette | Ladungserzeugung Luftballon |
| Fahrrad aufpumpen | Dosieren mit Pipette | Schwimmfähiges Knetstück |
| Kugelschreiber zusammenbauen | Filtrieren von Schmutzwasser | Zusammenbau einer Lampe |
| Papierflieger falten | Entzünden einer Kerze | Schattenwurf Taschenlampe |
| Kerze befestigen | Ersticken einer Flamme | |
| Saft pressen | | |

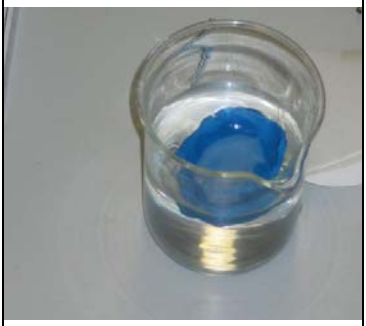
Tabelle 16: Aufgaben des *Fertigkeitentests*

Einige der Aufgabestellungen ließen sich ‚am Stück', andere ‚in Stufen' bearbeiten. Entsprechend konnten von den Probanden auch Teilpunkte erreicht werden. Alle Aufgaben wurden bei erfolgreicher Durchführung mit jeweils einem Punkt bewertet. Die Aufgaben wurden so gewählt, dass grundsätzlich auch Lerneffekte im Sinne eines ‚problemlösenden Vorgehens' oder von ‚Übungseffekten' möglich waren. Zur Kontrolle wurde einerseits die Zahl möglicher Anläufe beschränkt oder es wurden zeitliche Limits vorgegeben, um das Ausmaß der Lerneffekte zu begrenzen.

Der Test umfasst somit prinzipiell nicht nur dispositionale Fertigkeiten im engeren Sinne, sondern auch Problemlösefähigkeiten. Allerdings weisen die Beobachtungen während des Tests darauf hin, dass ein strategisches Vorgehen ohne bereits bestehende praktische Vorerfahrungen und Routinen nur innerhalb eines äußerst eng gefassten Rahmens möglich war und letztlich davon ausgegangen werden kann, dass vornehmlich der Grad an praktischen Vorerfahrungen gemessen wurde.

Tabelle 17: Aufgabenprofil des *Fertigkeitentests*

| | |
|---|---|
| **Schraube eindrehen**<br><br>*Aufgabe*:<br>‚Auf Zug' drehen einer Schraube in ein Stück Holz mit vorgefertigten Fixierungslöchern<br>*Schwierigkeit*:<br>Sichern der Schraube mit den Fingern<br>Drehrichtung<br>Druck auf Schraube<br>*Stufung*:<br>Schraube gesichert ‚auf Zug' (1 P.)<br>Ohne Sicherung ‚auf Zug' (0.5 P.) | |
| **Reifen aufpumpen**<br><br>*Aufgabe:*<br>Ventilkappe entfernen, Pumpe andrücken, einige Pumphübe<br>*Schwierigkeit:*<br>Ventilkappe nicht entfernt<br>Kein Andrücken der Pumpe<br>*Stufung:*<br>Kappe entfernt, aufgepumpt (1 P.)<br>Kappe nicht entfernt, aufgepumpt (0.5 P.)<br>Ventilkappe entfernt, gepumpt, aber nicht angedrückt (0.5 P.) | |
| **Zusammenbau Kugelschreiber**<br><br>*Aufgabe*:<br>Zusammenbau eines zerlegten Standard-Kugelschreibers, funktionsfähig<br>*Schwierigkeit*:<br>Falsch platzierte Feder<br>Falsch platzierte Mine<br>Zusammendrehen der beiden Teile<br>*Stufung*:<br>Kompletter Zusammenbau (1 P.)<br>Zusammenbau von Feder und Mine ohne Endverbindung (0.5 P.) | |

| | |
|---|---|
| **Bau eines Papierfliegers**<br><br>*Aufgabe*:<br>Bau eines Papierfliegers durch mindestens fünf Faltungen<br>*Schwierigkeit*:<br>‚Formen' statt Falttechnik<br>*Stufung*:<br>keine | |
| **Schwimmende Knetmasse**<br><br>*Aufgabe*:<br>Eine Knetkugel so zu formen, dass sie in Wasser schwimmt<br>*Schwierigkeit*:<br>Formen einer Fläche anstatt einer Hohlform<br>*Stufung*:<br>Ausbuchtung deutlich sichtbar (1 P.) |  |
| **Taschenlampe**<br><br>*Aufgabe*:<br>Richtiges Einlegen der Batterien<br>Verschrauben der Lampe, Einschalten<br>*Schwierigkeit*:<br>Falsche Batterienfolge<br>Verschrauben<br>*Stufung*:<br>Funktionsfähig zusammengebaut (1 P.)<br>Nicht funktionsfähig zusammengebaut | |

| | |
|---|---|
| **Schattenwurf**<br><br>*Aufgabe*:<br>Taschenlampe so auf das Männchen richten, dass es einen möglichst kleinen Schatten gibt<br>*Schwierigkeit*:<br>Position der Lampe<br>*Stufung*:<br>keine | |
| **Ladungserzeugung**<br><br>*Aufgabe*:<br>Reiben des Ballon an einem Gegenstand<br>Halten über Haare<br>*Schwierigkeit*:<br>Ballon wird nur über Kopf gehalten, aber nicht gerieben<br>*Stufung*:<br>keine | |
| **Umgang mit der Pinzette**<br><br>*Aufgabe*:<br>Aufnahme Reißnagel mit Pinzette<br>Ablage Reißnagels auf ein 1-Cent-Stück<br>*Schwierigkeit*:<br>Fassen der Pinzette an der richtigen Stelle<br>*Stufung*:<br>Erster Anlauf (1 P.)<br>Zwei bis drei Anläufe (0.5 P.) | |

| | |
|---|---|
| **Dosieren mit der Pipette**<br><br>*Aufgabe*:<br>Zusammenbau Pipette<br>Aufnahme von Wasser<br>Dosieren auf Cent-Stück<br>*Schwierigkeit*:<br>Zusammenbau der Pipette<br>Funktion des Balls beim Ansaugen<br>Dosieren<br>*Stufung*:<br>Zusammenbau und Dosierung (1 P.)<br>Dosierung (0.5 P.) | |
| **Kerze entzünden**<br><br>*Aufgabe*:<br>Kerze mit Streichhölzern innerhalb von 10 Sekunden entzünden<br>*Schwierigkeit*:<br>Druck auf das Streichholz<br>Reibegeschwindigkeit<br>Zeitbeschränkung<br>*Stufung*:<br>keine | |
| **Kerze befestigen**<br><br>*Aufgabe*:<br>Kerze mit flüssigem Wachs auf dem Tisch befestigen<br>*Schwierigkeit*:<br>Flüssiges Wachs als Haftmittel erkennen<br>*Stufung*:<br>keine | |

| | |
|---|---|
| **Kerzenflamme löschen**<br><br>*Aufgabe*:<br>Kerzenflamme löschen, ohne Wind zu machen (Blasen, Fächeln), ohne Wasser Becherglas auf Tisch<br>Hinweis: Hilfsmittel zugelassen<br>*Schwierigkeit*:<br>Becherglas benutzen<br>*Stufung*:<br>keine | |
| **Filtrieren**<br><br>*Aufgabe*:<br>Reinigen eines Sand-Wasser-Gemisches mit Trichter, Filter und Bechergläsern<br>*Schwierigkeit*:<br>Trichterfunktion unbekannt<br>Filterfunktion unbekannt<br>Reihenfolge Trichter-Filter<br>*Stufung*:<br>Erster Anlauf (1 P.)<br>Innerhalb von 15 Sekunden (1 P.)<br>Zweiter Anlauf (0.5 P.) | |
| **Saftpressen**<br><br>*Aufgabe*:<br>Auspressen einer Orangenhälfte mittels zerlegter Presse<br>*Schwierigkeit*:<br>Zusammenbau der Presse<br>Druck auf Orange<br>Drehen der Orange<br>*Stufung*:<br>Zusammenbau, Drücken u. Drehen (1 P.)<br>Zusammenbau, Drücken o. Drehen (0.5 P.)<br>Drücken und Drehen (0.5 P.) | |

Fertigkeiten 1

Tester:_____ Proband:_____ Datum:_____

| | |
|---|---|
| 1. Lege den Reißnagel (*Spitze nach oben*) mit der Pinzette auf das 1 Cent Stück! | ☐ Aufgabe nach 1. Versuch gelöst.<br>☐ Aufgabe nach 2-3 Versuchen gelöst.<br>☐ Aufgabe nicht oder erst nach mehreren Anläufen gelöst. |
| 2. Versuche genau 3 (+-2) Tropfen Wasser auf das 1 Centstück zu geben! (*zerlegte Pipette*) | ☐ Zusammenbau und Wasserübergabe gelöst.<br>☐ Nach Zusammenbau der Pipette durch den Tester nur Wasserübergabe eigenständig gelöst.<br>☐ Zusammenbau und Wasserübergabe nicht gelöst. |
| 3. Schaffst du es mit einem Luftballon deine Haare zu Berge stehen zu lassen? | ☐ Luftballon an Haaren reiben gelöst.<br>☐ Aufgabe nicht gelöst. |
| 4. *(vorher Demonstration: Knetkugel sinkt in Wasser)* Forme die Knetmasse so, dass sie im Wasser schwimmt! | ☐ Aufgabe gelöst (deutliche Ausbuchtung).<br>☐ Aufgabe nicht gelöst (Flächenvergrößerung). |
| 5. Baue die Taschenlampe zusammen, so dass sie leuchtet! Achte darauf, dass die Batterien richtig eingelegt sind! | ☐ Batterien richtig eingelegt, verschraubt, angestellt.<br>☐ Batterien falsch eingelegt, verschraubt, angestellt.<br>☐ Aufgabe nicht gelöst. |
| 6. Halte die Taschenlampe so an die Figur, dass es keinen Schatten der Figur gibt? | ☐ Lampe auf Anhieb über Figur gehalten.<br>☐ Aufgabe nicht gelöst bzw. Lampe deutlich seitlich auf Figur gerichtet. |
| 7. Entzünde die Kerze mit dem Streichholz! | ☐ Aufgabe innerhalb ca. 10 Sekunden gelöst.<br>☐ Aufgabe nach mehr als 10 Sek. oder nicht gelöst. |
| 8. Befestige die Kerze auf dem Tisch ohne andere Dinge zu gebrauchen! | ☐ Kerze mit geschmolzenem Wachs befestigt.<br>☐ Aufgabe nicht gelöst. |
| 9. Lösche die Kerze wieder ohne sie zu berühren, auszublasen oder auszufächeln! *(Glas in der Nähe in ca. 30 cm Entfernung !)* | ☐ Kerzenflamme mittels Glas erstickt.<br>☐ Aufgabe nicht gelöst. |
| 10. Stelle aus dem Gemisch aus Sand und Wasser (*in Glas*) reines Wasser her! (*Trichter, Filterpapier, breites Glas liegen innerhalb Reichweite, d.h. 40 cm)* | ☐ Aufgabe innerhalb von 15 Sekunden gelöst.<br>☐ Aufgabe falsch oder erst beim zweiten Anlauf gelöst. |
| 11. Stelle Zitronensaft her! (*zerlegte Presse*) | ☐ Zusammenbau, Drücken und Drehen.<br>☐ Zusammenbau und Drücken, kein Drehen.<br>☐ Aufgabe nicht gelöst. |
| 12. Baue ein Flugzeug aus Papier! | ☐ Aufgabe durch Mehrfach-Falttechnik gelöst.<br>☐ Aufgabe nicht bzw. ohne Mehrfachfaltung gelöst. |
| 13. Baue den Kugelschreiber richtig zusammen, so dass er funktioniert ! | ☐ Aufgabe beim 1. Mal mit zuschrauben gelöst.<br>☐ Aufgabe beim 1. Mal ohne Zuschrauben gelöst.<br>☐ Aufgabe nicht gelöst. |

| | |
|---|---|
| 14. Ziehe die Schraube mit dem Schraubenzieher an! *(Ansatzlöcher ca. 3 mm tief vorgefertigt)* | ☐ Schraube innerhalb von 10 Sekunden mit Fingern gesichert und einige Male ´auf Zug´ gedreht<br>☐ Schraube nicht mit Fingern gesichert, aber ´auf Zug´ gedreht<br>☐ Aufgabe nicht bzw. nicht innerhalb von 15 Sekunden gelöst. |
| 15. Pumpe den Reifen mit der Fahrradpumpe auf! | ☐ Ventilkappe entfernt, Pumpe angedrückt und einige Pumphübe ausgeführt.<br>☐ Ventilkappe entfernt, gepumpt, aber nicht fest angedrückt.<br>☐ Aufgabe nicht gelöst. |
| 16. Messe mit dem Zollstock die Länge der Zeitschrift (Gegenstand länger als Stock)! | ☐ Zollstock nach maximal zwei Versuchen geöffnet und an das Ende des Objekte richtig angelegt.<br>☐ Öffnen des Zollstocks, aber erst nach mehr als zwei Anläufen an das Objekt richtig angelegt.<br>☐ Aufgabe nicht richtig gelöst. |

### 3.3.3. Intelligenz (*CPM*)

Intelligenz wird heute in spezifische Teilfähigkeiten unterteilt. Je nach Modell gibt es verschiedene Teilfähigkeiten (‚Intelligenzen‘). Nach dem Pyramidenmodell von John B. Caroll (1993) setzt sich Intelligenz beispielsweise aus ‚fluider Intelligenz‘, ‚Einfallsreichtum‘, ‚Wahrnehmungsgeschwindigkeit‘, ‚akustischer und visueller Wahrnehmung‘, ‚Gedächtnis‘ und ‚Lernen‘ sowie ‚kristalliner Intelligenz‘ zusammen. Alle Faktoren ergeben gemeinsam den so genannten *g-Faktor*. Nach Anderson (1996) lässt sich die Intelligenz am ehesten auf die drei Bereiche sprachlicher, schlussfolgernder und räumlicher Intelligenz zurückführen. Gardner (2003) unterscheidet wiederum zwischen mindestens sechs Intelligenzen. Zur Messung der Intelligenzleistung gibt es klassische Intelligenztests wie HAWIE (*Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene*). Darüber hinaus können je nach Anwendung besonders schnelle Verfahren (z. B. *Zahlen-Verbindungs-Test*), gründliche und differenzierte Verfahren (*IST-2000*) oder auch sprachfreie Verfahren wie der *Matrizentest von Raven*, eingesetzt werden.

Aus den Ergebnistrends der Untersuchungen von Duit/von Rhöneck (1996) ergibt sich, dass neben dem vorschulischen Wissen auch die *intellektuelle Leistungsfähigkeit* der Kinder ein wichtiger Prädiktor für ihre spätere Leistungsfähigkeit darstellt. Hierzu wurde ein standardisierter, sprachfreier Test ausgewählt, der speziell für die Entwicklungsstufe und Altersstruktur der vorliegenden Stichproben entwickelt wurde. Der *Coloured Progressive Matrices Test* (CPM) wurde bereits 1938 von J. C. Raven entwickelt und seit 1958 bei der klinischen, psychologischen Begutachtung von Kindern verwendet. Die letzte Normierung in Deutschland wurde 1999 durchgeführt. Der CPM-Test zeigt eine sehr gute Differenzierung in der Altersgruppe von vier bis acht Jahren. Er eignet sich besonders gut bei Personen, die entweder nicht schreiben, nicht sprechen oder schwer verstehen können, also einerseits bei Vorschulkindern, aber auch bei Personen mit körperlicher oder geistiger Behinderung. Der Test ist so angelegt, dass bei einer Person die vorhandene Beobachtungsgabe und die wichtigsten kognitiven Prozesse, die Kinder unter elf Jahren im Allgemeinen beherrschen, gemessen werden können.

Gemessen wird die sprachfreie Intelligenz, speziell das logische Schlussfolgern und die Fähigkeit, in Analogien zu denken. Der Test erfasst damit kognitive Fähigkeiten genau am Übergang von der präoperationalen zur konkret operationalen Phase. Da der Test ‚Entwicklungssprünge' misst, liegt einerseits keine Normalverteilung vor und kann andererseits auch keine Aussage über die allgemeine Intelligenz oder vorhandene IQ-Werte getroffen werden. Er misst lediglich die intellektuelle Tätigkeit eines Probanden im Sinne eines reinen Faktors. Allerdings korreliert der CPM-Test hoch mit anderen kognitiven Tests wie den WISC-Untertests. Für die Altersgruppe von sechs bis sieben Jahren wurde in der Slowakei eine Korrelation zum Allgemeinwissen von 0.78 und dem Rechnen von 0.72 festgestellt.

Die Aufgabe besteht darin, innerhalb dreier Sets zu je zwölf Aufgaben (insgesamt 36 Aufgaben) räumliche Wahrnehmungen in systematisch

verknüpfte Gestalten zu ordnen. Die Wiederholungsreliabilität des Tests ist mit rund 0.90 sehr hoch. Der *Cronbach-Alpha-Koeffizient* beträgt je nach Altersgruppe >0.80. Die Durchführung des Tests muss nach einer Standardprozedur erfolgen (s. Anhang: Anleitung zur Testdurchführung). Dabei ist es aber nicht notwendig, sich an einen bestimmen Wortlaut zu halten. Es ist vornehmlich wichtig, dass die Testperson versteht, was sie zu tun hat.

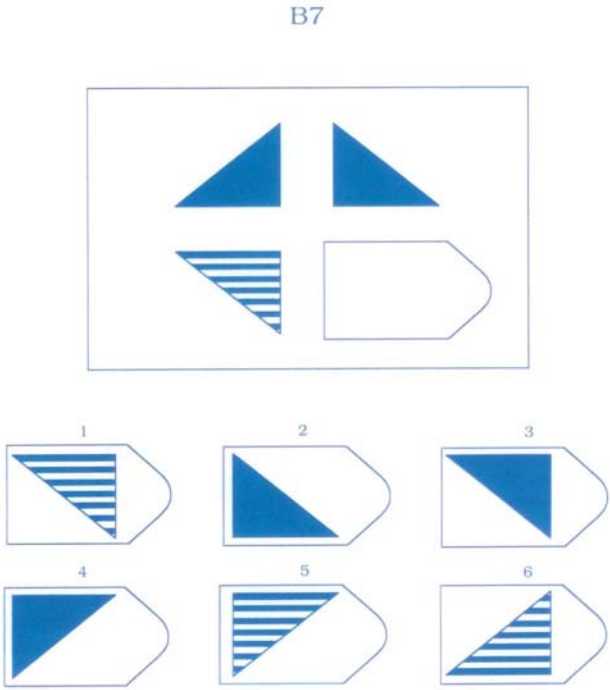



Abbildung 12: Beispiel einer Aufgabe des *Intelligenztests* (CPM)

Bei der Untersuchung wurde den Testern die Anleitung zur Testdurchführung einige Tage zuvor zunächst erklärt und mitgegeben. Während der Testdurchführung gab es keine Probleme mit dem Verständnis der Testaufgaben. Im Gegenteil: Die Kinder ahnten mögliche Anforderungen meist schon, bevor die erste Aufgabe gestellt wur-

de, und deuteten eine Lösung an, ohne danach gefragt zu werden. Jedoch wurde den Kindern, auch bei voreiligen Äußerungen, stets die Problemstellung erklärt und eine Antwort auf die konkrete Fragestellung eingefordert. Die Tester wurden angewiesen auf keinen Fall Antworten zu suggerieren oder die gegebene Lösung zu hinterfragen. Zeigte sich ein Kind über die eigene Antwort unsicher, wurde soviel Zeit gewährt, bis das Kind sich für eine Lösung entschieden hatte. In der Regel antworteten die Probanden jedoch spontan.

| Leistungsstufe | Prozentrang | Beurteilung der intellektuellen Leistungsfähigkeit |
|---|---|---|
| I | > 95 % | überragend |
| II+<br>II | 90-94 %<br>75-89 % | deutlich überdurchschnittlich |
| III+<br>III- | 50-74 %<br>25-49 % | durchschnittlich |
| IV<br>IV- | 10-24 %<br>6-9 % | deutlich unterdurchschnittlich |
| V | 0-5 % | geistig behindert |

Tabelle 18: Ergebnisbewertung *CPM-Test*

Jede richtige Zuordnung auf dem Antwortbogen ergibt einen Punkt. Insgesamt können also 36 Punkte für die 36 Aufgaben erreicht werden. Damit jetzt das Ergebnis interpretiert werden kann, muss die Punktezahl (Rohwert) der Testperson mit den Normwerten (Prozentränge) für Probanden gleichen Alters und nationaler Herkunft verglichen werden. Der Prozentrang gibt dabei an, wie viel Prozent der Vergleichs-Normpopulation zum gleichen Testergebnis gekommen sind. Ein Prozentrang von 50 % bedeutet, dass die Hälfte der Vergleichspopulation dasselbe Ergebnis erreicht hat, also ein durchschnittliches Ergebnis. Je nach zugeordnetem Prozentrang kann dann der Proband sogenannten *Leistungsstufen* zugeordnet werden (Tab. 18).

### 3.3.4. Soziokultureller Hintergrund (*Elternfragebogen*)

Innerhalb der PISA-Studie wurde zur Ermittlung der sozialen Koppelung der Probanden der sogenannte ESCS-Index (*Index of Economic, Social und Cultural Status*) verwendet. Hierunter wurden Daten zur *Familienstruktur*, zum *Bildungsabschluss*, zur *Erwerbstätigkeit* sowie zu *kulturellen Besitztümern* der Eltern ermittelt. Der Soziologe Bourdieu (2001) erachtet darüber hinaus den *Wohnort* als Indikator für den kulturellen Hintergrund eines Individuums als bedeutsam. Schließlich spiegelt sich in der *örtlichen Lage* der Zugang zu kulturellen Ressourcen wieder (vgl. Kap. 2.1.3.). Eine Erhebung aller aufgezählten Faktoren wäre rechtlich und vom Umfang innerhalb der vorliegenden Untersuchung nicht zu rechtfertigen gewesen. Die Untersuchungen beschränkten sich deshalb auf die Ermittlung des *Wohnortes* sowie des *Bildungsabschlusses* und der *Erwerbstätigkeit* der Eltern. Zur Messung des soziokulturellen Hintergrunds der Kinder wäre grundsätzlich eine Befragung der Kinder selbst oder der Eltern denkbar gewesen. Aus Datenschutzgründen wurde eine anonymisierte Elternbefragung vorgezogen. Außerdem ist davon auszugehen, dass Kinder dieser Altergruppe kaum in der Lage sind, verlässlich Auskunft über den schulisch-beruflichen Hintergrund ihrer Eltern zu geben.

Vor Beginn der Erhebungen wurde den Eltern ein Informationsblatt mit Fragebogen mitgegeben, in dem sie Angaben über ihre schulische und berufliche Ausbildung machen konnten. Durch die Rückgabe erklärten sich die Erziehungsberechtigten damit einverstanden, dass ihr Kind an den Erhebungen teilnimmt. Die Befragung sowie die Rückgabe erfolgten anonym. Die Rücklaufquote fiel erwartungsgemäß an der Schule mit niedrigerem Bildungshintergrund der Eltern geringer aus (70 %) als an den beiden anderen Schulen (92 bzw. 93 %), war aber insgesamt ausreichend.

Pädagogische Hochschule Weingarten

Eckart Spägele
Fachbereich Chemie und ihre Didaktik

Wissenschaftliche Untersuchung naturwissenschaftlicher Kenntnisse, Erfahrungen und Vorstellungen im Alter des Schuleintritts (1. Klasse)

# Elternfragebogen

Das an der Untersuchung teilnehmende Kind ist ein ❑ Mädchen ❑ Junge

Es wurde im _____ _____ geboren
Monat Jahr

Welchen Schulabschluss haben Sie ?*

| | Mutter | Vater |
|---|---|---|
| Hauptschule oder ähnliches | ❑ | ❑ |
| Realschule | ❑ | ❑ |
| Abitur bzw. Hochschulreife | ❑ | ❑ |

*bei Alleinerziehenden nur die entsprechende Spalte ankreuzen

Welchen Beruf haben Sie erlernt ?

_____
Mutter

_____
Vater

Bitte stecken Sie dieses Blatt in den beigefügten kleinen Umschlag, verschließen ihn und geben Sie ihn Ihrem Kind in die Schule mit.

### 3.3.5. Präkonzepte (*Leitfadenintervien*)

Zur Erhebung kindlich-naiver naturwissenschaftlicher Konzepte bemerkt Strunk (1999, S. 83): „Die Erforschung von Alltagsvorstellungen von Grundschulkindern wirft erhebliche methodische Probleme auf […]. Da somit eine perfekte Methode zum Erfassen der Alltagsvorstellungen von Grundschülern nicht verfügbar ist, müssen Erkenntnisse grundsätzlich mit einer möglichst großen Vielfalt an Methoden erhoben und bestätigt werden, z. B. mit klinischen Interviews, [Video]beobachtungen von Unterricht oder von Gesprächen mit Kindern untereinander, Sammeln von Kinderfragen, Auswertung von Zeichnungen oder nonverbalen Handlungsaufgaben. Standardisierte statistische Angaben zu solchen ‚gesammelten Erkenntnissen' sind meist nicht möglich." Nach Müller (2005, S. 161) liegt der Vorteil solcher freien Verfahren darin, dass die Erkenntnisse über kindliche Denkensweisen hierdurch aufgeweitet' werden. Aber auch bei freien Formen muss berücksichtigt werden, dass die Schulanfänger eventuell Schwierigkeiten haben könnten, ihre Gedanken und Vorstellungen zu versprachlichen oder (ausgelöst durch die künstliche Befragungssituation) bestimmte Äußerungen forciert oder suggeriert werden, obwohl das Kind eventuell über keine bereits vorhandenen Vorstellungen verfügt.
Schlöpke (1992, S. 7) weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass bislang nicht geklärt ist, inwiefern die wiedergegebenen Vorstellungen als überdauernd und stabil angesehen werden können, oder die Kinder aus der Situation heraus Ideen ad hoc generieren und die Vorstellungen der jeweiligen Befragungssituation nur angepasst werden.

In der vorliegenden Untersuchung wurden kindliche Vorstellungen durch freie Verfahren einerseits indirekt durch Auswertung von Schüleräußerungen innerhalb der offen formulierten *Vortests* als auch durch *Leitfrageninterviews* und *Zeichnungsaufgaben* zu spezifischen Themenbereichen an einer kleineren Stichprobe erhoben. Die Integration zeichnerischer Elemente lässt sich damit begründen, dass diese ikonische

Darstellung der inneren Bilder der Kinder die sprachlichen Formulierungen gut ergänzen und sichtbar machen können.

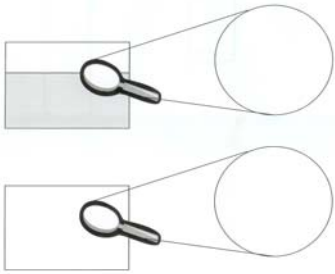
Der inhaltliche Bereich der durchgeführten Interviews wurde aus den Befunden der Tests der Hauptuntersuchung abgeleitet. Dabei sollten diejenigen Wissensbereiche näher, ergänzend und vertieft untersucht werden, in denen die Kinder nur über äußerst rudimentäre Kenntnisse und Vorstellungen verfügen. Dies war primär bei Aufgabenstellungen zur *stofflichen Natur* der Fall, welche auf einer Teilchenvorstellung basierten und/oder mit einer Stoffumwandlung verbunden waren. Die Kinder wurden hierzu jeweils alleine ohne zeitliche Begrenzung in einem ruhigen, kleineren Raum ihrer Schule zu Aggregatzuständen, Gasen (Luft) und ihren Eigenschaften, zu Phasenübergängen (Verdunsten, Trocknen, Gefrieren) sowie zu stofflichen Veränderungen (Verbrennungs- und Lösungsvorgang) befragt.

Den befragten Kindern wurden hierzu entsprechende Realien bzw. Abbildungen gezeigt, und sie wurden aufgefordert, zunächst verbal die Erscheinungen zu beschreiben. Darüber hinaus erhielten sie die Möglichkeit, auch zeichnerisch ihre Vorstellungen darzulegen. Um eine möglichst entspannte Befragungsatmosphäre zu gewährleisten, wurde den Kindern vor dem Interview das Aufnahmegerät zur Transkription erklärt, es wurde ihnen zur Beantwortung möglichst viel Zeit gelassen und sie wurden immer wieder ermutigt und positiv gestärkt.

**Aggregatzustände**

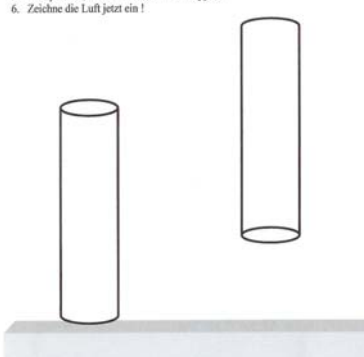
1. Welchen Bild zeigt Luft, welchen eine Flüssigkeit und welchen ein festes Material ?
2. Gas: Was ist in den Zwischenräumen/über dem Gas ?

3. Zeichne wie Wasser/ Luft „Innen" aussieht, wenn man es mit einer sehr, sehr, sehr großen Lupe anschaut !



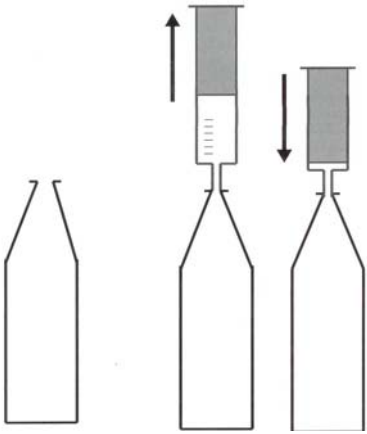
**Luft:**

1. Woraus besteht Luft ?
2. Wo ist Luft und wo ist keine Luft ?
3. Was ist in diesem Glas ?
4. Zeichne ein wo sich Luft befindet !
5. Was passiert, wenn du das Gefäß umkippst ?
6. Zeichne die Luft jetzt ein !



5. Blase einen **Ballon** auf ! Ist der aufgeblasene Ballon schwerer/leichter/gleich schwer wie vorher ? Warum ist das so ?
6. Zeichne den aufgeblasenen Ballon !
7. Was ist in dem Ballon ?
8. Zeichne ein wo sich was befindet !
9. Was passiert mit dem **Ballon**, wenn du ihn in einen **kalten Raum** legst ? Warum ist das so ?
10. Zeichne den Ballon im kalten Raum !
11. Wo ist die Luft jetzt ? Was passiert mir der Luft ?
12. Zeichne ein was passiert !

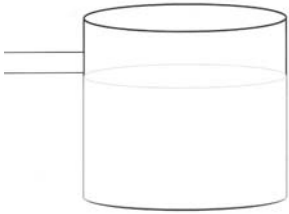
7. Zeichne die Luft in die leere Flasche ein !
8. Ziehe an der Spritze ! Zeichne jetzt die Luft in die Flasche ein !
9. Drücke die Spitze herunter. Zeichne jetzt die Luft ein !



1. Was ist in einer **Seifenblase** ?
2. Zeichne eine Seifenblase !
3. Was ist in der Seifenblase ? Wo befindet sich was ? Wo ist (Seife, Wasser, Luft) ?
4. Zeichne ein wo sich was befindet !

4. Stell dir vor du öffnest eine Flasche Sprudel. Was ist in den **Sprudelblasen** ?
5. Zeichne die Blasen im Sprudel !
6. Woher kommen die Blasen ? Zeichne !

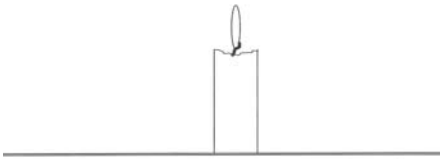
1. Stell dir vor du hast einen Topf voller **Wasser** auf dem Herd, das **kocht**. Was ist in den **Blasen** drin ?
2. Zeichne kochendes Wasser in den Topf !
3. Woher kommen die Blasen ? Zeichne !



**Verbrennung**

1. Zünde die Kerze an !
2. Was ist das (flüssiges Wachs) ? Woraus besteht das ?
3. Wozu braucht man das Wachs/der Docht/die Flamme ? Wozu sind sie gut ?

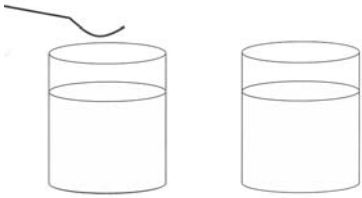
4. Eine Kerze wird kleiner, wenn sie brennt. Was passiert mit dem Wachs ?
5. Wo ist es dann ?
6. Zeichne ein wo das Wachs ist !

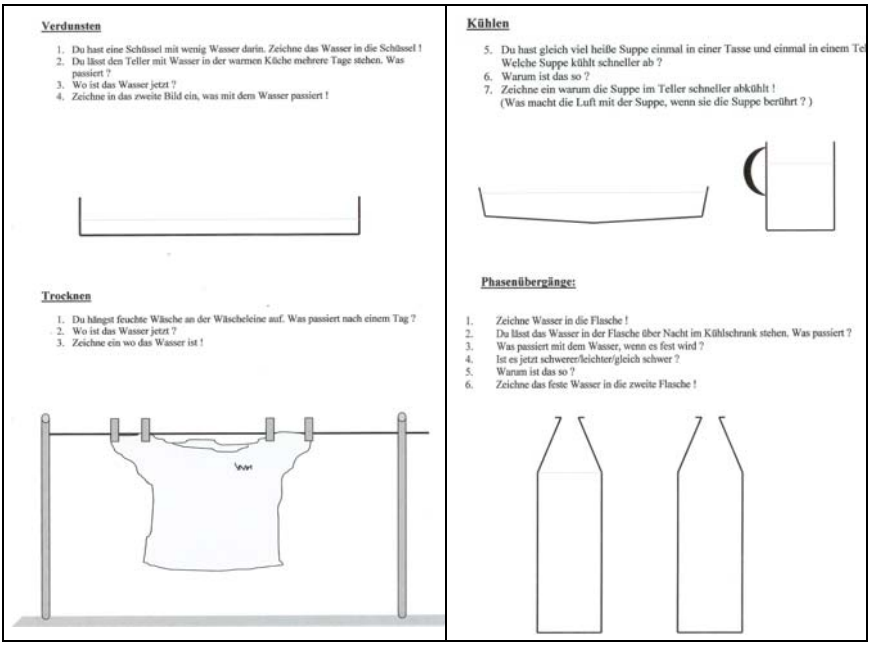


7. (Demo breite, herunterbebrannte Kerze) Wo ist hier das Wachs hingegangen ?
8. Zeichne ein wo das Wachs ist !
9. (Glasplatte über Kerze) Was ist das (Wasser) ? Was ist das (Ruß) ?

**Löslichkeit**

1. Zeichne zuerst den Zucker in den Löffel und das Wasser in das Glas ein !
2. Was passiert, wenn ich den Zucker in ein Glas Wasser gebe ?
3. Rühre Zucker in Wasser ein !
4. Wo ist der Zucker jetzt ? Was ist mit dem Zucker passiert ?
5. Zeichne in das Bild ein wo der Zucker jetzt ist
6. Wiegt das Wasser jetzt mehr/weniger/gleich viel wie vorher ?
7. Kannst du den Zucker wieder zurückbekommen ? Wie kannst du das machen ?
8. Zeichne ein was dann mit dem Zucker passiert !





**Verdunsten**

1. Du hast eine Schüssel mit wenig Wasser darin. Zeichne das Wasser in die Schüssel !
2. Du lässt den Teller mit Wasser in der warmen Küche mehrere Tage stehen. Was passiert ?
3. Wo ist das Wasser jetzt ?
4. Zeichne in das zweite Bild ein, was mit dem Wasser passiert !

**Trocknen**

1. Du hängst feuchte Wäsche an der Wäscheleine auf. Was passiert nach einem Tag ?
2. Wo ist das Wasser jetzt ?
3. Zeichne ein wo das Wasser ist !

**Kühlen**

5. Du hast gleich viel heiße Suppe einmal in einer Tasse und einmal in einem Te
   Welche Suppe kühlt schneller ab ?
6. Warum ist das so ?
7. Zeichne ein warum die Suppe im Teller schneller abkühlt !
   (Was macht die Luft mit der Suppe, wenn sie die Suppe berührt ? )

**Phasenübergänge:**

1. Zeichne Wasser in die Flasche !
2. Du lässt das Wasser in der Flasche über Nacht im Kühlschrank stehen. Was passiert ?
3. Was passiert mit dem Wasser, wenn es fest wird ?
4. Ist es jetzt schwerer/leichter/gleich schwer ?
5. Warum ist das so ?
6. Zeichne das feste Wasser in die zweite Flasche !

Tabelle 19: Aufgabenstellungen innerhalb des *Leitfadeninterviews*

### 3.3.6. Einstellungen (*Prätests*)

Obwohl aufgrund bisheriger Untersuchungsergebnisse zu erwarten war, dass Faktoren der persönlichen Einstellung eher marginalen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Kinder haben würden, wurden innerhalb der Vorerhebungen auch *persönliche Einstellungen* in die Untersuchungen mit einbezogen. Die Erhebung persönlicher Merkmale innerhalb der Prätests reicht über die eigentlichen Forschungsfragen hinaus und basiert nicht auf standardisierten Verfahren. Obwohl die Erhebung persönlicher Einstellungen im weiteren Verlauf der Untersuchungen nicht weiter verfolgt wurde, sollen die vorläufigen Befunde an dieser Stelle dennoch kurz zusammengefasst dargestellt werden. Die Persönlichkeitsmerkmale wurden in den Bereichen *Interesse* an na-

turwissenschaftlichen Inhalten, *Einstellungen* zu themenspezifischen Begriffen sowie dem *Selbst- und Fähigkeitskonzept* der Kinder erhoben.

Grundsätzlich liegen bislang keine differenzierten Untersuchungen darüber vor, in welchem Alter sich Grundschulkinder für welche Naturphänomene besonders interessieren (Strunk 1999, S. 200). Zur Feststellung des *Interesses* an naturwissenschaftlichen Themen wurden den Probanden 29 bildliche Darstellungen zu den verschiedenen naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen des Grundschulbildungsplans in Baden-Württemberg gezeigt. Die Kinder hatten die Aufgabe, diejenigen Darstellungen auswählen, über die sie mehr erfahren wollten und andererseits diejenigen Bilder auszusortieren, an denen sie deutlich kein Interesse hatten. Erfasst wurden jeweils die ersten fünf Bilder, welche die Kinder aussortierten.

Abbildung 13: Bildliche Darstellungen naturwissenschaftlicher Themenbereiche

Um *affektive und moralische Bewertungen* (*Einstellungen*) naturwissenschaftlicher Begriffe messen zu können, wurden den Kindern 24 naturwissenschaftliche Begriffe vorgelesen. Dabei wurden alle Themenberei-

che zu etwa gleichen Teilen berücksichtigt. Die Kinder sollten je nach ihrem Eindruck und Empfinden auf denjenigen Gesichtsausdruck in Form eines *Smilies* zeigen, der nach ihrer Meinung am besten zu dem genannten Begriff passt.

1 2 3 4

Die dargestellten Gesichtsausdrücke entziehen sich dabei einer exakten Definition. Die Darstellungen 1 und 2 drücken eine *negative* Einstellung, Darstellung 3 ein *neutrales bis positives* Verhältnis und Gesichtsausdruck 4 eine *deutlich positive* Einstellung aus. Die Zahlen sollen dabei eine Skalierung von einer deutlich negativen hin zu einer positiven Einstellung zeigen, wobei die beiden ersten Smilies in ihrer Bedeutung nicht weiter differenziert wurden. Die individuelle Interpretation der jeweiligen Mimik wurde den Probanden überlassen. Um eine Aussage über die durchschnittlich angegebenen Einstellungen im Zusammenhang mit den vorgegebenen Begriffen treffen zu können, wurden die Nennungen zu einem Begriff jeweils als numerische Skala addiert und durch die Gesamtzahl der Angaben dividiert. Dabei wurde davon ausgegangen, dass je niedriger dieser Durchschnittswert, desto negativer die Einstellung zum genannten Begriff ist. Zur Ermittlung des *Selbstkonzepts* und des *Wirksamkeitsempfindens* wurden die Kinder jeweils vor Erhebungsbeginn gefragt, ob sie glaubten, sich über die Natur auszukennen, und ob sie dächten, bei der Befragung gut abzuschneiden. Die Fragen beziehen sich einerseits auf ihre *Einschätzung des vorhandenen Wissens* sowie der *eigenen Wirksamkeit*.

## 3.4. Untersuchungsmethodik und -design

### 3.4.1. Didaktische Forschung

Forschungsprojekte auf dem Gebiet naturwissenschaftlichen Lernens im Bereich der Primar- und Elementarbildung hatten bislang folgende Untersuchungsbereiche als Gegenstand:

- Entwicklung neuerer *methodischer Lernansätze*
- Entwicklung naturwissenschaftlicher *Experimente und Inhalte*
- Untersuchung spezifischer naturwissenschaftlicher *Präkonzepte*
- Analyse von *Bedingungen* und *Wirksamkeit von Unterricht*
  (Einfluss von Strukturierungshilfen, Medien, Sprache, Alltagsorientierung, animistischer Vorstellungen, Unterrichtsanalysen, Kompetenzentwicklung)
- *Lehrerfortbildung*

Nach Duit/von Rhöneck (1996) können Untersuchungen zu den unterrichtlichen *Bedingungen* wiederum in zwei Unterkategorien eingeteilt werden:

- Untersuchungen, die sich mit dem *Aufbau von Wissensstrukturen* beschäftigen. Ziel dieser Untersuchungen ist es, Gesetzmäßigkeiten im Lernprozess zu ermitteln.
- Untersuchungen, die sich mit vorhandenem, *dispositionalem Wissen und Kompetenzen* beschäftigen. Ziel ist es, zu klären, wie Leistungsunterschiede zustande kommen um diese vorherzusagen.

Seit einigen Jahren lässt sich nicht nur innerhalb des schulischen Bildungssystems, sondern auch innerhalb der didaktischen Forschung ein Paradigmenwechsel feststellen. Dabei geht es nicht wirklich um einen Wechsel der Sicht- und Vorgehensweisen didaktischer Untersuchungen, sondern vorwiegend um eine Versöhnung und Zusammenführung bestehender und bisher in der Methodendiskussion als eher widersprüchlich betrachteter *quantitativer* und *qualitativer* Ansätze.

*Qualitative* Vorgehensweisen zeichnen sich durch Einzelfallanalysen und eine *weite*, komplexe und mehrschichtige Herangehensweise an die Problemstellung aus. Die Kritik dieses Ansatzes liegt in der Generalisierbarkeit der Ergebnisse. *Quantitative* Methoden hingegen gehen von großen Stichproben aus, wobei sie einem *Verallgemeinerungsanspruch* standhalten können, aber Gefahr laufen, nur eine enge, realitätsabgehobene Sicht des Problems widerzuspiegeln.

Je nach Fachdisziplin existieren traditionell unterschiedliche Schulen, die entweder den einen oder anderen Ansatz favorisieren. Doch die Übergänge zwischen *quantitativen* und *qualitativen* Messungen sind nicht klar abgrenzbar – *quantitative* Daten können *qualitativ* interpretiert werden und umgekehrt *qualitative* Daten auch *quantifiziert* werden. Heute geht man davon aus, dass beide Vorgehensweisen sich nicht ausschließen, sondern sinnvoll ergänzt werden können. Dabei besteht der eigentliche Paradigmenwechsel nach Mayring (2001, S. 8) in einem schrittweisen Erweitern der Erkenntnis durch gegenseitiges Vergleichen unterschiedlicher Herangehensweisen. So lassen sich zunehmend *kombinierte Untersuchungsmodelle* (*mixed methods)* in der Forschungslandschaft ausmachen. Mayring (ebd.) schlägt folgende Arten möglicher Forschungsdesigns vor:

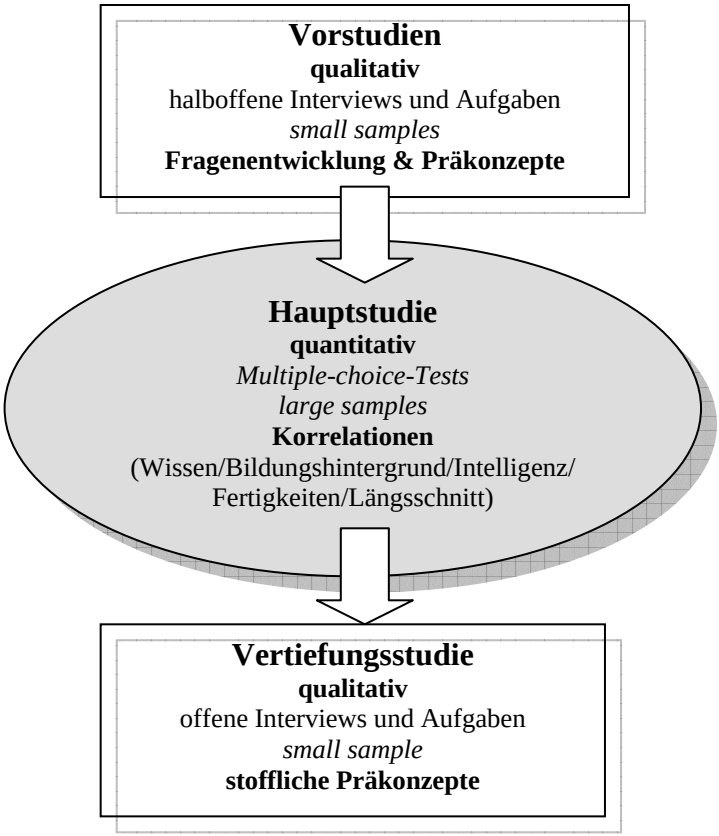
Tabelle 20: Arten von Forschungsdesigns nach Mayring (2001)

| |
|---|
| **Vorstudienmodell** (klassische Methode)<br>Qualitative Methoden werden im Sinne explorativer Vorstudien eingesetzt. Sie dienen zur Hypothesen- und Kategoriengewinnung (z. B. von offenen zu strukturierten Leitfadeninterviews oder standardisierten Fragebögen). In quantitativen Untersuchungen werden dann die Hypothesen überprüft. |
| **Verallgemeinerungsmodell**<br>Eine vollständige qualitative Studie wird durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse werden anschließend anhand einer quantitativen großen Stichprobe generalisiert. |
| **Vertiefungsmodell**<br>Eine abgeschlossen quantitative Studie wird durch eine qualitative Fallanalyse zur besseren Interpretation der Ergebnisse ergänzt. |
| **Triangulationsmodell**<br>Eine Fragestellung wird mittels qualitativer und quantitativer Methoden simultan untersucht. Die Kombination der Einzelergebnisse wird zur Beantwortung der Untersuchungsfrage herangezogen. |

### 3.4.2. Untersuchungsdesign

In der vorliegenden Erhebung wurden mehrere Untersuchungsmethoden miteinander kombiniert. Die Vorgehensweise wird auch als *multistrand design* bezeichnet. Dabei wurden *qualitative* als auch *quantitative* Erhebungsinstrumente aufeinander aufbauend eingesetzt (*sequential mixed methods design*).

***„Multistrand Design“***




Zunächst wurde innerhalb zweier *qualitativer Vorstudien* (Leitfadeninterviews) an kleineren Probandengruppen die inhaltliche Dimension der Fragestellungen geklärt. Ziel war die Entwicklung eines standardisierten Interviewbogens, der alle naturwissenschaftlichen Themenbereiche in gleichem Umfang erfassen sollte. Der Fragenkatalog sollte dabei nicht nur Aufgabenstellungen in Form reiner Wissensreproduktion, sondern auch konzeptuelles Wissen und Vorstellungen integrie-

ren, um so später auch entsprechende kindliche Präkonzepte ableiten zu können. Innerhalb der Hauptstudie wurden dann mit dem 73 Fragen umfassenden Interviewbogen drei erste Klassen aus Schulen unterschiedlichen *soziodemografischen* Profils auf ihre naturwissenschaftlichen Kenntnisse hin untersucht. Die Interviews wurden zu Schuljahresbeginn je an einer *ländlichen Schule* mit einer Elternklientel mittleren sozialen Hintergrunds, an einer *Brennpunktschule* mit verhältnismäßig hohem Ausländeranteil sowie an einer *städtischen Schule* mit gemischtem sozialem Milieu durchgeführt (siehe Kapitel 3.2.1.).

Neben dem naturwissenschaftlichen Wissen absolvierten die Schulanfänger einen *Fertigkeitentest* sowie einen standardisierten *Intelligenztest*. Im Sinne einer *Quasi-Längsschnittstudie* wurde dann an zwei Schulen (Land- und Brennpunktschule) das Wissen zu Schuljahresende an zwei vierten Klassen vergleichbarer Sozialstruktur überprüft. Die Reduktion auf zwei Klassen ergab sich dabei aus den Testergebnissen der ersten Klassen, wonach nur marginale Unterschiede zwischen den Kindern der Land- und Stadtschule festgestellt werden konnten. Ziel der Quasi-Längsschnittstudie war es, einerseits den Wissenszuwachs innerhalb der Grundschulzeit als auch einen möglichen Zusammenhang zwischen schulischer Leistungsbewertung und gemessener Leistung zu ermitteln. Eine Überprüfung der Ausgangsstichproben war innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit nicht möglich. Es wurde deshalb davon ausgegangen, dass die gezogenen Stichproben einer Grundschule sich aufgrund ähnlicher Lernvoraussetzungen und Lernbedingungen ähnlich verhalten würden.

Aufgrund der Ergebnisse zu kindlichen Präkonzepten der Vor- und Haupterhebungen schloss sich im Anschluss an die Haupterhebung schließlich eine *qualitative Vertiefungsstudie* (Fallstudie) zu spezifischen und ‚defizitären' naturwissenschaftlichen Konzepten an.

Tabelle 21: Zeitlicher Ablauf der Erhebungen

| **Untersuchungsdesign** | | |
|---|---|---|
| Vorstudie I<br><br>offener Fragen und Aufgaben<br><br>Wissen<br>Vorstellungen<br>Fertigkeiten<br>Einstellungen | Klasse 1<br><br>GS<br>Hiltensweiler<br>6 Probanden | November-<br>Dezember<br>2005 |
| Vorstudie II<br><br>halboffener Fragenkatalog<br><br>Wissen<br>Vorstellungen<br>Fertigkeiten<br>Einstellungen | Klasse 1<br><br>GS<br>Obereisenbach<br>20 Probanden | April-Juni<br>2006 |
| Hauptstudie<br><br>Elternfragebogen<br>Wissenstest<br>Intelligenztest<br>Fertigkeitentest | Klasse 1<br>GS<br>Friedrichshafen<br>Ravensburg<br>Hiltensweiler<br>78 Probanden | Oktober-<br>Januar<br>2006/2007 |
| Vertiefungsstudie<br><br>Spezifische Vorstellungen<br>Leitfrageninterviews<br>Transkription/Zeichnungen | Stichprobe<br>Klasse 1<br>GS<br>Hiltensweiler<br>5 Probanden | März<br>2007 |
| „Quasi“<br>Längsschnittstudie<br><br>Elternfragebogen<br>Wissenstest | Klasse 4<br>GS<br>Friedrichshafen<br>Hiltensweiler<br>52 Probanden | Mai/Juli<br>2007 |

# 4. Ergebnisteil

Primäres Forschungsanliegen der vorliegenden Arbeit ist die Überprüfung des *naturwissenschaftlichen Vorverständnisses* von Schulanfängern sowie des Einflusses *außerschulischer Faktoren* auf das vorhandene Wissen. Im Ergebnisteil sollen deshalb in **Kapitel 4.1.** und **Kapitel 4.2.** zunächst die Befunde zum vorhandenen *Wissen* und den *Fertigkeiten* der Schulanfänger in Abhängigkeit von der *Intelligenzleistung*, dem *soziokulturellen Hintergrund* und dem *Geschlecht* dargestellt werden. **Kapitel 4.3.** stellt die umfassenden Befunde zu *kindlichen Vorstellungen* (*Präkonzepte*) über alle untersuchten Themenbereiche hinweg dar. Die Ergebnisse der Erhebung zur *Wirksamkeit* und *schulischen Leistungsbewertung* werden in **Kapitel 4.4.** zusammengefasst. Der Ergebnisteil schließt mit den Befunden der Voruntersuchungen zur *persönlichen Einstellung* der Kinder (**Kapitel 4.5.**) und einer *Zusammenfassung* aller Ergebnisse in **Kapitel 4.6.**

## 4.1. Vorwissen

### 4.1.1. Bereichsspezifisches Vorwissen

Die erhobenen Kenntnisse der Schulanfänger beziehen sich auf naturwissenschaftliche Inhaltsbereiche, die aus den inhaltlichen Vorgaben des Grundschulbildungsplans in Baden-Württemberg abgeleitet wurden. Zunächst sollen die Befunde der Probanden aller untersuchten Schulstandorte dargestellt werden. Zur Auswertung wurden die Inhalte zunächst in vier Wissensbereiche untergliedert. Wie aus Abbildung 14 ersichtlich, ist das vorhandene Wissen der Schulanfänger in den Bereichen der *belebten Natur* (Zoologie und Botanik, Verhalten und Umwelt) deutlich größer als bei Aufgabenstellungen zur *unbelebten Natur* (Chemie, Physik). Am geringsten sind die Kenntnisse im Bereich der *stofflichen Natur* (Chemie), gefolgt von physikalisch orientierten Inhaltsbereichen.

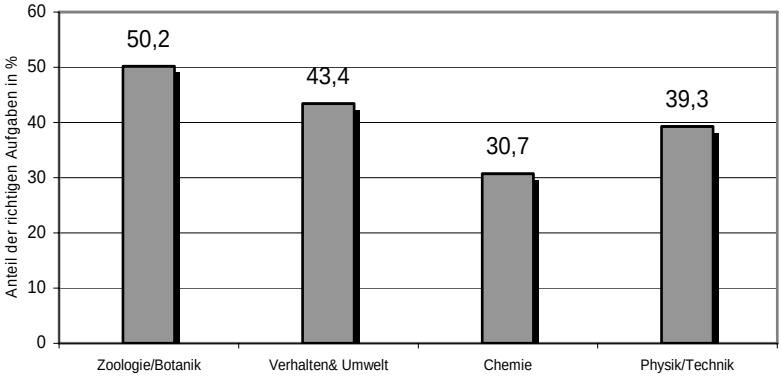



Abbildung 14: Bereichsspezifisches Vorwissen aller Probanden

Abbildung 15 stellt die Ergebnisse der drei untersuchten Schulen weiter untergliedert dar. Über das größte Wissen verfügten die Kinder in den Bereichen *Physiologie und Anatomie, Entwicklung und Fortpflanzung* sowie bei Fragestellungen zur *Nutzung von Lebewesen*.

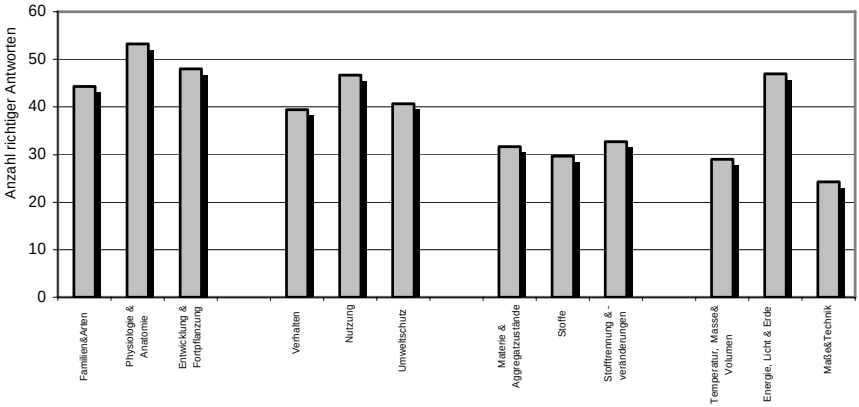



Abbildung 15: Untergliedertes *bereichsspezifisches Vorwissen* aller Probanden

Im Bereich der *unbelebten Natur* konnten die Probanden dort mehr Fragen beantworten, wo sich die Aufgaben auf rein physikalische Phäno-

mene bezogen *(Energie, Licht, Erde)*. Bei Aufgaben, die stoffliche oder stofflich-physikalische Aspekte umfassen, waren die Kenntnisse deutlich geringer, speziell im Zusammenhang mit stofflichen Zuständen und Eigenschaften.

Wird das vorhandene Wissen schließlich auf einzelne Aufgabenstellungen bezogen dargestellt, kann zunächst eine starke Streuung innerhalb der einzelnen Wissensbereiche beobachtet werden. Die Vorkenntnisse sind entsprechend immer auch von der konkreten Aufgabenstellung abhängig und nicht über einen ganzen Wissensbereich homogen verteilt. Insofern können die Kenntnisse – über einen ganzen Themenbereich dargestellt – jeweils lediglich als ‚im Schnitt mehr oder weniger ausgeprägt' verstanden werden. So gibt es, trotz umfassenderer Kenntnisse im Bereich der *belebten Natur*, auch Aufgabenstellungen, bei denen die Kenntnisse nur verhältnismäßig geringfügig ausgeprägt sind. Hierzu gehören Fragestellungen zur menschlichen *Physiologie und Anatomie* wie zur *Funktion der Lunge* oder die Erscheinung der *Transpiration*.

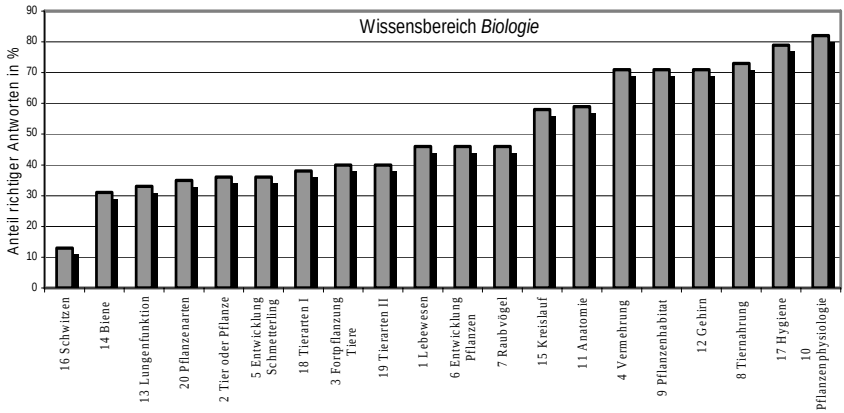



Abbildung 16: Wissensverteilung im Bereich *Biologie*

Gleichzeitig sind die Kenntnisse innerhalb desselben Themenbereichs etwa zur Funktion des *Händewaschens* oder des *Gehirns* vergleichsweise

groß. Entsprechend stellt sich auch die Antwortverteilung in anderen naturwissenschaftlichen Inhaltsbereichen dar. Beispielsweise ist den meisten Erstklässlern die Zusammensetzung von *Wein* bekannt, die Konsistenz von *Brot*, *Papier* oder *Leder* hingegen ist größtenteils unbekannt. Über äußerst marginale Kenntnisse verfügten die Schulanfänger auch zum *Verhalten von Tieren*, wenn es beispielsweise um die *Winterruhe*, den *Vogelzug* oder um die *Körpersprache* geht.

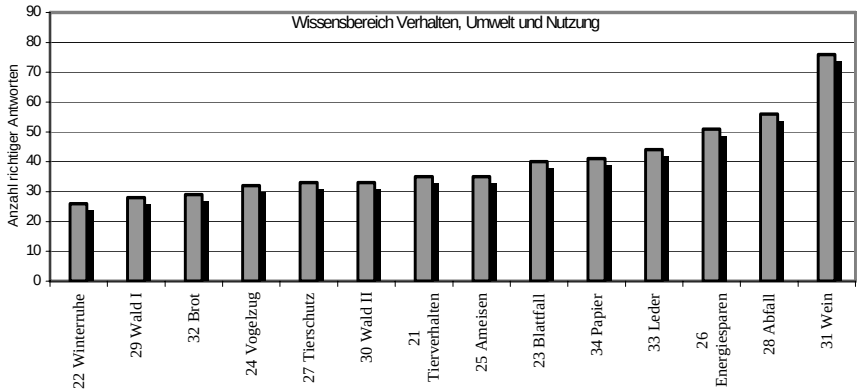


Abbildung 17: Wissensverteilung im Bereich *Umwelt, Nutzung und Verhalten*

Innerhalb des Fragebereichs zur *stofflichen Natur* verfügen die Sechs- bis Siebenjährigen dort über verhältnismäßig viel Wissen, wo sie auf praktische Erfahrungen zurückgreifen können (Schmelzbarkeit von Stoffen, Ersticken einer Flamme, Reinstoffe und Gemische). Über äußerst wenige Kenntnisse (teils unter 10 %) verfügen sie im Zusammenhang mit ‚nicht sichtbaren' oder ‚direkt erfahrbaren' Phänomenen. Hier scheinen grundlegende Konzepte zu fehlen, um die Erscheinungen adäquat interpretieren zu können. So konnten sie nur wenig korrekte Aussagen zu Aufgaben der *stofflichen Veränderungen*, speziell zu *Phasenumwandlungen*, zu Vorgängen wie *Verbrennung*, *Verdunsten*, *Lösen* sowie zum *Verhalten von Stoffen durch Änderung äußerer Bedingungen* (Änderung der Zustandsvariablen) formulieren.

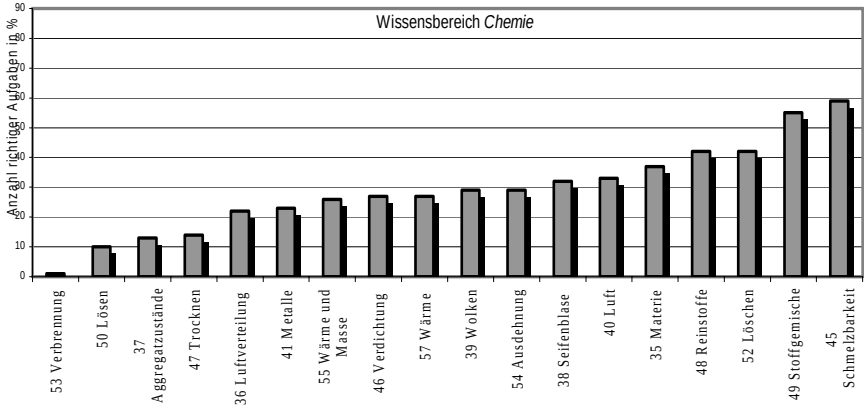



Abbildung 18: Wissensverteilung im Bereich *Chemie*

Die Wissenslücken erstrecken sich hierdurch auch in den Grenzbereich *physikalisch-chemischer* Problemstellungen. So ist das Vorwissen in Bezug auf Fragen zur *Masse-, Volumen- und Temperaturkonstanz* äußerst gering.

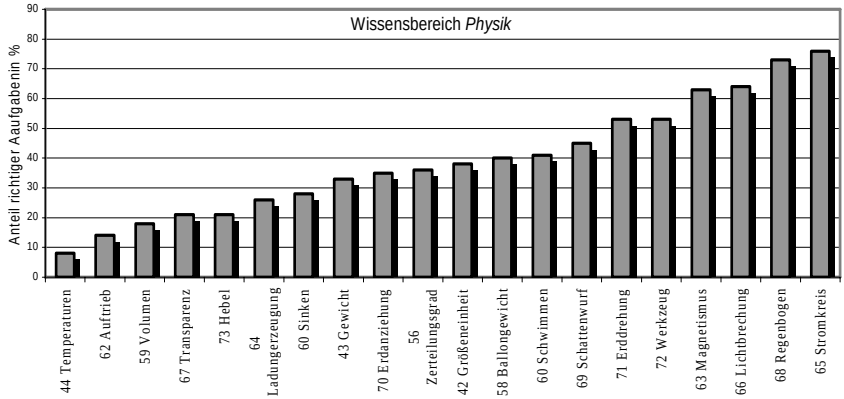



Abbildung 19: Wissensverteilung im Bereich *Physik*

Erstaunlich groß hingegen sind beispielsweise direkt erfahrbare, *physikalisch-technische* Kenntnisse, zum Beispiel über den Aufbau eines elektrischen Stromkreises. 76 % aller Probanden konnten einen geschlos-

senen *Schaltkreis* erkennen. Auch Aufgaben zur *Optik*, *Magnetismus* und zur *Erddrehung* konnten von den meisten Erstklässlern richtig beantwortet werden.

### 4.1.2. Vorwissen und sozialer Hintergrund

Wie bereits im Zusammenhang mit dem bereichsspezifischen Vorwissen der Erstklässler, soll auch hier zunächst die Antwortverteilung über alle drei untersuchten Schulen hinweg dargestellt werden. Von den insgesamt 73 Aufgabenstellungen des Wissenstests konnten die Schulanfänger durchschnittlich 29 Fragen (Median) richtig beantworten.

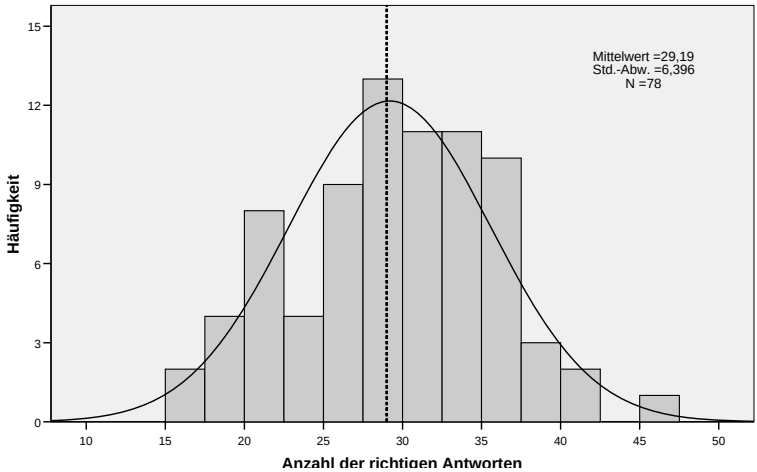



Abbildung 20: Naturwissenschaftliches Wissen – *alle Probanden*

Dies erscheint zunächst nicht viel, doch muss berücksichtigt werden, dass der Test im Sinne einer Longitudinalstudie auch am Ende der vierten Grundschulklasse eingesetzt werden soll und hierbei von einem potenziellen Wissenszuwachs ausgegangen wird, so dass die Skala nach oben hin offen angelegt werden muss. Gleichzeitig ist die

Kurve im Vergleich zu einer Standardkurve etwas breitgipflig (*Kurtosis:* -.339). Die beiden Verteilungskennwerte sind nicht signifikant von 0 verschieden, die Verteilung befindet sich damit innerhalb der Toleranzbereiche einer Normalverteilung. Die Spannweite zwischen schlechtestem und bestem Ergebnis beträgt immerhin 31 Fragen mit einem schlechtesten Ergebnis von 15 und einem besten Ergebnis von 46 korrekt beantworteten Fragen (Abb. 20). Auch die Ergebnisse der Wissenstests der drei untersuchten Schulen stellen sich bei einem α-Fehlerrisiko von 5 % normalverteilt dar. Dabei ist die Verteilung der Antworten an der *Brennpunktschule* eher eng (Abb. 21).

Die Antworten der beiden anderen ersten Klassen verteilen sich hingegen etwas *breiter* als normal, wobei die *Stadtschule* eine ausgeprägte Rechtslastigkeit aufweist (Abb. 22, 23). Das mit Abstand beste Testergebnis wurde an der *ländlichen Schule* erzielt, das niedrigste Ergebnis an der *Brennpunktschule*. Auffällig ist die gemessene ‚Wissenslücke' im mittleren bis unteren Ergebnisbereich der *Stadtschule* (Abb. 23). Die Mittelwerte der Wissenstests der verschiedenen Schulen unterscheiden sich entsprechend in Abhängigkeit vom sozialen Hintergrund der Schulen. Allerdings lassen sich zwischen *Land-* und *Stadtschule* zunächst nur verhältnismäßig marginale Unterschiede feststellen. Dies könnte darauf zurückzuführen sein, dass sich die soziale Schichtung dieser beiden Schulklassen ‚im Schnitt' betrachtet nur geringfügig unterscheidet. Das Ergebnis der *Brennpunktschule* hebt sich jedoch signifikant von den Resultaten der beiden anderen Schulen ab. Die Schüler konnten hier durchschnittlich nur 25.5 der insgesamt 73 Aufgaben (34 %) im Vergleich zu 30.5 (42 %), respektive 31.4 (43 %) an der *Land-* bzw. *Stadtschule* richtig beantworten.

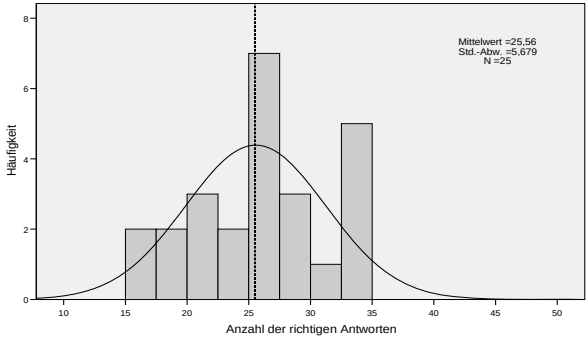
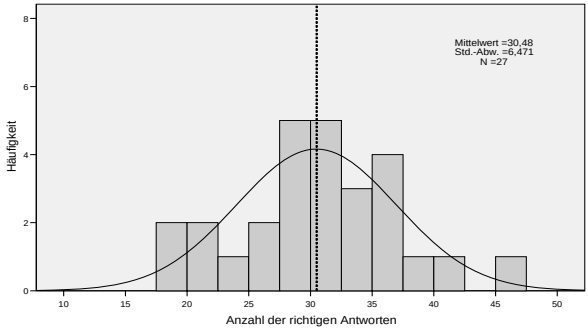



Abbildung 21: Verteilung Wissenstest: *Brennpunktschule*




Abbibildung 22: Verteilung Wissenstest: *Landschule*

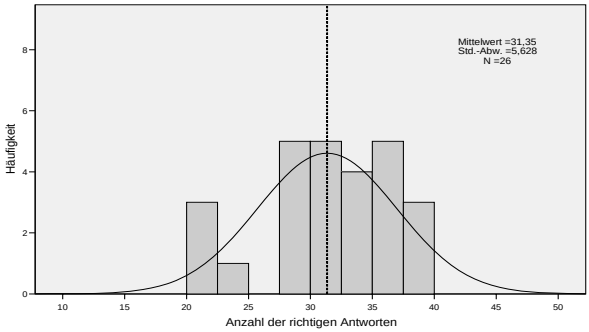



Abbildung 23: Verteilung Wissenstest: *Stadtschule*

Abbildung 24 gibt zunächst die Abhängigkeit des Vorwissens vom *Wohnort* der Kinder wieder, der nur einen Aspekt des *soziokulturellen Hintergrunds* der Schulanfänger darstellt. Um eine weitere Differenzierung vornehmen zu können, wurden die Ergebnisse des Wissenstests mit dem *Bildungshintergrund* (*Bildungsnähe*) der Eltern verglichen. Dabei wurde die schulische Bildung beider Elternteile berücksichtigt.

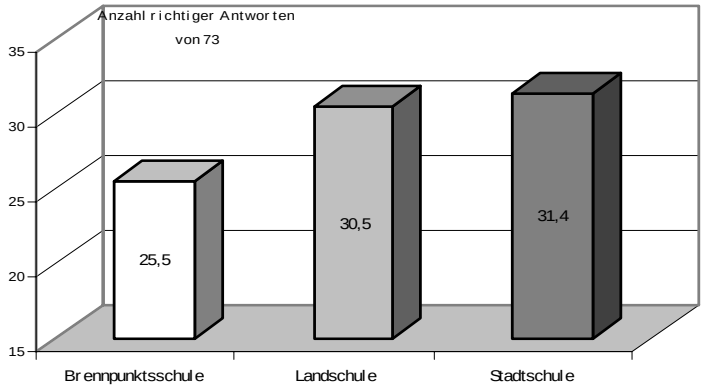



Abbildung 24: *Wissenstest* – Durchschnittsergebnisse der untersuchten Schulen

In Abbildung 25 sind jeweils die *Ausbildungskombinationen* beider Elternteile gegen die Ergebnisse des Wissenstests wiedergegeben. Dabei ist zunächst anzumerken, dass die Paarung *Hauptschulabschluss/Hochschulreife* (*HS/GY*) nur äußerst selten vorkam und mit der Kombination *Realschule/Realschule* (*RS/RS*) zusammengefasst wurde. Der Grad des Vorwissens steigt hiernach deutlich mit zunehmendem Bildungsgrad der Eltern. Ebenfalls zu erkennen ist ein deutlich schlechteres Abschneiden derjenigen Probanden, bei denen mindestens ein Elternteil über einen Hauptschulabschluss verfügt. Im Vergleich hierzu bestehen verhältnismäßig geringere Unterschiede zwischen Kindern, deren Eltern einen mittleren oder höheren Schulabschluss aufweisen können.

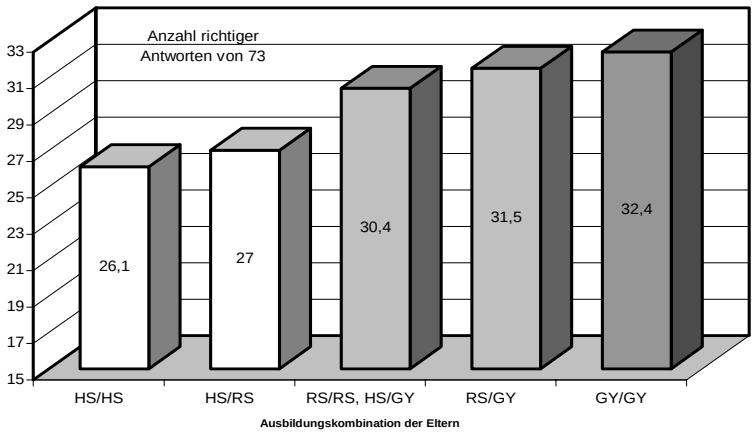



Abbildung 25: Durchschnittsergebnisse des Wissenstest aller Schulen nach *Schulbildung der Eltern*

Betrachtet man die Einzelergebnisse der untersuchten Probanden in Abhängigkeit vom *elterlichen Bildungshintergrund*, wird deutlich, dass die individuellen Unterschiede teilweise markant sind, und deshalb die Ergebnisse auch hier nur durchschnittlich betrachtet werden können. So gibt es Kinder, die trotz höherer Schulbildung der Eltern verhältnismäßig schlechte Resultate erzielten, aber auch Schulanfänger mit niedrigem sozial-familiären Hintergrund, welche überdurchschnittliche Ergebnisse erzielen konnten. Dabei zeigte sich, dass die Verteilung bei Kindern, deren Eltern über eine Hochschulreife verfügen, nicht so breit streut wie bei Schulanfängern, deren Eltern über einen mittleren oder einen Hauptsschulabschluss verfügen. In der Regel schneiden diejenigen Probanden, deren Eltern über einen mindestens mittleren Bildungsabschluss verfügen, auch im Test über dem Schnitt liegend (>31 Punkte) ab. Weiterhin können deutlich Ausreißer ausgemacht werden. So stellt das Testergebnis eines Jungen an der Landschule mit mittlerem Bildungshintergrund das beste Einzelergebnis aller untersuchten Erstklässler dar (Abb. 26 Mitte).

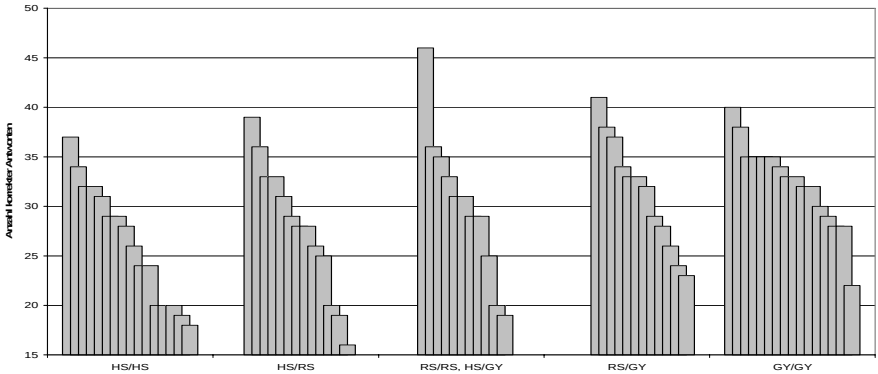



Abbildung 26: *Einzelergebnisse* des Wissenstest nach *Schulbildung der Eltern*

Vergleicht man die Vorkenntnisse der Kinder der drei untersuchten Herkunftsschulen nach *Wissensbereichen*, so ist zu erkennen, dass die Schulanfänger der Brennpunktschule über alle Bereiche hinweg deutlich weniger Kenntnisse vorweisen können als die Erstklässler der beiden anderen Schulen. Die Unterschiede zwischen der Land- und Stadtschule wiederum gleichen sich über alle Wissensbereiche hinweg betrachtet in etwa aus (Abb. 27).

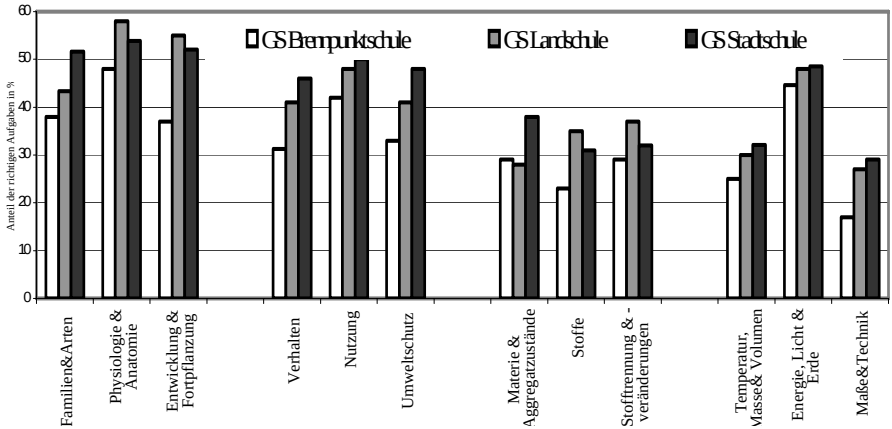



Abbildung 27: B*ereichsspezifisches Vorwissen* nach schulischem Hintergrund

### 4.1.3. Vorwissen und Geschlecht

Signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede konnten in der vorliegenden Untersuchung vorschulischer Kenntnisse nicht festgestellt werden. Der *Median* beträgt für Jungen und Mädchen innerhalb des Wissenstests jeweils 29. Allerdings ist die Wissensverteilung der Mädchen deutlich *breitgipfliger*, d. h. die Streuung ist größer als bei den männlichen Probanden (Abb. 28, 29). Die Ergebnisse decken sich mit den Befunden der PISA- und TIMSS- Studien, wonach ebenfalls keine signifikanten geschlechts-spezifischen Unterschiede in Bezug auf naturwissenschaftliche Kenntnisse beobachtet werden konnten.

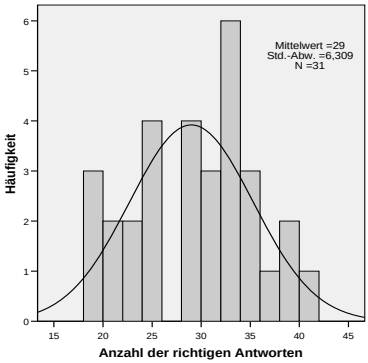



Abbildung 28: Verteilung Wissenstest *Mädchen*

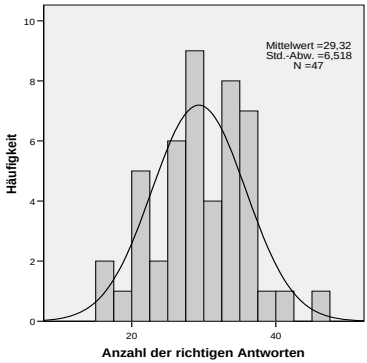



Abbildung 29: Verteilung Wissenstest *Jungen*

### 4.1.4. Vorwissen und Intelligenz

Die Ergebnisse des *Intelligenztests* (CPM) stellen sich normalverteilt dar. Die Verteilungskennwerte weichen nur äußerst geringfügig von der Norm ab (Kurtosis: -0.033, Schiefe: +0.093). Die Kinder aller drei Schulen erreichten in dem standardisierten Test einen Median von 23 von 36 erreichbaren Punkten. Verglichen mit der deutschen Normtabelle entspricht dies (bei einem angenommenen Alter von sechs bis

sieben Jahren) einem Prozentrang von 60 bis 65 %. Dies bedeutet, dass die Kinder im Schnitt als *durchschnittlich intellektuell leistungsfähig* eingestuft werden können (Leistungsstufe III+).

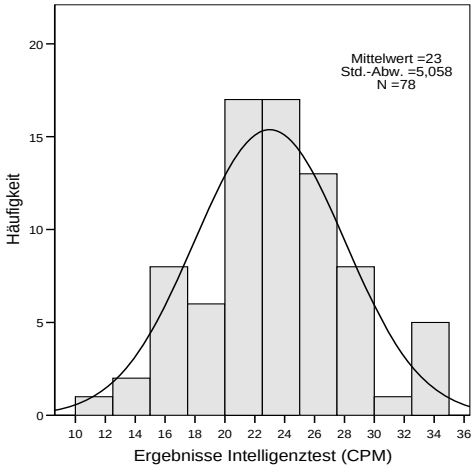



Abbildung 30: Ergebnisse Intelligenztest (CPM) – alle Probanden

Im Vergleich zum Wissenstest unterscheiden sich die Ergebnisse des Intelligenztests in Abhängigkeit vom sozialen Hintergrund nur vergleichsweise geringfügig. Die Medianwerte betragen 22,6 an der *Brennpunktschule* sowie 21,3 und 25,1 an *Land- und Stadtschule*. Die Spannbreite ist hoch und beträgt 23 Punkte, ausgehend von einem Minimalwert von 11 bis zu einem Höchstwert von 34 Punkten, was einer Einstufung der Kinder als ‚weit unterdurchschnittlich intellektuell leistungsfähig' bis hin zu ‚überragend intellektuell leistungsfähig' umfasst. Dabei tauchen die Maximalwerte zweimal an der *Stadtschule*, aber auch einmal an der *Brennpunktschule* auf, wobei die Eltern dieser Spitzenreitergruppe mindestens über einen mittleren Bildungsabschluss verfügen. Diese Spitzenwerte treten an der *Landschule* nicht auf – ein Grund, weshalb das Ergebnis der *Landschule* noch unterhalb des Resultats der *Brennpunktschule* rangiert.

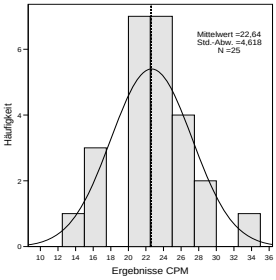



Abbildung 31: Verteilung Intelligenztest: *Brennpunktschule*

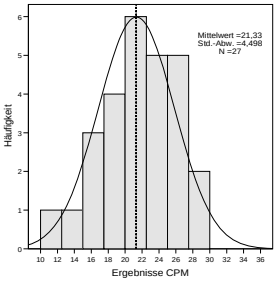



Abbildung 32: Verteilung Intelligenztest: *Landschule*

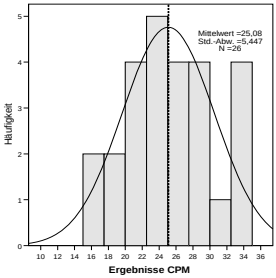



Abbildung 33: Verteilung Intelligenztest: *Stadtschule*

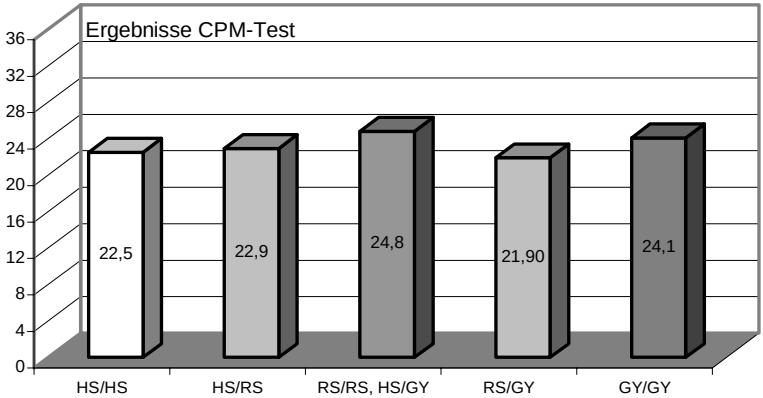



Abbildung 34: Ergebnisse *Intelligenztest* und Schulbildung der Eltern – alle Probanden

Ein signifikanter Zusammenhang zwischen der *Intelligenzleistung* der Kinder und der *Schulbildung der Eltern* sowie dem *Vorwissen* der Kinder konnte nicht festgestellt werden. Die Korrelationskoeffizienten nach Pearson betragen lediglich 0.23 respektive 0.37. Dennoch zeigt sich, dass Probanden mit weit überdurchschnittlichem naturwissenschaftli-

chem Vorwissen auch im Intelligenztest in der Regel überdurchschnittlich abschneiden. Allerdings resultiert aus einer überdurchschnittlichen intellektuellen Leistungsfähigkeit nicht notwendigerweise ein gutes Abschneiden im Wissenstest.

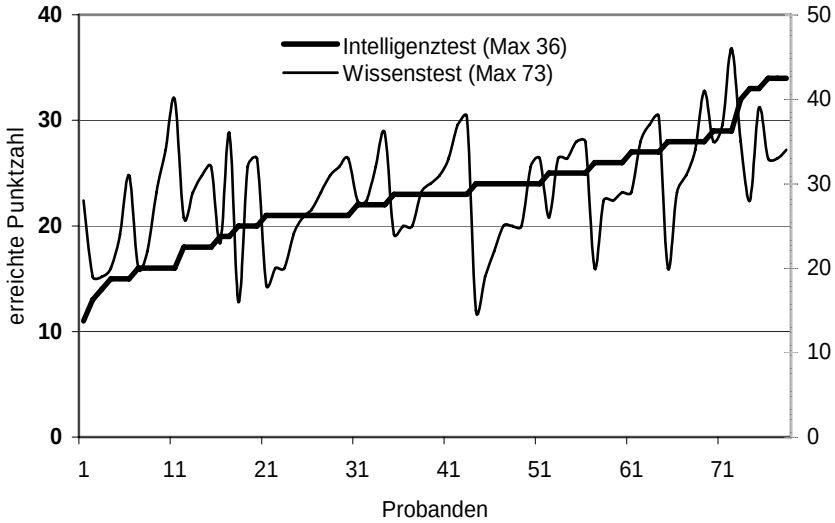



Abbildung 35: Korrelation zwischen *Intelligenz- und Wissensleistung* – alle Probanden

Das Ergebnis deckt sich mit anderen bisher durchgeführten Untersuchungen. Hiernach können *schulische Leistungsunterschiede* kaum durch Unterschiede der *allgemeinen Intelligenz* erklärt werden. Nicht der Intelligenzgrad, sondern der Grad an spezifischem Vorwissen bestimmt die jeweilige fachliche Leistung (Strunk 1999, S. 180).

## 4.2. Fertigkeiten

### 4.2.1. Fertigkeiten und Vorerfahrungen

Die Ergebnisse der praktischen Tests in Abbildung 36 können darlegen, dass die Kinder offensichtlich dort über entsprechende Fertigkeiten verfügen, wo sie im außerschulischen Umfeld die Möglichkeit der *Beobachtung* und/oder der eigenen *praktischen Erfahrungen* hatten. Kinder, die in einem gewissen Bereich weder auf *Beobachtungen*, noch auf *Erfahrungen* zurückgreifen können, verfügen in der Regel auch über keine *Fertigkeiten* und sind zudem nicht in der Lage, die Aufgaben durch ein *strategisch-problemlösendes Vorgehen* lösen zu können.

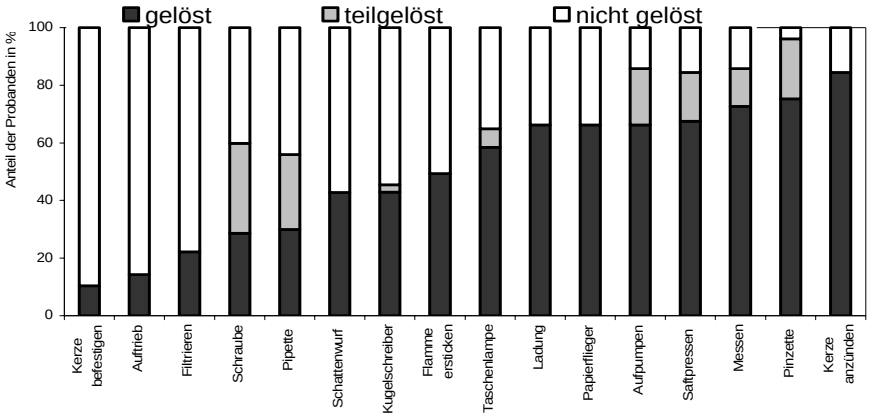



Abbildung 36: Ergebnisse des *Fertigkeitentests*

Im Folgenden soll dieser Zusammenhang verdeutlicht werden. Dabei wird davon ausgegangen, dass der *Grad an Vorerfahrungen* die Bedingung für die Fähigkeit, praktische Aufgaben zu lösen, darstellt.

*Tätigkeiten mit praktischen Vorerfahrungen*

Zu den Aufgaben, die eine Mehrheit der Probanden spontan erledigen konnte, gehören vorwiegend Tätigkeiten, die im *häuslichen Umfeld* anzutreffen sind, und bei denen die Kinder nicht nur über entsprechende *Beobachtungen*, sondern auch über eigene praktische *Erfahrungen* verfügen. Hierzu gehören das ‚Entzünden einer Kerze', das ‚Saftpressen', das ‚Aufpumpen eines Fahrradreifens' sowie das ‚Vermessen' eines Gegenstands mit dem Zollstock. Auch bei der ‚Handhabung einer Pinzette' kann davon ausgegangen werden, dass sie für die meisten Kinder zum *praktischen Erfahrungshorizont* gehört und von den Probanden nicht nur beobachtet, sondern auch bereits ausgeführt wurde.

*Beobachtete Tätigkeiten ohne eigene praktische Erfahrungen*

Das Prinzip des ‚Erstickens einer Kerzenflamme' kann aufgrund des beobachteten Verhaltens von einer Mehrheit der Kinder als bereits *beobachtet*, aber wohl als noch *nicht praktisch durchgeführt* betrachtet werden. Die Aufgabe wurde in der Regel *nicht spontan* gelöst. Zur Bewältigung der Aufgabenstellung benötigten die Probanden eine längere Reflexionsphase, um auf die gemachten Beobachtungen zurückgreifen zu können. Das Fehlen *praktischer Vorerfahrungen* macht entsprechend ein *strategisches Vorgehen* (Versuch und Irrtum) notwendig. Die Aufgabe konnte aber grundsätzlich auch ohne vorhandene praktische Erfahrungen gelöst werden.

Andere Tätigkeiten, die den Kindern wohl von *Beobachtungen* geläufig waren, wurden in der Regel zwar probeweise *nachgeahmt*, letztlich aber nicht korrekt ausgeführt, da die Kinder noch nicht über die hierzu notwendige *praktische Geschicklichkeit und Übung* verfügten. Hierunter fallen Aufgaben wie das ‚Eindrehen einer Schraube', das ‚Reinigen von Schmutzwasser', der ‚Zusammenbau eines Kugelschreibers' oder die ‚Erzeugung elektrostatischer Ladung mittels Luftballon'. Beim letzten

Beispiel hielt eine große Anzahl von Probanden den Ball einfach über den Kopf – im Glauben, dass die Haare zu Berge stehen müssten. Die Beobachtung wurde lediglich *imitiert*, das Prinzip aber nicht verstanden.

Ähnliches ließ sich auch bei der ‚Trennung eines Wasser-Sand-Gemisches' feststellen. Hier verfügten viele Kinder augenscheinlich über *keinerlei praktische Erfahrung* und nur *teilweise* über entsprechende *Beobachtungen*. Obwohl alle zur Lösung der Aufgabenstellung notwendigen Hilfsmittel direkt vor den Kindern lagen (das Filterpapier war bereits vorgefaltet und musste nur noch in den Trichter gesteckt werden), gelang es nur 22 % der Kinder, den Sand vom Wasser zu trennen. Entweder wurde die Funktion des Trichters oder die des Filterpapiers nicht erkannt. Einige Kinder gossen das verschmutze Wasser ohne Filtereinsatz direkt durch den Trichter, andere hielten den Trichter über das Filterpapier. Eine weitere Gruppe von Kindern konnte die Aufgabe nicht im Ansatz lösen und gab auf. Das Ergebnis erstaunte und kann wohl darauf zurückgeführt werden, dass den Kindern nicht nur die entsprechenden praktischen Vorerfahrungen und Beobachtungen fehlten, sondern darüber hinaus auch das kognitive Prinzip einer prinzipiellen Trennbarkeit von Gemischen teilweise nicht bekannt war (s. a. Kap. 3.4.15.).

*Tätigkeiten ohne jegliche Vorerfahrungen*

Der ‚Umgang mit der Pipette' gehört zu den Aufgaben, die ein Großteil der Kinder nicht lösen konnte. Das Werkzeug gehört nicht zum Erfahrungshorizont der Kinder, allerdings wurde die Funktionsweise oft dann durchschaut, wenn der Saugball mit der Glasröhre (als eingeplante Hilfestellung) durch den Tester verbunden wurde. Offensichtlich wurde das ‚Pumpprinzip' dann aufgrund ähnlicher *Beobachtungen* erkannt und transferiert. Die Feindosierung bereitete den Kindern in der Regel geringere Probleme. Eine Aufgabenstellung, bei der davon ausgegangen werden kann, dass auch hier die Probanden weder über

entsprechende Beobachtungen noch über *praktische Vorerfahrungen* verfügen, ist das ‚Umformen eines Stücks Knetmasse zu einem schwimmfähigen Objekt'. Bereits die Ergebnisse der Prätests hatten gezeigt, dass viele Schulanfänger eine Vorstellung des Auftriebs (Leichtigkeit) durch eine möglichst ‚flächige' Verteilung der Knetmasse favorisieren, und dass das Konzept der Verdrängung in dieser Altersstufe als weitgehend unbekannt vorausgesetzt werden kann.

Einige der ausgewählten Aufgabenstellungen sollten spezielle Items des Wissenstests verifizieren und aufzeigen, inwiefern rein sprachlich formulierte Lösungsansätze innerhalb eines Interviews von den Kindern auch praktisch umgesetzt werden können. Hierzu gehörten die Aufgaben zur ‚Stofftrennung' (Filtration), zum ‚Auftrieb', der ‚Ladungserzeugung', zum ‚Schattenwurf' sowie das ‚Ersticken einer Kerzenflamme'. Die Ergebnisse des Fertigkeitentest konnten die Ergebnisse der Befragung bestätigen. Diejenigen Kinder, welche die Aufgaben *gedanklich-hypothetisch* zu lösen vermochten, waren in der Regel auch in der Lage, die Aufgaben *praktisch* zu bewältigen, und umgekehrt.

### 4.2.2. Fertigkeiten und sozialer Hintergrund

Auch die Resultate des Fertigkeitstests zeigen sich innerhalb der Toleranzen normalverteilt. Die Spannweite ist auch hier beachtlich und reicht von 2,5 bis 14 von erreichbaren 16 Punkten. Die Verteilung ist in ihrer Gesamtheit leicht *rechtsschief*. Dies bedeutet, dass nur verhältnismäßig wenige Kinder weiter unter dem Durchschnitt liegende Ergebnisse erreichten. Das Profil der Gesamtverteilung spiegelt auch die Verteilung an den einzelnen Schulen wieder. Einen Ausreißer bildet eine kleine Gruppe von Kindern der *Brennpunktschule*; diese Gruppe verfügte über äußerst geringe Erfahrungen. Die Elternbefragung ergab, dass diesen Kindern entweder der Vater fehlte oder dass dieser arbeitslos war.

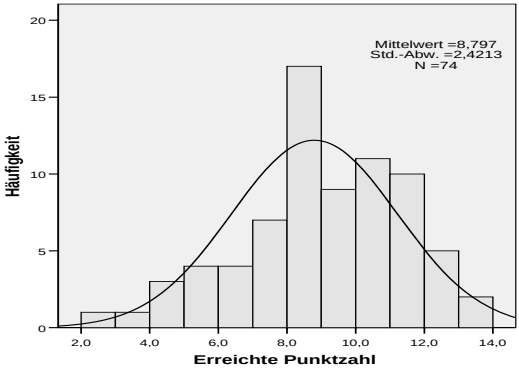



Abbildung 37: Ergebnisse des *Fertigkeitentests* – alle Probanden

Die Verteilung an der *Landschule* stellt sich verhältnismäßig gleichmäßig dar. An der *Stadtschule* lässt sich analog der sozialen Schichtung der Klasse eine ‚Polarisierung' der gemessenen Fertigkeiten beobachten. So verfügt eine vergleichsweise größere Gruppe von Kindern über überdurchschnittliche Fähigkeiten. Entsprechend lässt sich auch eine zweite Gruppe von Kindern ausmachen, welche deutlich unterdurchschnittliche Ergebnisse erzielte.

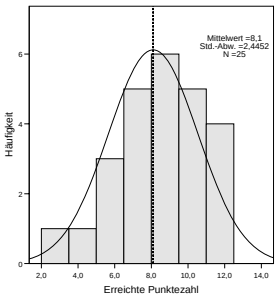



Abbildung 38: Verteilung Fertigkeitentest *Brennpunktsschule*

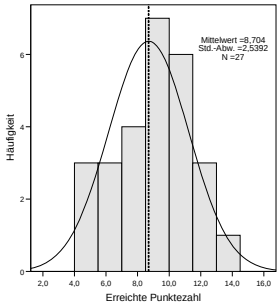



Abbildung 39: Verteilung Fertigkeitentest *Landschule*

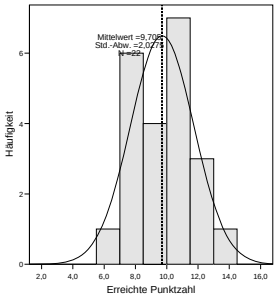



Abbildung 40: Verteilung Fertigkeitentest *Stadtschule*

Ein mittleres Niveau konnten hier nur relativ wenige Probanden erzielen. Die Spitzenwerte von 14 Punkten wurden jeweils an der *ländlichen* als auch an der *städtischen Schule* erzielt.

Wie aus Abbildung 41 ersichtlich, besteht ein Zusammenhang zwischen dem *sozialem Hintergrund* der Kinder und ihren *Fertigkeiten*. Ähnlich wie bereits bei der Betrachtung der Ergebnisse im Zusammenhang mit dem dispositionalen Wissen der Schulanfänger, sind auch die Fertigkeiten der Kinder vom sozialen Hintergrund der Schulen abhängig. Die Mittelwerte der einzelnen Schulen zeigen, dass Probanden der *Brennpunktschule* nicht nur, wie bereits dargestellt, über *weniger Vorkenntnisse*, sondern auch über *weniger Fertigkeiten* und damit *weniger Primärerfahrungen* verfügen als Kinder mit bildungsnahem elterlichem Hintergrund.

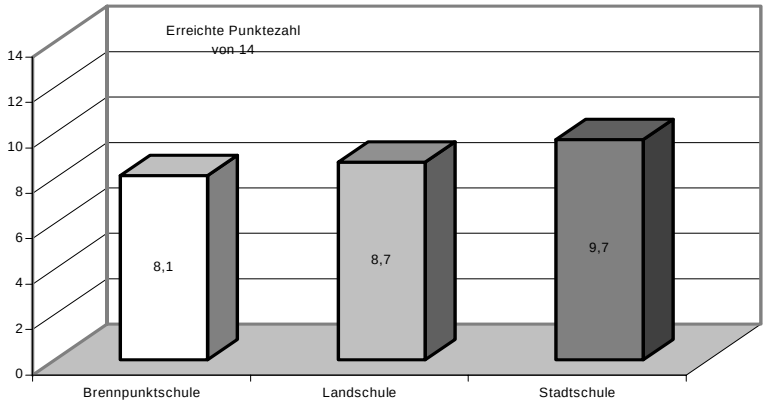



Abbildung 41: *Fertigkeitentest* – Durchschnittsergebnisse – alle Schulen

Stellt man als Maß für den *sozialen Hintergrund* der Kinder den *schulischen Bildungshintergrund* der Eltern gegen die Ergebnisse des *Fertigkeitentests*, ergibt sich ein ähnliches Bild wie bereits im Zusammenhang zwischen den Ergebnissen des *Wissenstests* und dem *elterlichen Bildungshintergrund*. Nach Pearson beträgt der Korrelationskoeffizient r=0.44. Der Zusammenhang ist somit nicht eindeutig und nur mäßig korrelant. Etwas abgesetzt erscheint wiederum die Gruppe der Probanden, deren

Eltern über einen Hauptschulabschluss verfügen und damit als ‚bildungsfern' klassifiziert werden können. Die Befunde sprechen gegen eine Annahme, dass Kinder, die über weniger theoretische Kenntnisse verfügen, im Sinne einer ‚Verlagerung von Fähigkeiten' eher praktisch orientiert seien. Im Gegenteil: Es zeigte sich, dass Kinder mit gehobenerem Bildungshintergrund nicht nur über deutlich bessere *Vorkenntnisse*, sondern in der Regel auch über ausgeprägte *praktische Fähigkeiten* verfügen.

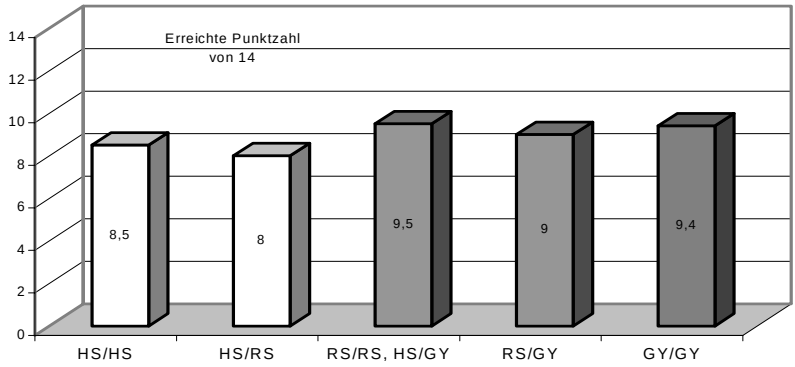



Abbildung 42: Praktische Fertigkeiten und Bildungsniveau der Eltern

Bei näherer Betrachtung der Spitzenreitergruppe fällt weiterhin auf, dass jeweils mindestens ein Elternteil (in der Regel der Vater) einen *technischen Beruf* ausübt. Die Resultate der Kinder mit entsprechendem beruflichem Hintergrund der Eltern lagen mit durchschnittlich 11,1 Punkten deutlich über dem Niveau der anderen Kinder (Abb. 43). Die Tatsache legt einen Zusammenhang vorhandener Fertigkeiten mit dem beruflichen Hintergrund der Eltern nahe. Die berufliche Tätigkeit der Eltern (Väter) scheint einen direkten Einfluss auf den Erfahrungshorizont und damit auf die Fertigkeiten der Kinder zu haben. Da die Berufsangaben der Eltern insgesamt nicht detailliert genug waren, können, um eine klare Kategorisierung in weitere Berufssparten vorzunehmen, an dieser Stelle aber ein entsprechender Vergleich

nicht angestellt und das Phänomen nicht bestätigen werden. Dem Befund steht entgegen, dass die beiden Spitzenwerte von je zwei Probanden erzielt wurden, deren Eltern keinen technisch orientierten Beruf ausüben.

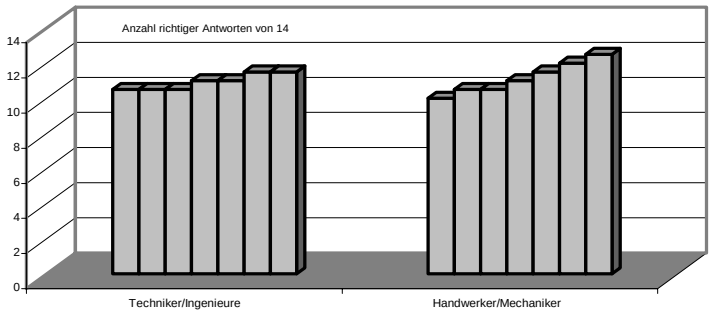



Abbildung 43: Ergebnisse des Fertigkeitentests bei *technisch-handwerklich orientierten Berufen* der Eltern

### 4.2.3. Fertigkeiten und Geschlecht

Ein signifikanter Unterschied zwischen Mädchen und Jungen in Bezug auf ihre praktischen Fähigkeiten konnte, wie bereits im Wissenstest, nicht festgestellt werden (Abb. 44). Auffällig war allerdings, dass die Jungen weitaus mehr Zutrauen in ihre Fertigkeiten zeigten und entsprechend zuversichtlicher und selbstbewusster auftraten als die Mädchen, welche häufig nur äußerst zurückhaltend die ihnen gestellten Aufgaben angingen.

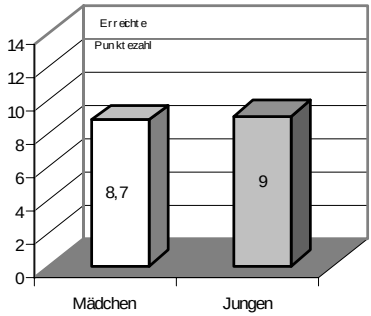



Abbildung 44: Ergebnisse des Fertigkeitentests nach *Geschlecht* - alle Probanden

### 4.2.4. Fertigkeiten und Intelligenz

Ein direkter Zusammenhang zwischen den *praktischen Fähigkeiten* der untersuchten Kinder und der gemessenen *Intelligenzleistung* ließ sich erwartungsgemäß nicht nachweisen. Die Korrelation beträgt r=0.23 und entspricht somit der Übereinstimmung zwischen der *Intelligenzleistung* und dem *Vorwissen*. Allerdings lässt sich feststellen, dass diejenigen Probanden mit Spitzenleistungen im Fertigkeitentest auch im Intelligenztest überdurchschnittlich abschnitten. Dies trifft allerdings nur auf die besagte Gruppe der Testbesten zu. Ein grundsätzlicher Zusammenhang zwischen der *Intelligenzleistung* und dem Grad an *praktischen Vorerfahrungen* lässt sich allerdings nicht nachweisen.

### 4.2.5. Fertigkeiten und Vorwissen

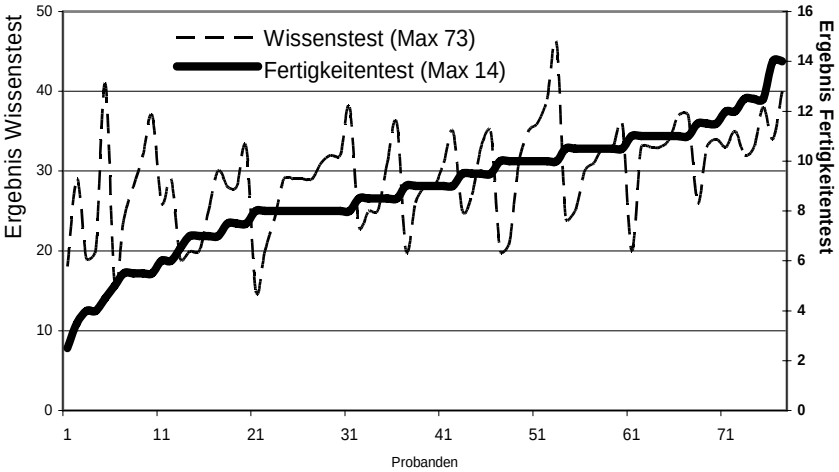



Abbildung 45: Korrelation zwischen *Vorwissen* und *Fertigkeiten* aller Probanden

Ähnlich wie bereits im Zusammenhang mit der *Intelligenzleistung* und dem *Vorwissen* zeigt sich auch zwischen dem *Vorwissen* und den *prakti-*

*schen Fähigkeiten* nur eine mäßige Korrelation (r=0.44). Auch hier kann beobachtet werden, dass nicht nur Kinder mit überragender *Intelligenzleistung*, sondern auch Kinder mit überdurchschnittlichem *Vorwissen* tendenziell über bessere *praktische Fähigkeiten* verfügen. Es gibt also Schulanfänger, die als ‚universell ausgestattet' und als ‚umfassend kompetent' betrachtet werden können. Obwohl es keinen eindeutigen Zusammenhang zwischen *Vorwissen* und *Fertigkeiten* zu geben scheint, kann doch gesagt werden, dass praktische Fertigkeiten und kognitive Leistungen keine Gegenspieler darstellen und sich gute Leistungen in beiden Bereichen nicht ausschließen.

## 4.3. Vorstellungen und Konzepte

Die Erhebung naiver konzeptioneller Vorstellungen von Schulanfängern erfolgte zum einen durch die Auswertung der Ergebnisse der beiden *Voruntersuchungen*. Dabei ergab die Interpretation der gegebenen Antworten und Aussagen, bildlichen Darstellungen, Sortier- und Legeaufgaben ein umfassendes Bild kindlicher Vorstellungen über alle naturwissenschaftlichen Themenbereiche hinweg. Die Ergebnisse sind umfangreich, beanspruchen aber nicht im Sinne einer Vollständigkeit alle relevanten konzeptionellen Vorstellungen darstellen zu können. Weitere kindliche Konzepte wurden innerhalb einer *Vertiefungsstudie* zu spezifischen Themen der *unbelebten*, *stofflichen Natur* ermittelt.

Die Darstellung der untersuchten kindlichen *Vorstellungen* ist im Folgenden nach Themenbereichen untergegliedert. Eine fachwissenschaftliche Abgrenzung stellte sich hierbei nicht als praktikabel heraus, zumal einige Inhaltsbereiche sich nicht eindeutig einzelnen Naturwissenschaften zuordnen lassen. Ein Großteil der Aufgaben zum *biologisch-ökologischen Verständnis* von Schulanfängern wurde innerhalb der *Prätests* in Form von Lege- und Sortieraufgaben gestellt. Die Vorteile dieser Befragungsmethoden liegen darin, dass die Kinder ihre Vorstellungen nicht versprachlichen müssen, die Darstellungen auf die Kinder äußerst motivierend wirken und den Probanden die Möglichkeit geboten wird, ihre Antworten eventuell revidieren zu können. Daneben wurden aber auch Fragen mit sprachlichen Antwortformulierungen sowie Zeichenaufgaben gestellt. Letztgenannte Methode eignet sich im Besonderen zur Feststellung konzeptioneller Vorstellungen und Denkweisen.

Wie bereits in Kapitel 2.2.2.1. ausgeführt, sind die Vorkenntnisse der Schulanfänger im Bereich der *belebten Natur* verhältnismäßig groß, speziell bei Fragen zur *Zoologie*. Wie auch bei anderen naturwissenschaftlichen Aufgabenstellungen können jedoch auch hier immer dann Wis-

senslücken beobachtet werden, wenn sich die Fragen entweder mit *globaleren*, im direkten Umfeld der Kinder nicht vorkommenden oder auch mit nicht sichtbaren *inneren Vorgängen* und Prozessen beschäftigen. Sind Kinder in diesem Alter überhaupt bereit, Erklärungen über verborgene Vorgänge zu artikulieren, dann schließen sie in ihren Begründungen in der Regel *von äußeren auf innere Merkmale und Vorgänge* und beurteilen ein Objekt oder ein Phänomen eher nach dessen *Funktion* als nach seiner Beschaffenheit. Diese Prinzipien gelten für alle naturwissenschaftlichen Bereiche, seien sie belebt oder unbelebt. Die Kenntnisse und konzeptionellen Vorstellungen zur menschlichen und pflanzlichen Anatomie, Morphologie und Physiologie sind entsprechend verhältnismäßig gering ausgeprägt. Fragestellungen zum Umweltschutz waren den Kindern nur im Zusammenhang mit ihrem häuslichen Umfeld bewusst, nicht aber in einem technischen oder globaleren Sinn, der über ihr direkt erfahrbares und persönliches Umfeld hinaus weist.

### 4.3.1. Konzepte des Lebens

Zur Ermittlung konzeptioneller Vorstellungen zur Unterscheidung von Lebewesen und Artefakten wurde eine Sortieraufgabe gestellt. Die Probanden sollten dabei diverse bildliche Darstellungen als ‚belebt' oder ‚unbelebt' einstufen. Dabei scheint das Kriterium der *Beweglichkeit* maßgeblich für eine Zuordnung als Lebewesen zu sein. Die Ergebnisse der Tests decken sich mit anderen Untersuchungen (s. Kap. 2.2.2.1.). Über diese Basiskategorie hinaus ergaben sich aber

noch weitere untergeordnete Kriterien, nach denen die Kinder die dargestellten Objekte als Lebewesen oder Artekfakte kategorisierten. So ist für die Einschätzung als Lebewesen auch das Vorhandensein eines *Fortbewegungsorgans* (*autonome Bewegungsfähigkeit*) bedeutsam. Entsprechend wurden Darstellungen von Spermien oder Plankton meist als lebend eingestuft, die Darstellung eines Virus oder Mehrzellers, welche über keine sichtbare Körperverlängerung verfügen, hingegen als unbelebt. Das Kriterium der Eigenbewegung spielt wohl auch bei der Kategorisierung eines menschlichen Herzens eine Rolle. Die den Kindern wohl bekannte und beobachtbare Pumpbewegung führt wahrscheinlich dazu, dass eine Mehrheit der befragten Kinder das Herz als Lebewesen einstuft.

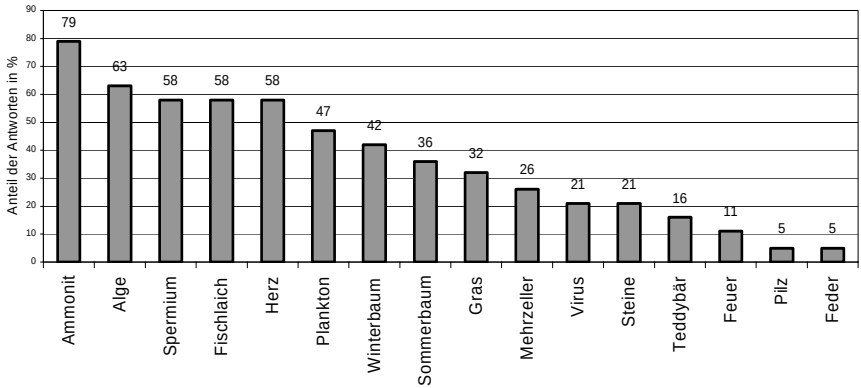



Abbildung 46: Einstufung bildlicher Darstellungen als *Lebewesen*

Auf der anderen Seite wurden solche Darstellungen als ‚unbelebt' eingestuft, welche *mit dem Boden verbunden* und deshalb nicht als *unabhängige Individuen* erscheinen. Diese Einschätzung fand in der Regel bei Pflanzen (Bäume, Gras) und der Darstellung eines Pilzes statt. Das Vorhandensein einer *Grünfärbung* (Chlorophyll) stellte für die untersuchten Schulanfänger kein wesentliches Kriterium für eine Klassifizierung als Pflanze dar. Die Mehrzahl der Kinder schätzte einen belaubten Baum als ebenso ‚unbelebt' ein wie einen blätterlosen Winterbaum. Auch grünes Gras wurde in der Regel als ‚unbelebt' assoziiert. *Animistische*

*Vorstellungen* spielten bei der Einschätzung wider Erwarten kaum eine Rolle. Eine Flamme oder ein Teddybär wurden nur äußerst selten als ‚lebend' klassifiziert. Beachtlich auch, dass ein versteinerter Ammonit im Gegensatz zu einem Stein mehrheitlich als ‚belebt' angesehen wurde. Die bekannte äußere Erscheinungsform scheint hier für die Einschätzung maßgeblich zu sein.

Gezielt nach Unterscheidungskriterien zwischen Lebewesen von Artefakten befragt, wurden neben Merkmalen wie der bereits erwähnten *Bewegungsfähigkeit* (*Laufen, Schwimmen, Kriechen*) vorwiegend Tätigkeiten genannt, die mit dem *Mund* ausgeführt werden können (*Fressen, Beißen, Sprechen, Lachen, Geräusche von sich geben*). In der Regel formulierten die Kinder zwei Unterscheidungskriterien. Auf die Frage, was Tiere zum Leben benötigen, wurde an erster Stelle die *Nahrung* (*Fressen*), gefolgt von dem Bedürfnis nach *Schlaf* (*Schlafplatz, Körbchen*) und der Fähigkeit, *Geräusche/Laute* von sich zu geben, genannt. Das Vorhandensein einer Mundöffnung scheint auch hier ein zentraler Bewertungsmaßstab zu sein.

| Lebewesen | Artefakte |
|---|---|
| *autonome Bewegungsfähigkeit* | Bewegungslosigkeit/ *Starre* |
| unabhängig von anderen Objekten *individuell erscheinende* Objekte | mit anderen Objekten *verbundene* (im Verband) erscheinende Objekte |
| Fortbewegungsorgan, deutliche *Körperverlängerung* | fehlende *Körperverlängerung*, Kompaktheit |
| Vorhandensein einer *Mundöffnung* | fehlende Mundöffnung |
| *Nahrungsaufnahme Geräuschproduktion* | keine sichtbare Nahrungsaufnahme keine Geräuschproduktion |
| Ähnlichkeit mit bekannten Lebewesen | Ähnlichkeit mit bekannten Artefakten |

Tabelle 22: Kategorisierungskriterien von *Lebewesen* und *Artefakten* nach Spägele

### 4.3.2. Zoologie

Insgesamt zeigten die Kinder ein breit angelegtes Vorwissen über Tiere. Besonders ausgeprägt war die Fähigkeit, diese in zusammengehörige Gruppen einzuordnen. Die Aufgabe war als Lege- und Sortieraufgabe gestellt, wobei den Probanden die Anzahl der zu ordnenden Tiere (jeweils drei) im Voraus genannt wurde. Die Aufgabe war komplex, da sich einerseits viele Abbildungen vor den Kindern befanden, andererseits die Tiere so ausgewählt wurden, dass sie nicht spontan aufgrund offensichtlicher äußerer Merkmale gruppiert werden konnten. Die Aufgabenstellung erforderte strategisches Vorgehen im Sinne eines ständigen Vergleichs und einer Revision einmal getroffener Entscheidungen.

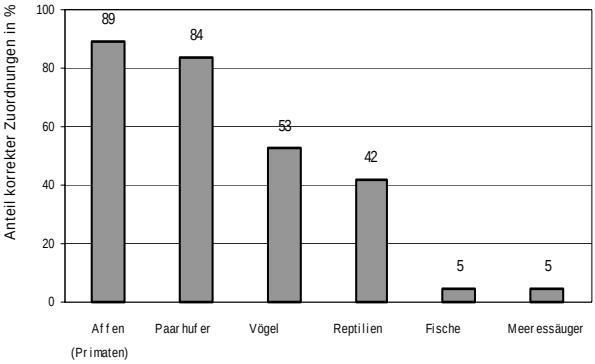


Abbildung 47: Zuordnung von *Tierdarstellungen* in Gruppen

Die Mehrheit der Probanden konnte zwei bis drei von vier Tierfamilien korrekt zuordnen. Dabei wurde die Gruppe der Primaten am erfolgreichsten gelöst, obwohl nicht alle Tiere als bekannt vorausgesetzt werden konnten (Lemur). Falsche Gruppierungen ergaben sich bei den Fischen und Meeressäugern. Hier kam es erwartungsgemäß zu Verwechslungen (Abb. 47). Innerhalb einer weiteren Sortieraufgabe sollten die Schulanfänger wirbellose Kleintiere in entsprechende Drei-

ergruppen sortieren. Die Aufgabe bereitete den Kindern deutlich mehr Schwierigkeiten als die Klassifizierung größerer Tiere. Die Gruppe der Stachelhäuter und die der Weichtiere wurde nur selten korrekt zugeordnet (Abb. 48). Der Grund für die geringere Zahl korrekter Zuordnungen könnte darin liegen, dass die Tiere den Kindern teilweise unbekannt waren und deshalb äußere Beurteilungskriterien zur Unterscheidung kaum gefunden werden konnten, obwohl diese auch bei den Kleintieren sichtbar vorhanden sind (Stacheln, Panzerung, Mehrbeinigkeit, etc.).

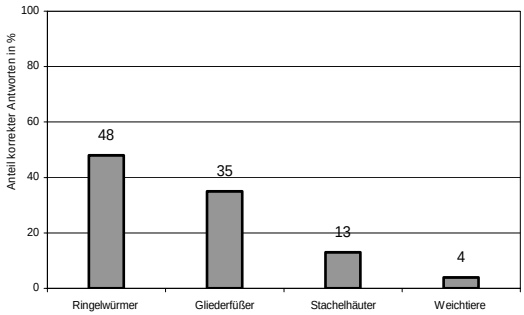


Abbildung 48: Zuordnung von *Kleintierdarstellungen* in G

### 4.3.3. Anatomie und Physiologie

Die Befragung der Erstklässler zum inneren Aufbau des Menschen ergab, dass die Vorkenntnisse verhältnismäßig gering waren und dass sich die Vorkenntnisse im Wesentlichen auf das *Skelett*, das *Herz-Kreislauf-System (Herz, Adern, Blut)* sowie den *Magen-Darm-Trakt* beschränken. Durchschnittlich wurden drei innere Bestandteile oder Organe genannt. Die Lunge, die Leber oder die Nieren wurden nur äußerst selten erwähnt (s. Abb. 49).

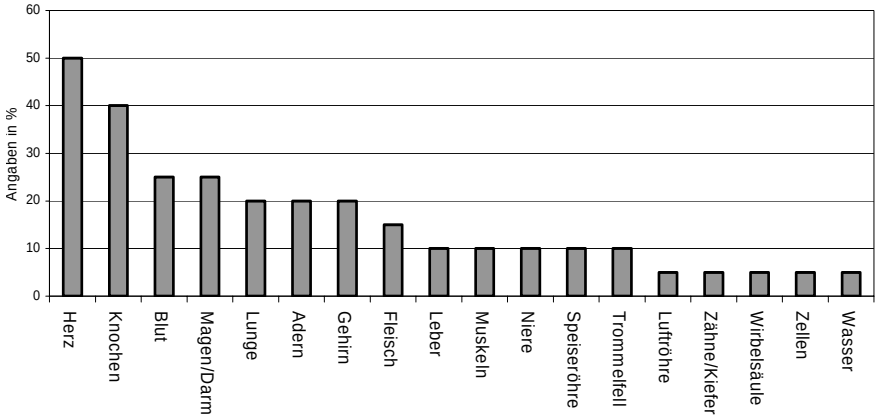



Abbildung 49: Nennung *innerer Bestandteile* des Menschen nach Häufigkeit

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte Gelman (1990, S. 97ff.): Dabei wurden ebenfalls die Organe Knochen, Herz und Blut genannt und diese grundsätzlich auch anderen Säugetieren zugeordnet. Die Probanden differenzierten bei Lebewesen klar zwischen *äußerem* und *innerem Aufbau*, im Gegensatz zu Artekfakten, bei denen sie von einer identischen inneren und äußeren Konsistenz ausgingen.

Die Ergebnisse der Vortests wurden durch die Vertiefungsstudie an einer weiteren Stichprobe einer ersten Klasse bestätigt. Hier sollten die Kinder bildlich die inneren Bestandteile eines Menschen darstellen. Auch hier zeichneten die Kinder zunächst, ohne jeglichen inneren Zusammenhalt und genaueren Positionierung, einige *Knochen* und darauf folgend das *Herz* ein. Über diese ‚Grundbestandteile' hinaus wurden von manchen Kindern noch das *Blutkreislaufsystem* und der *Magen-Darm-Trakt* zu Papier gebracht (Abb. 50). In einer deutlich differenzierteren Darstellung wurden darüber hinaus auch noch die *Luft- und Speiseröhre* sowie ihre *Funktionsweise* (Essen, Trinken, ‚verschmutzte Luft') im Bild festgehalten (Abb. 51).

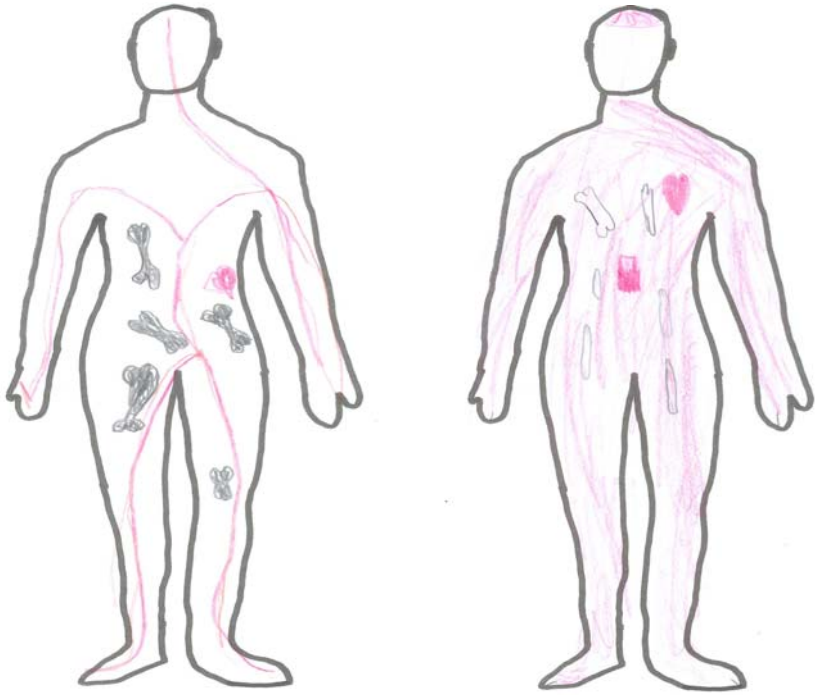


Abbildung 50: Kindliche Darstellung menschlicher, innerer Organe

Offensichtlich wird der Umwandlungsprozess bei der Atmung hier als ‚Reinigungsprozess' verstanden. Über die Darstellung innerer Organe hinweg wurden zum Teil auch äußerlich sichtbare Körperteile wie das *Geschlechtsorgan, Haare, Augen* und nicht zum Körper gehörende Objekte wie *Kleidungsstücke* dargestellt.

Nach der *Funktion* der Organe befragt, waren die vorhandenen Kenntnisse ebenfalls äußerst rudimentär und beschränkten sich in der Regel auf die wenigen bekannten Organe. So war die Funktion des *Herzens*, der *Muskeln* und des *Magens* immerhin etwa der Hälfte der Befragten geläufig.

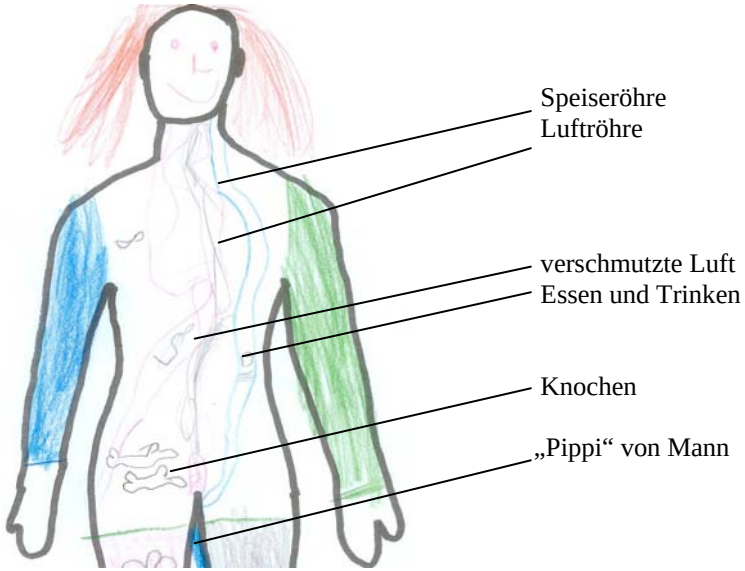



Abbildung 51: Differenzierte kindliche Darstellung des menschlichen Körpers

Über die Funktion der *Lunge* wussten nur noch 10 % der Kinder Bescheid. Die Aufgabe des *Herzens* wurde teilweise nicht funktional, sondern nach der äußerlich wahrnehmbaren *Wirkung* (Schlagen) beurteilt. Ein Kind behauptete, das Herz pumpe Luft. Über den Verbleib der eingeatmeten Luft im Körper befragt, konnten nur 15 % der Kinder überhaupt einen Zusammenhang mit dem Organ *Lunge* herstellen. 10 % der Schulanfänger gaben an, die Funktion der Luft bestünde darin, den Bauch oder den Körper aufzublasen. Die überwiegende Mehrheit gab an, nichts darüber zu wissen. Die weit verbreitete Unkenntnis speziell über die Funktion der *Lunge* kann in direktem Zusammenhang mit fehlenden Konzepten zur *Gas-* und *Luftvorstellung* gesehen werden. Da hier bereits grundlegende stoffliche Teilchenkonzepte nicht vorhanden sind, können auch physiologische Vorgänge nicht korrekt erfasst werden (vgl. auch ‚Luft‘).

Auf die Frage, wie Hunde- oder Katzenbabys entstehen, konnten die Kinder meist keinerlei Auskunft geben. Nur jedes zehnte Kind nannte den *Bauch der Mama* und ein einziges Kind das *Hinterteil* als Herkunftsort der Babys. Der Prozess der Fortpflanzung – oder gar der Geschlechtsakt selbst – wurde nur vereinzelt angedeutet (Küssen), aber nie näher beschrieben.

### 4.3.4. Verhalten

Bei der Einschätzung der Körpersprache eines Hundes konnte ein Großteil der Schulanfänger das Verhalten nicht korrekt beurteilen. Am deutlichsten wurde noch eine *aggressive Haltung* erkannt (68 %). Andere Signale wie *Angst*, *Freude* und *Zufriedenheit* wurden in der Regel fehlinterpretiert. Die Ergebnisse der Hauptuntersuchung bestätigen dieses Ergebnis. Auch hier konnten nur wenige Kinder den Körperausdruck eines Hundes richtig deuten (Abb. 52).

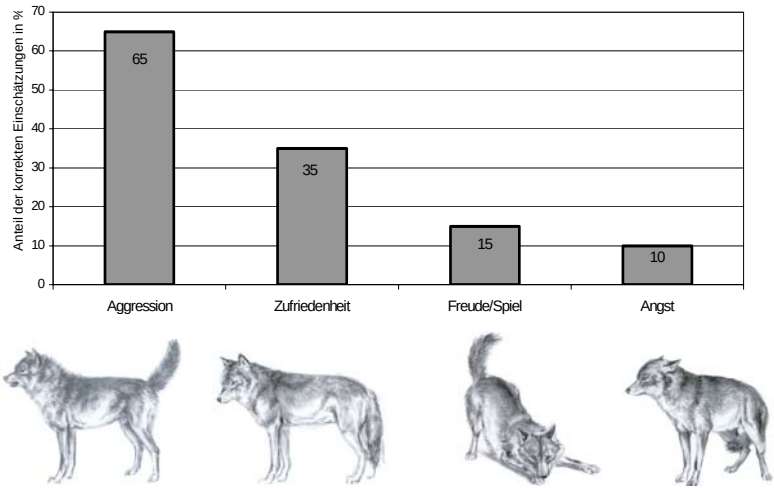



Abbildung 52: Einschätzung der Körpersprache eines Hundes

Weitere Fragen bezogen sich auf das *jahreszeitliche Verhalten* von Tieren. Hierzu wurden den Probanden verschiedene Tierbezeichnungen vorgelesen, und sie sollten jeweils bestimmen, welches Tier einen *Winterschlaf bzw. eine Winterruhe* hält und welches nicht. Tiere wie Bär, Igel und Hund wurden in ihrem Verhalten meist richtig eingeschätzt. Andere heimische Tiere hingegen wurden häufig falsch beurteilt (s. Abb. 53). Es liegt die Vermutung nahe, dass den Kindern die direkte Beobachtungsgrundlage für dieses Verhalten der Tiere fehlt – die Winterruhe von Igel und Bär aber in vorschulischen Einrichtungen oder durch die Eltern bereits vorentlastet wurde.

Hinsichtlich des jahreszeitlichen Verhaltens heimischer Vogelarten (*Vogelzug*) wusste die Mehrheit der Kinder, dass nur ein Teil der Vögel im Winter in wärmere Regionen zieht und nicht etwa alle Tiere ganzjährig zu Hause verweilen oder in den Süden ziehen. Schließlich sollten die Probanden Bäume nennen, die im Winter ihr *Laub nicht abwerfen*. Nur knapp die Hälfte der Kinder konnte überhaupt nur eine Baumart (‚Tannenbaum') aufzählen. Das Ergebnis wurde innerhalb der Hauptuntersuchung durch eine Umkehrung der Aufgabenstellung, bei der die Probanden den einzigen laubwerfenden Baum wählen sollten, bestätigt.

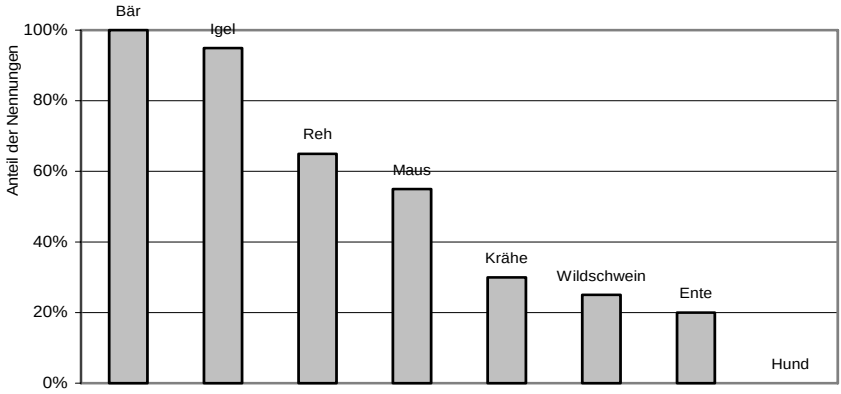



Abbildung 53: „Welches Tier hält einen *Winterschlaf* oder *Winterruhe*?"

### 4.3.5. Botanik

Die Schulanfänger erhielten die Aufgabe, verschiedene bildliche Darstellungen von Lebewesen in *Pflanzen* oder *Tiere* zu gruppieren. Die Kinder zeigten dabei ein ähnliches Auswahlverhalten wie bereits bei der Unterscheidung zwischen *belebten* und *unbelebten* Objekten. Auch hier wurde nach der Fähigkeit der *autonomen Bewegungsfähigkeit* klassifiziert. Als Pflanzen wurden bevorzugt *starr* und *unbewegt erscheinende*, *verankerte Objekte* eingestuft. Auch eine *Grünfärbung* war kein Kriterium für die Einschätzung als Pflanze. So wurden zwei verschiedene Grünalgenarten von der Hälfte der Kinder als *Tiere* erkannt, als *Pflanzen* hingegen die Abbildungen einer Koralle, eines Pilzes sowie eines Steinfischs, welche in den Darstellungen deutlich mit dem *Boden verbunden* und *starr* erscheinen. Das Bild einer Eizelle, welche weder über eine Verankerung noch über ein Fortbewegungsorgan verfügt, wurde entsprechend mehrheitlich weder als Tier, noch als Pflanze erkannt.

Auf die Frage, wie sich *Pflanzen* von *Tieren* unterscheiden, gingen die Kinder meist nicht auf pflanzliche Eigenschaften ein, sondern bezogen ihre Äußerungen auf Merkmale von Tieren. Wiederum wurden hier dieselben Unterscheidungskriterien genannt, die auch für die Charakterisierung von *Lebewesen* geltend gemacht wurden (*Bewegung und Nahrungsaufnahme*) (Abb. 54).

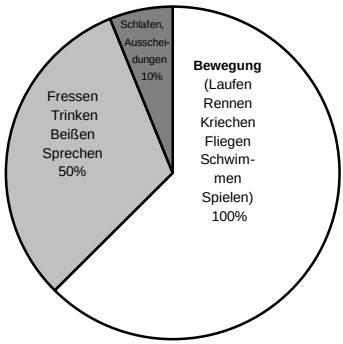



Abbildung 54:
Eigenschaften von *Tieren*
(Mehrfachnennungen waren möglich)

Die wenigen Aussagen über typisch pflanzliche Eigenschaften bezogen sich entsprechend auf deren *Bewegungslosigkeit*, auf deutlich sichtbare Pflanzenteile wie *Knospen*, *Blüten* und *Früchte* (30 %) sowie auf die Fähigkeit zur *Wasseraufnahme* (20 %) und zum *Wachstum* (15 %). In einer Untersuchung von Inagaki/Hatano (1996) konnten 80 % der fünfjährigen Probanden, nachdem ihnen vor der Befragung das Merkmal *Wachstum* erklärt wurde, gezeigten Objekten (Tiere, Pflanzen, Artefakte) das Merkmal korrekt zuordnen (Abb. 55).

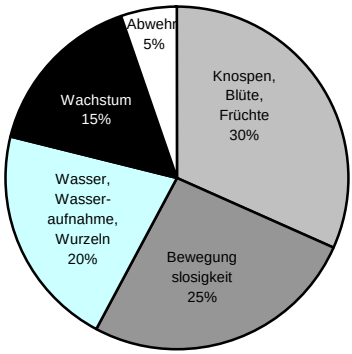



Abbildung 55:
Eigenschaften von *Pflanzen*
(Mehrfachnennungen waren möglich)

Dies scheint zunächst im Widerspruch zu den vorliegenden Ergebnissen zu stehen, jedoch wurde hier lediglich die *Fähigkeit zur Übertragung von Merkmalen* überprüft und nicht die intuitive Einstufung der Objekte selbst. Nach der *Nahrungsgrundlage* von Pflanzen gefragt, wurde vornehmlich das *Wasser*, gefolgt von *Licht* (Sonne) und *Erde* angegeben. Andere Faktoren wie *Luft*, *Dünger* und *Temperatur* wurden kaum erwähnt. Auf die Frage, welche Pflanzen sie namentlich aufzählen könnten, nannten die Schulanfänger nur *Bäume*. Sie scheinen die auffälligsten Prototypen aller Pflanzen zu sein. Die Eiche wurde dabei als Spezies am häufigsten genannt, wobei in der Gesamtheit verschiedenste Obstbaumarten am meisten erwähnt wurden. Stauden, Sträucher, Schnittblumen und andere Blütenpflanzen wurden überhaupt nicht erwähnt.

Hinsichtlich des *Aufbaus einer Pflanze* wurden meist zwei, vorzugsweise sichtbare, *äußere Bestandteile* (Blätter, Stängel, Holz, Rinde) genannt. Wurzeln und Knospen wurden nur äußerst selten erwähnt, Früchte in diesem Zusammenhang überhaupt nicht.

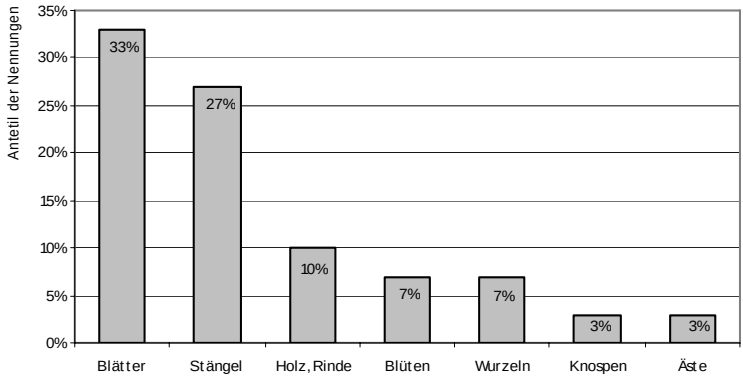



Abbildung 56: Nennung von *Pflanzenbestandteilen*

Dies mag erstaunen, zumal diese als typische pflanzliche Charakteristika aufgezählt wurden. In der Auffassung der Kinder scheinen Früchte aber kein Bestandteil einer Pflanze zu sein, sondern wohl vorwiegend ein Nahrungsmittel für Mensch und Tier. Damit scheint der *Nutzen* als Beurteilungskriterium an erster Stelle zu stehen.

Obwohl das Samenkorn als Ursprung aller Pflanzen bekannt zu sein scheint, ist doch der natürliche *Vermehrungsprozess* den Kindern unbekannt. So konnten sie die Funktion der Bienen bei der Vermehrung des Löwenzahns nicht erklären.

Die Untersuchungen von Inagaki/Hatano, welche 1996 in Japan durchgeführt wurden, widersprechen in ihrer Gesamtheit den vorliegenden Ergebnissen. So schließt Krahl (2005, S. 45) als Fazit aus den Erhebungen: „Dies zeigt, dass bereits Vorschulkinder eine kategoriale Trennung zwischen belebt und unbelebt repräsentieren, die Pflanzen

mit einbezieht und sich über mehrere Merkmale erstreckt […]. Sie verstehen Wachstumszyklen und die Zusammenhänge zwischen Pflanze, Samen, Frucht und Reproduktion […]. Ebenso haben sie eine differenzierte Vorstellung pflanzlicher Eigenschaften.“ Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung ergaben jedoch, dass Pflanzen von den Schulanfängern mehrheitlich als *unbelebt* und *nicht bewegungsfähig* deklariert wurden und die Vorkenntnisse deutlich geringer ausgeprägt sind als im Zusammenhang mit Tieren.

### 4.3.6. Tier- und Pflanzennutzung

Die Herstellung von Lebensmitteln auf Pflanzen- und Tierbasis war den Kindern weitgehend geläufig. Die meisten Kinder konnten die *Herkunft oder Zusammensetzung* von Produkten wie Milch, Butter, Käse, Mehl, Fleisch, Wein und Bier problemlos nennen. Mit Abstand geringer waren die Kenntnisse über die Herkunft oder Zusammensetzung von Nichtlebensmitteln wie Leder oder Papier. Die Ergebnisse legen außerdem nahe, dass Schulanfänger bei der Beurteilung der Bestandteile eines Teigs, unabhängig von der herzustellenden Backware, von einer *einheitlichen Zusammensetzung* ausgehen. So wurde auf die Frage, woraus Kuchen oder Brot bestehe, zunächst häufig nur der Begriff ‚Teig‘ genannt. Auf weiteres Nachfragen und als weitere Zutaten (auch für einen sauren Brotteig!) gaben die Kinder in der Regel *Mehl* und *Milch*, gefolgt von *Zucker* und *Eiern* an. Somit scheint der Prototyp aller Teige ein *süßer Kuchenteig* zu sein. Weitere Zutaten wie Hefe, Backpulver oder Butter wurden in der Regel nicht erwähnt.

### 4.3.7. Umweltschutz

Wie die bisher aufgeführten Befunde bestätigen, beziehen sich die kindlichen Äußerungen und Beobachtungen vornehmlich auf ihr direktes, häusliches Umfeld und auf ihre persönlichen Erfahrungen.

Entsprechend stellen sich Themen übergeordneter Natur wie zum Beispiel der Umweltschutz, der deutlich über den kindlichen Horizont herausragt, als für die Kinder schwer zugänglich dar. Das beobachtete Vorwissen ist hier im Vergleich zu anderen biologischen Kenntnisbereichen deutlich geringer (vgl. Kap. 3.2.1.1.).

Auf die Frage, was einem Wald Schaden zufügen und ihn erkranken lassen kann, gab die Mehrheit der Kinder durch Menschen, Tiere und Naturgewalten *direkt verursachte, physische Schädigungen* an – wie das Fällen von Bäumen, Abreißen von Ästen, Einschlagen von Nägeln, der Einfluss von Käfern, Wind oder der Sonne. Andere Faktoren, deren Auswirkung nicht direkt beobachtbar ist, wie Autoabgase, Saurer Regen oder Krankheiten, wurden kaum erwähnt.

Entsprechend gaben die Schulanfänger als *angemessenes, umweltschonendes Verhalten* vorwiegend Handlungen an, die nicht die Natur selbst, sondern vielmehr das *eigene Leben* schonen. So zählten sie vorwiegend Regeln auf wie ‚nichts pflücken oder essen', ‚nicht in Höhlen oder auf Bäume klettern' oder ‚sich nicht verlaufen'. Schutzmaßnahmen wie die Vermeidung von Abfall, Autoabgasen oder von Waldbränden, wurde nicht erwähnt.

Nach der Bedeutung des Waldes für Mensch und Tier befragt, konnten die Kinder zwar mehrheitlich ein Verständnis dafür äußern, dass es ohne ihn kein Leben mehr gibt, allerdings wurde die Ursache hierfür und seine lebensspendende Funktion mehr in seiner ‚Bereitstellung von Brennmaterial' als in der ‚Versorgung mit Atemluft' gesehen. Die Präferenz *nahe liegender Aspekte* bei der Bewertung von Umweltaspekten zeigte sich auch bei der Aufzählung bedrohter Tier- und Pflanzenarten. Innerhalb des ersten Vortests wurde der Begriff ‚gefährdet' verwendet, was bei den Kindern zu Irritationen führte und offensichtlich mit dem Begriff ‚gefährlich' verwechselt wurde. Die Fragestellung wurde entsprechend umgeschrieben, so dass die Kinder die Frage spontan und stimmig beantworten konnten. Bedrohte

Pflanzen wurden mit einer Ausnahme grundsätzlich nicht genannt. Die Gründe hierfür wurden bereits in Kapitel 2.2.2.1. diskutiert. Aber auch Tiere wurden wenige aufgezählt. Dabei stuften die Kinder auch nicht gefährdete Tierarten aus dem direkten Umfeld (Rehe, Mäuse) oder Zootiere (Affen, Kängurus) als ‚selten und bedroht' ein (Abb. 57).

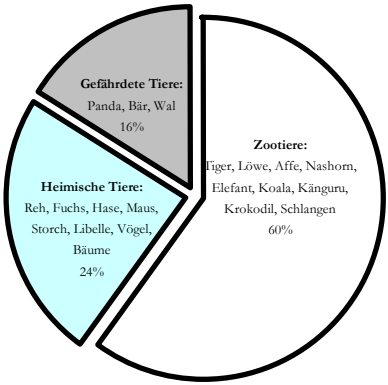



Abbildung 57: Welche Lebewesen sind selten und vom Aussterben bedroht?

Als zentralen Inhalts- und Lernzielbereich im neuen Sachunterricht nennt der neue Bildungsplan den *Umweltschutz* als bewussten Umgang mit Energie und Ressourcen. Entsprechend wurden die Kinder danach gefragt, weshalb sie *Energie sparen* sollten. Das Problem der Aufgabenstellung bestand darin, dass der *Energiebegriff* in diesem Alter noch nicht belegt und ausgeprägt zu sein scheint. Entsprechend konnten die Kinder hierzu kaum Angaben machen. Waren sie in der Lage, sich zu äußern, bezogen sich die Probanden ausschließlich auf die damit verbundene *Geldersparnis*. Eine sprachliche Assoziation der Begriffe ‚Energie sparen' und ‚Geld sparen' wäre nahe liegend, allerdings zeigten die Ergebnisse der Hauptuntersuchung, dass auch ohne die Verwendung des Sparbegriffs der *finanzielle Aspekt* für die Kinder einen wesentlichen Aspekt für den Umgang mit *Energie* darstellt.

Auf die Frage, wie sie Abfall vermeiden können, gaben die Schulanfänger mehrheitlich an, dadurch weniger Abfall zu produzieren, indem sie ‚weniger brauchen'.Andere technische Maßnahmen zur Abfallreduktion wie die Mülltrennung oder Müllwiederverwendung (Recycling) wurden kaum erwähnt. Sie liegen deutlich außerhalb des direkten Erfahrungshorizonts der Kinder (Abb. 58).

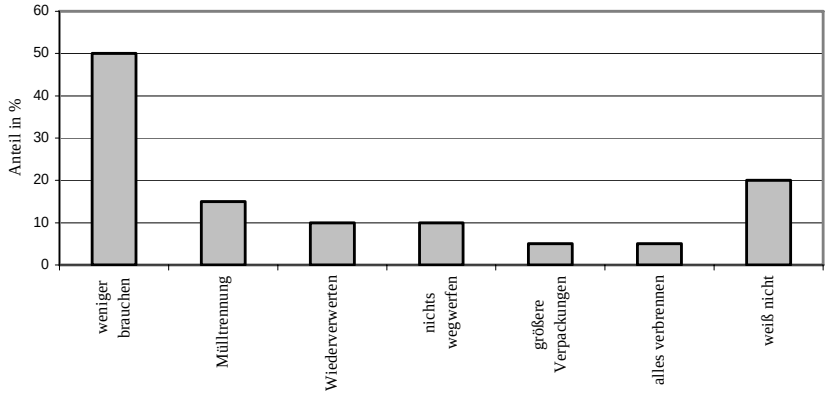



Abbildung 58: Wie kannst du *Abfall* vermeiden?

### 4.3.8. Materievorstellungen

Um kindliche Materiekonzepte erfassen zu können, sollten die Schulanfänger bildliche Darstellungen danach sortieren, ob es sich um Gegenstände handelt, die man anfassen oder berühren kann, oder um immaterielle Darstellungen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 59 dargestellt. Die Untersuchung wurde zunächst ohne Kenntnis der bereits durchgeführten Studie von Carey et al. aus dem Jahre 1985 entwickelt. Ein späterer Vergleich ergab eine weitgehende Übereinstimmung beider Ergebnisse mit Ausnahme der Einschätzung von *Luft* und *Luftgemischen* (Luft, Dampf, Rauch), die in der Vergleichsstudie von deutlich mehr Probanden als gegenständlich eingestuft wurden.

| Carey et al. (1985) | 6 Jahre | Spägele (2008) | 6/7 Jahre |
|---|---|---|---|
| *Auto, Baum, Styropor* | 96 % | *Styropor* | *95 %* |
| *Zucker*<br>*Sand* | 94 %<br>94 % | *Pulver*<br>*Sand* | *100 %*<br>*80 %* |
| *Kuh, Wurm* | 81 % | *Ameise, Alge* | *85 %* |
| *Cola* | 88 % | - | - |
| *Elektrizität* | 75 % | - | - |
| - | - | *Sandsturm* | *40 %* |
| *gelöster Zucker* | 63 % | - | - |
| *Hitze*<br>*Licht*<br>- | 38 %<br>38 %<br>- | *Feuer*<br>*Licht*<br>*Blitz* | *25 %*<br>*25 %*<br>*10 %* |
| *Wasser* | 25 % | - | - |
| *Dampf*<br>*Rauch*<br>*Luft*<br>- | 25 %<br>25 %<br>25 %<br>- | *Dampf*<br>*Rauch*<br>*Luft*<br>*Wolke* | *15 %,*<br>*10 %*<br>*5 %*<br>*10 %* |
| *Echo*<br>*Schatten* | 25 %<br>25 % | *Ton*<br>*Schatten* | *15 %*<br>*20 %* |
| *Wunsch*<br>*Traum* | 19 %<br>19 % | *Gedanke*<br>*Traum* | *10 %*<br>*20 %* |

Abbildung 59: Einstufung bildlicher Darstellungen als *materiell*, Vergleich der Ergebnisse von Carey et al. (1985) und Spägele (2008)

### 4.3.9. Masse und Volumen

Wie bereits aus früheren Untersuchungen bekannt – und wie es die Entwicklung des *Invarianzdenkens* vermuten lässt – beurteilte auch die vorliegende Stichprobe das spezifische Gewicht eines Gegenstands nach dessen *gefühltem Gewichtseindruck* sowie nach dessen *Fläche* und *Solidität*. Hierzu wurden den Schulanfängern drei ursprünglich gleich große Blätter präsentiert. Ein Blatt wurde in seiner Form belassen, eines zerknüllt und ein weiteres in viele Teile zerrissen. Erwartungsgemäß schätzte die überwiegende Mehrheit der Kinder das zerknüllte, kompakt wirkende Papier am schwersten ein. Immerhin konnte aber be-

reits ein Drittel der Kinder korrekt vorhersagen, dass alle Papiermengen gleich viel wiegen.

Abbildung 60: Aufgaben zur *Massen- und Volumeninvarianz*

Innerhalb einer weiteren Aufgabe zur *Masseninvarianz* sollten Gegenstände gleicher Masse aber unterschiedlicher Form nach ihrem Gewicht beurteilt werden. Dabei konnten auch mehrere Gegenstände als gleich schwer eingestuft werden. Es ergaben sich recht unterschiedliche Aussagen bezüglich der prognostizierten Masse der Objekte aus Knetmasse.

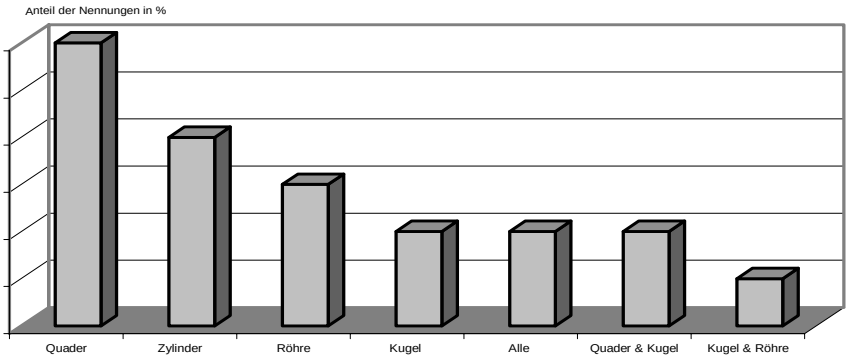



Abbildung 61: Welcher Gegenstand ist am *schwersten*?

Am häufigsten wurde der kompakt wirkende *Quader* als am schwersten eingestuft. Verhältnismäßig wenige Probanden vermuteten erstaunlicherweise die *Kugel* als schwerstes Objekt. Die Kugelform scheint aus kindlichem Empfinden nicht die kompakteste.

Eine Frage zur *Volumeneinschätzung* schloss die Aufgaben zum *Invarianzdenken* ab. Einer überwiegenden Mehrheit der Sechs- bis Siebenjährigen gelang es erwartungsgemäß nicht, bei allen drei gezeigten Glasgefäßen unterschiedlicher Höhe ein identisches Fassungsvermögen zu vermuten. Meist wurde dem höchsten (50 %), gefolgt vom breitesten Behältnis (15 %) das größte Volumen zugesprochen. Immerhin prognostizierte ein Viertel der Probanden in allen drei Gefäßen dasselbe Fassungsvermögen.

### 4.3.10. Auftrieb

Die Probanden sollten zunächst Gegenstände danach beurteilen, ob sie in Wasser schwimmen oder untergehen. Dass metallische Gegenstände wie *Schlüssel*, *Schere* oder ein *Geldstück* von einigen Kindern dieses Alters als in Wasser schwimmend und *Kork* und *Styropor* hingegen als sinkend eingestuft wurden, erstaunt zunächst. Dennoch gelang es den Schulanfängern in der Regel gut die Gegenstände korrekt einzuschätzen. Erwartungsgemäß unsicher zeigten sich die Kinder bei Objekten wie einem Stück *Kreide* oder einem *Radiergummi*. Eine Büroklammer wurde von den meisten getesteten Probanden als schwimmfähig eingestuft. Es ist zu vermuten, dass das Phänomen bereits vor- oder außerschulisch thematisiert wurde (Abb. 62).

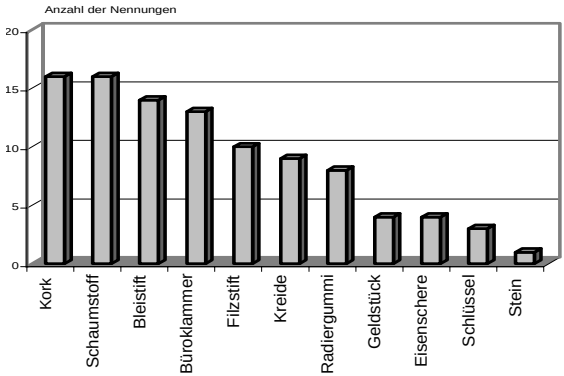


Abbildung 62: Welcher Gegenstand *schwimmt* in Wasser?

Das Phänomen des Auftriebs von Körpern in Wasser selbst scheint hingegen bei den Kindern weitgehend unbekannt und die Einschätzung der Massenänderung durch das Eintauchen eher willkürlich zu sein bzw. die meisten Kinder gehen von einem indifferenten Verhalten aus (Abb. 63).

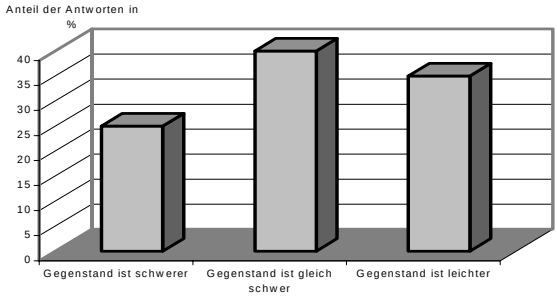


Abbildung 63: Was passiert, wenn du den Eisenwürfel in *Wasser* tauchst?

Einige Kinder, die behauptet hatten, dass der Eisenklotz im Wasser schwerer würde, ließen sich auch nach eigener Durchführung des Versuchs und gespürter Gewichtsabnahme (oder zumindest keiner Zunahme) nicht von ihrer Meinung abbringen.

Die Erscheinung, dass *Luft* andere Gegenstände im Wasser auftreiben kann, war einer Mehrheit (65 %) der Kinder hingegen vertraut, und es gelang ihnen vorherzusagen, dass ein Luftballon eine untergetauchte, mit Wasser gefüllte Flasche beim Aufblasen zum Steigen bringen wird.

Innerhalb einer weiteren Aufgabenstellung zum Auftrieb wurden die Kinder zunächst danach befragt, weshalb Schiffe schwimmen können, obwohl sie aus schwerem Eisen bestehen. Da hierbei mit Schwierigkeiten in der sprachlichen Formulierung gerechnet werden musste, wurde die Aufgabe auch in praktischer Form gestellt. Dabei sollten die Kinder ein Stück Knetmasse so verformen, dass es in Wasser schwimmt. Den Probanden wurde vor dem Versuch vorgeführt, dass die Knetmasse in Wasser untergeht.

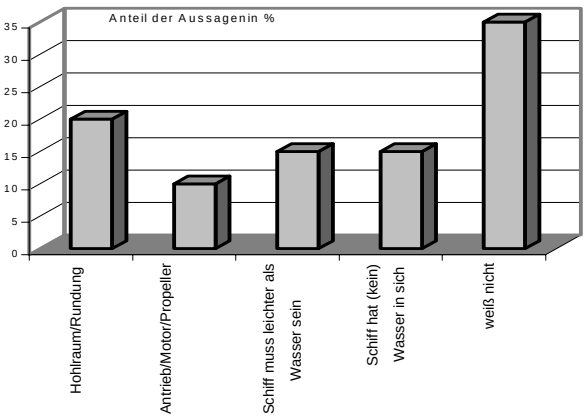


Abbildung 64: Weshalb kann ein schweres Eisenschiff schwimmen?

Die Hälfte der Kinder war in der Lage, die Aufgabe praktisch zu lösen. Eine verbale Begründung gelang deutlich weniger Kindern. Dabei führten sie mehrere Argumente für den Auftrieb des Schiffes

an. Neben Aspekten der *äußeren Form* wie der Notwendigkeit eines *Hohlraums* oder einer *Rundung* des Rumpfes wurde als weitere Ursache für den Auftrieb auch die *Bewegung* (*Antrieb*) genannt. Eine weitere Gruppe behauptete, dass die Fähigkeit des Schwimmens von der *Schwere des Materials* abhinge, und nur diejenigen Schiffe schwimmen könnten, deren Material leichter als Wasser sei. Die Argumentation führte dazu, dass teilweise angezweifelt wurde, dass Eisenschiffe überhaupt schwimmen. Darüber hinaus gab es weitere Probanden, welche die Schwimmfähigkeit davon abhängig machten, ob sich *Wasser* im Schiff befindet oder nicht.

### 4.3.11. Aggregatzustände

*Feste* Stoffe wurden von den untersuchten Kindern im Alter zwischen sechs und sieben Jahren als potenziell *schwerer* eingestuft als deren *flüssige* Phase; sie bestätigen damit bisherige Untersuchungen in diesem Zusammenhang (Abb. 65).

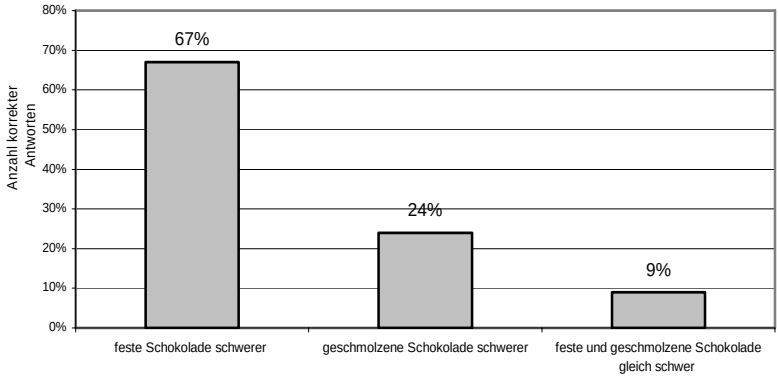



Abbildung 65: Einschätzung der *Masse* gleicher Mengen *fester* und *flüssiger* Schokolade

Diese Vorstellung basiert wohl eher auf einem strukturellen Konzept der *Bewegungs-* bzw. *Fließfähigkeit* der Stoffe und nicht auf einer

Vorstellung, die einem kühleren Material grundsätzlich eine intrinsische Schwere oder Leichtigkeit zuweist. Dabei werden grundsätzlich solche Stoffe als *Flüssigkeiten* betrachtet, die *fließ-* oder *rieselfähig* sind. Der Flüssigkeitsbegriff umfasst somit auch Stoffe wie Sand, Salz oder Eis. Letzteres erscheint im Alltag oft als an der Oberfläche geschmolzen und wird wohl deshalb von etwa einem Drittel der Kinder als Flüssigkeit betrachtet (Abb. 66).

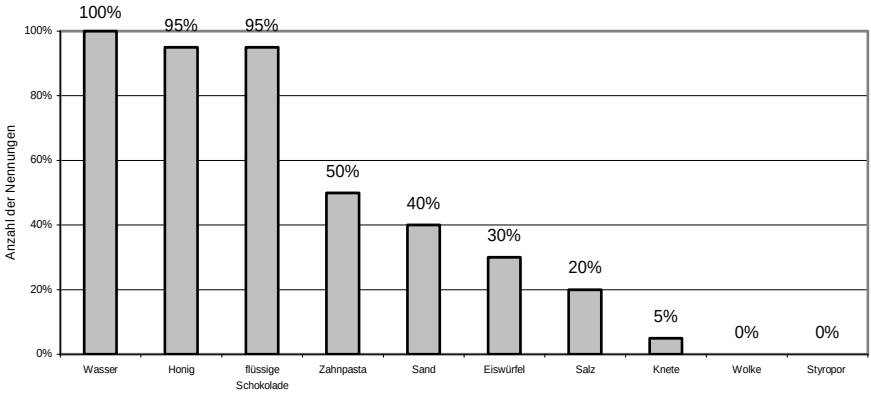



Abbildung 66: Einschätzung diverser Materialien als *flüssig*

In einem weiteren Versuch sollten die Probanden die Masse unterschiedlich temperierten Wassers einschätzen. Hier wurde, im Gegensatz zur Einschätzung der Massen fester (kalter) und flüssiger (warmer) Schokolade, der *wärmeren Flüssigkeit* eine *größere Masse* zugewiesen (Abb. 67). Die Ergebnisse widersprechen bisherigen Untersuchungen, nach denen wärmere Stoffe von Kindern dieser Altersgruppe grundsätzlich als leichter eingestuft werden.

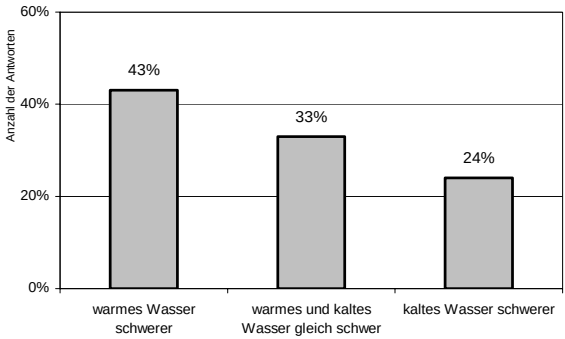


Abbildung 67: Einschätzung der *Masse* gleicher Mengen *warmen* und *kalten* Wassers

Bei der Einschätzung der *Komprimierbarkeit* verschiedener Stoffzustände wurden den Probanden drei große, am Ende verschlossene Spritzen gezeigt, welche jeweils etwa zur Hälfte mit Luft, Wasser und Knetmasse gefüllt wurden. Dabei wurde darauf geachtet, dass das Wasser und die Knetmasse luftfrei erschienen und die Kinder wussten, dass die Spitzen vorne verschlossen waren. Insgesamt betrachtet hielt etwa die Hälfte der Kinder jeweils die *Flüssigkeit* als auch den *Feststoff* für *verdichtbar* (Abb. 68).

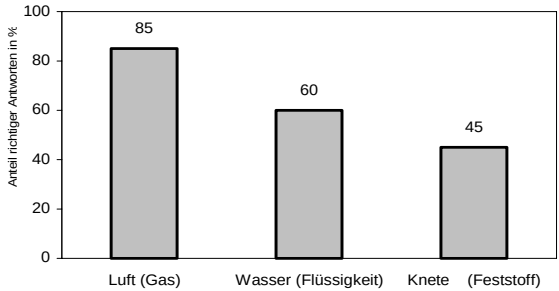


Abbildung 68: Einschätzung der *Komprimierbarkeit* von Stoffen

Auch hier scheint ein Konzept der *Beweglichkeit* zugrunde zu liegen. Die eingeschätzte *Fließfähigkeit* des Wassers als auch die *Weichheit* der Knetmasse scheinen beide Zustände auch *komprimierbar* zu machen, zumal dies der Erfahrung der Kinder entspricht und die vorgestellten Bedingungen (abgeschlossene Volumina) im Alltag in der Regel nicht anzutreffen sind. Auch rieselfähige Feststoffe wie Salz oder Sand hätten wohl eine ähnliche Einschätzung zur Folge.

### 4.3.12. Phasenübergänge

*Gefrieren*

Nach dem Unterschied zwischen flüssigem Wasser und Eis gefragt, wurde von den befragten Probanden nur die äußere Erscheinung, die ‚Weißfärbung', angegeben. Über eine veränderte innere Beschaffenheit wussten sie hingegen nichts bzw. konnten sich nicht dazu äußern. Allerdings zeichneten sie Strukturen im Eis ein, die sich wohl auf beobachtbare *Lufteinschlüsse* bezogen.

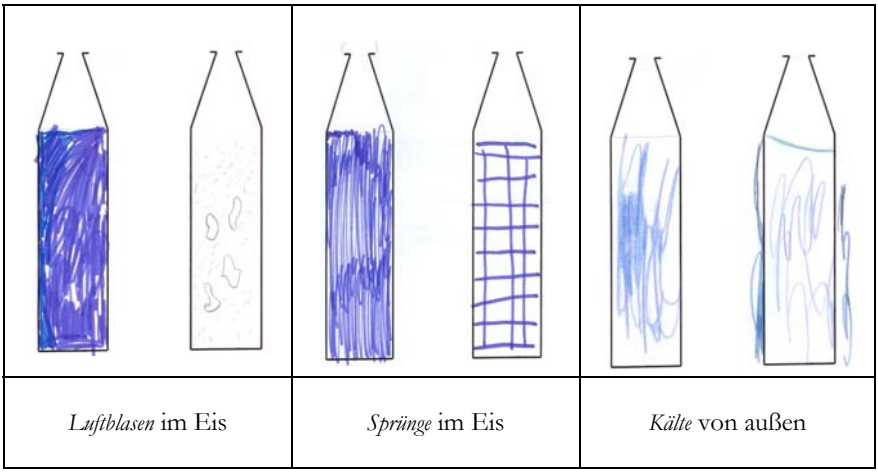



Abbildung 69: Darstellungen von Wasser und *gefrorenem Wasser*

Ein Mädchen behauptete, das Eis bestünde aus *Kälte*. In der zeichnerischen Darstellung wurde die Kälte aber nur als zusätzlicher Stoff außerhalb der Flasche eingezeichnet. Auf Nachfragen behauptete das Kind lediglich, dass die *Kälte* ja nicht in der Flasche sei. Die Aussage lässt den Schluss zu, dass die *Kälte* als aktives Agens, als *Kältestoff*, gesehen wird, das das Wasser in der Flasche erstarren lässt.

*Verdunsten*

Auf die Frage, wohin das Wasser gehe, wenn feuchte Wäsche auf der Wäscheleine trockne, konnten die gegebenen Antworten in vier Kategorien unterteilt werden (Abb. 70). Im Folgenden sind die verschiedenen Konzepte nach Häufigkeit geordnet dargestellt:

- *Auftriebsprinzip (44 %)*
  In einer Dampfphase steigt das fein verteilte Wasser nach oben auf.
- *Erhaltungsprinzip (31 %)*
  Das flüssige Wasser im Kleidungsstück fällt als Tropfen vollständig zu Boden.
- *Animistische Vorstellung (13 %)*
  Das Wasser geht in die Sonne, wird von der Sonne angezogen.
- *Verwandlungsprinzip (12 %)*
  Das Wasser „verschwindet“ oder „vertrocknet“ in der Wäsche.

In den 70er-Jahren wurden bereits Untersuchungen in einer zweiten Grundschulklasse in einer leicht abgeänderten Variante zum Verdunsten von Wasser aus einem nassen Taschentuch unternommen. Im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen wurden dabei nur drei kindliche Hypothesen beobachtet (Czinczoll/Röhrl 1973):

- *„Das Wasser kommt oder fliegt aus dem Tuch.“*
- *„Das Wasser wird von der Sonne angezogen.“*
- *„Das Wasser sammelt sich im Gewebe des Tuchs.“*

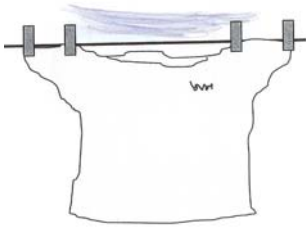
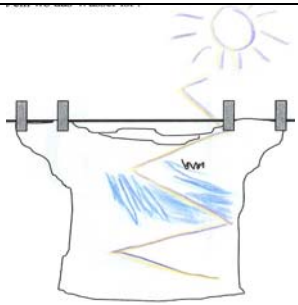
| Vorstellung | Anteil | Zeichnung |
|---|---|---|
| *Auftriebskonzept*<br><br>Das Wasser „geht in den Himmel/in die Wolken“.<br><br>Das Wasser „verdampft“. | 44 % |  |
| *Erhaltungskonzept*<br><br>Das Wasser „tropft zur Erde“. | 31 % | |
| *Animistische Konzepte*<br><br>Das Wasser geht „in die Sonne“. | 13 % |  |
| *Verwandlungskonzept*<br><br>Das Wasser „vertrocknet/verschwindet in der Wäsche“ | 12 % | |

Abbildung 70: Kindliche Vorstellungen des *Trocknungsvorgangs*

Dabei fehlte die

in der vorliegenden Untersuchung bei rund einem Drittel der Probanden beobachtete *Erhaltungsvorstellung*, dass „*das Wasser gänzlich zu Boden tropfe*“. Eine mögliche Ursache könnte in der Aufgabenstellung liegen. Bei der Untersuchung von Czinczoll/Röhrl wurde das nasse Tuch nicht aufgehängt, sondern auf dem Tisch liegend präsentiert.

Den Kindern wurde weiterhin die Aufgabe gestellt, zeichnerisch den *Verdunstungsvorgang* darzustellen, nachdem ihnen ein flaches Gefäß mit etwas Wasser gezeigt wurde. Die meisten befragten Kinder zeichneten eine Art *Feuchtigkeitsatmosphäre* oberhalb der Wasserwanne ein (Abb. 71).

| | |
|---|---|
| Darstellung als *Tropfen* | |
| Darstellung als *kleinste Tröpfchen* | |
| Darstellung als *Dampfsäule* | |
| Darstellung als Dampfphase | |

Abbildung 71: Darstellungen des *Verdunstungsvorgangs*

Dabei variierten die Darstellungen des verdunstenden Wassers von einer Dampfsäule bis hin zu großen Wassertropfen. Probanden, die bereits im Zusammenhang mit dem *Trocknungsvorgang* über im Ansatz

wissenschaftlich korrekte Vorstellung verfügten, gelangten in der Regel auch hier zu entsprechenden Vorstellungen. Die Ergebnisse der Untersuchungen können die in der Literatur häufig vorzufindende Annahme, dass Kinder diesen Alters im Zusammenhang mit dem Verdunstungsvorgang oft auf *animistische Vorstellungen* zurückgreifen, nicht bestätigen (vgl. Barke 2006, S. 23). Es lassen sich vielmehr überwiegend *objektivierte* Konzepte beobachten. Konnten bei Erhebungen von Osborne/Cosgrove (1983) lediglich 35 % zwölfjähriger Schüler das Verschwinden des Wassers als ‚Übergang kleinster Wasserteilchen' erklären, waren in der vorliegenden Untersuchung etwa die gleiche Anzahl sechsjähriger Schulanfänger hierzu fähig.

*Abkühlen*

Äußerst differenzierte Begründungen gaben die Probanden auf die Frage an, warum heiße Suppe in verschiedenen Gefäßen unterschiedlich schnell abkühlt. Die Mehrheit der Kinder (68 %) gab wissenschaftlich korrekte Erklärungen für die Erscheinung an. Dabei wurden Ursachen wie die *Suppen-* bzw. *Gefäßoberfläche* oder auch die *Luftmenge* genannt. Während der Nachuntersuchung, bei der die Kinder aufgefordert wurden, den Kühlvorgang bildlich darzustellen, wurde vorwiegend *Luft* oder *bewegte Luft* (*Wind*) als Ursache für das Abkühlen erwähnt. Ein Kind fiel durch eine äußerst unkonventionelle, *animistisch* begründete Antwort auf. Es behauptete nach langem Nachdenken, dass die *Gefäßhöhe* der Grund sei, warum die Suppe in der Tasse schneller kalt würde, und begründete das Phänomen damit, dass das *Weltall* hier näher an die Suppe heranreichen könne (Abb. 72).

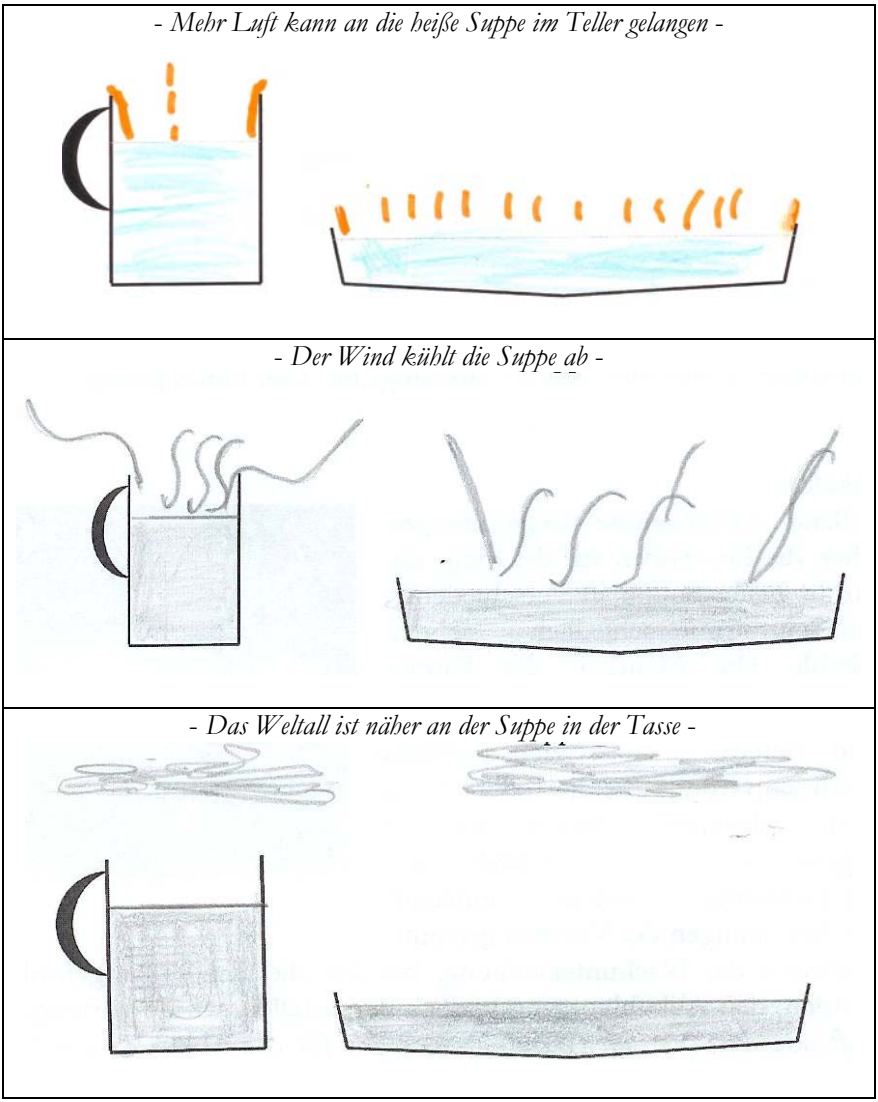



Abbildung 72: Darstellungen des Kühlvorgangs heißer Suppe

Offensichtlich wurde dem Weltall von dem Jungen die Funktion eines ‚Kältepols' zugeschrieben, der grundsätzlich das Potenzial besitzt, Gegenstände aus der Entfernung abkühlen zu können. Berücksichtigt man die lange Reflexionszeit und den hohen Erfolgsdruck des Probanden, könnte diese Vorstellung aber auch aus reiner Erklärungsnot generiert worden sein.

### 4.3.13. Stoffe und Stoffgemische

*Metalle*

Auf die Frage, welche Metalle die Kinder kennen, wurden von den Kindern vornehmlich Eisen und Stahl genannt (50 %). Einige Male erwähnten die Kinder Formen und Funktionen/Anwendungen (Blech, Auto, Dachplatte), anstatt sich auf eine stoffliche Ebene zu beschränken. Ein Kind erklärte, dass man Kunststoffe in Metall überführen könne. Neben ‚Eisen' als Prototyp der Metalle wurden noch die Varianten ‚normales Metall', ‚Gold' und ‚Aluminium' aufgeführt.

*Wolken*

Die Zusammensetzung von Wolken aus Wasser (und Luft) war den Kindern grundsätzlich bekannt. Allerdings verwendeten sie unterschiedlichste Ausdrücke zur Beschreibung. So wurden neben ‚Wasser' und ‚Wassertropfen' auch andere Erscheinungsformen wie ‚Dampf', ‚Nebel' oder ‚Regen' genannt. 20 % der Kinder behaupteten, Wolken bestünden ausschließlich aus ‚Luft'.

*Schnee*

Die Frage, woraus Schnee besteht, konnte ebenfalls mehrheitlich richtig beantwortet werden, wobei auch hier andere Zustände wie ‚Regen' und ‚Eis' genannt wurden.

*Luft*

Ein völlig anderes Bild ergab sich bei der Einschätzung der Beschaffenheit von Luft. Die überwiegende Mehrheit der Kinder wusste nicht, woraus Luft besteht. Nur ein Kind erwähnte ‚Sauerstoff und Gase' als Luftbestandteile. Weitere Erkenntnisse zum kindlichen Verständnis zur Beschaffenheit von Luft werden in Kapitel 4.3.16. behandelt.

*Stoffliche Beschaffenheit*

Um festzustellen, ob Kinder in diesem Alter intuitiv Gegenstände *gleicher Materialbeschaffenheit* von Gegenständen *uneinheitlicher Zusammensetzung* unterscheiden können, wurden ihnen Darstellungen von Alltagsgegenständen gezeigt, die sich zwar rein äußerlich in Form oder Farbe unterschieden, nicht aber hinsichtlich ihrer stofflichen Beschaffenheit (s. Anhang). Die Aufgabenstellung wurde einem neuen Standardwerk zum naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht entlehnt. Etwa einem Drittel der Probanden gelang es, diejenigen Gebrauchsgegenstände zu identifizieren, die *stofflich uneinheitlich zusammengesetzt* sind. Nach erfolgter Auswahl wurden sie aufgefordert, Gemeinsamkeiten der dargestellten Gegenstände zu finden. Die Antworten bezogen sich sowohl auf die *stoffliche Zusammensetzung*, aber auch auf ihre *Funktion*.

*Reinstoffe*

In einer weiteren Aufgabe sollten die Probanden Reinstoffe von Stoffgemischen unterscheiden. Sie sollten aus bildlichen Darstellungen diejenigen auswählen, welche nur aus ‚einem einzigen Material' bestehen. Die Darstellungen zeigten Kristallzucker, Goldklumpen, Wasser sowie einen Schuh, einen Tisch und einen Hammer aus deutlich unterschiedlichen Materialien (Abb. 73).

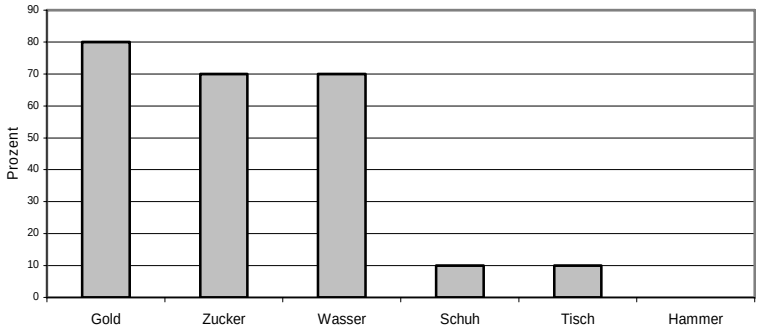



Abbildung 73: Einschätzung von Materialien als *Reinstoff*

Diese Unterscheidung gelang den Kindern deutlich besser als bei der vorhergehenden Aufgabenstellung. Es ist zu vermuten, dass eine mögliche Ursache darin zu finden ist, dass hier die Funktion der sichtbaren Gegenstände im Gegensatz zur vorhergehenden Aufgabe nicht zum Tragen kommt und die Kinder sich besser auf den stofflichen Aspekt konzentrieren konnten. Am deutlichsten wurde *Gold* als Reinstoff deklariert.

*Temperatur*

Innerhalb einer weiteren Aufgabe wurden vor den Augen der Kinder zwei Trinkgläser mit jeweils gleich viel Leitungswasser gefüllt. Nun sollten die Probanden vermuten, was passieren würde, wenn sie die beiden Gläser mit *gleich warmem Wasser* zusammenschütteten. Die Mehrheit ging davon aus, dass sich die Temperatur nicht verändern würde; allerdings vermutete ein beträchtlicher Teil der Kinder eine *Temperaturänderung*. Eine mögliche Ursache hierfür könnte sein, dass die Probanden im Zuge der Befragung bereit waren, ‚Ungewöhnliches' zu erwarten oder bereits ‚Zaubertricks' mit Flüssigkeiten aus Fernsehsendungen kannten.

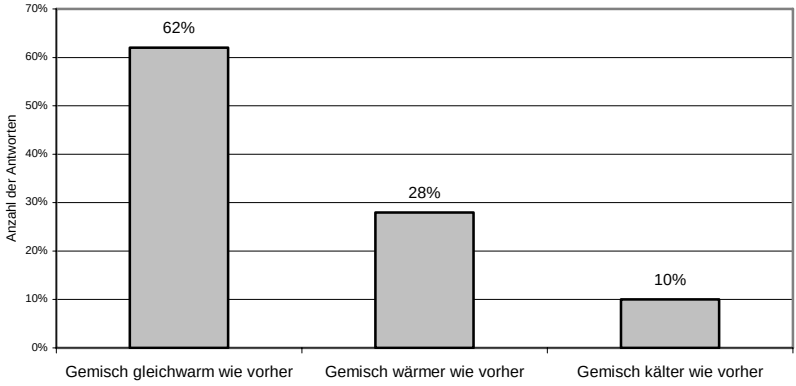



Abbildung 74: Einschätzung der *Temperatur* zweier gleich großer und gleich temperierter Mengen Wasser nach dem Zusammenschütten

### 4.3.14. Verbrennung

Im Zusammenhang mit Verbrennungsvorgängen wurde eine Kerze angezündet und die Kinder wurden mit der Frage konfrontiert, weshalb diese nach längerer Zeit kleiner wird, und was dann mit dem Wachs geschehen sei. Die Mehrheit der Befragten ging von einem *Masseerhalt* aus, auch wenn dabei die Gasphase (Luft, Verbrennungsgase) nicht einbezogen wurde. Sie behaupteten, das Wachs sei nur ‚heruntergetropft' oder die Kerze sei jetzt ‚dicker' als vorher. Einige Kinder waren der Meinung, das Wachs sei von der Kerze ‚aufgesaugt' worden. Einzelne Kinder erwähnten zwar den Schmelz- und Verbrennungsvorgang, konnten aber über den Verbleib des Wachses nichts Weiteres sagen. Erklärungen, die von einem ‚Verschwinden' oder ‚Vernichten' von Substanz ausgehen, wurden nicht gemacht.

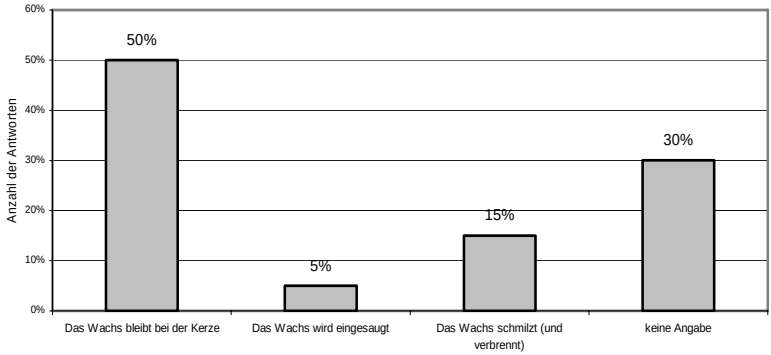



Abbildung 75: Einschätzungen über den *Verbleib des Wachses* beim Brennen einer Kerze

Den Vorstellungen der Kinder über den Verbrennungsvorgang wurde innerhalb eines Leitfadeninterviews mit Zeichnungselementen weiter nachgegangen. In den Gesprächen wurde deutlich, dass Flüssigkeiten (in diesem Fall ‚flüssiges Wachs') grundsätzlich mit *Wasser* verglichen werden. Da die Verdunstung in ihrer Funktion als Trocknungsvorgang bekannt ist, gehen die Kinder von einer Vorstellung der *Austrocknung* jeglicher Art von Flüssigkeit beim Erhitzen aus. So antwortete ein Proband auf die Frage, wo das Wachs jetzt verblieben sei: „Das ist in das Wasser da" und zeigte auf das flüssige Wachs. Dass der Trocknungsvorgang zum Teil auch mit einer Vorstellung der *Verfestigung* verknüpft sein kann, zeigt folgende Bewertung des flüssigen Wachses: „Wenn man es mit dem Finger trocknet, wird es hart." Die Vorstellung ist sicherlich aus den Alltagserfahrungen beispielsweise beim Trocknen von nassem Sand gegriffen. Die Aussagen der Kinder legen eine Vorstellung nahe, die davon ausgeht, dass alle *Flüssigkeiten* grundsätzlich *Gemische aus Wasser* darstellen (oder gar nur aus Wasser bestehen), welches durch *Trocknen* wieder entfernt werden kann und der eigentliche Grundstoff dann als *Festsubstanz* ‚gehärtet' wieder vorliegt. Auf die Frage, woraus die Kerzenflamme bestehe, konnten nur ein-

zelne Kinder überhaupt eine Antwort geben. Die wenigen, die sich artikulieren konnten, gaben als Bestandteile ‚Gas' oder ‚Benzin' an.

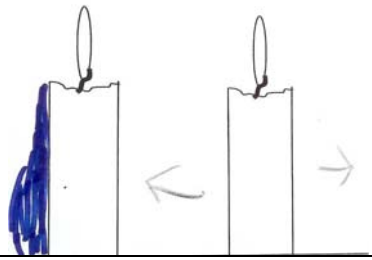
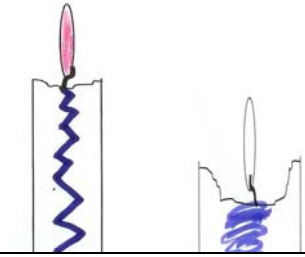
| | |
|---|---|
|  | Wo ist das Wachs?<br>*„Das ist einfach heruntergefallen."*<br><br>Wo ist denn das Wachs hin?<br>*„Die Kerze wird immer dicker und dicker, … weil das Wachs schmilzt und am Rand außen 'rum geht."* |
|  | Wo ist das Wachs?<br>*„Das ist geschmolzen. Das geht in der Kerze nach unten. Das ist da unten."*<br><br>Wo geht das Wachs denn hin?<br>*„Das geht in die Kerze rein."* |

Abbildung 76: Verbleib des Wachses beim Brennen einer Kerze

### 4.3.15. Lösen und Stofftrennung

*Lösen*

Beim Lösen von Zucker in Wasser sollten die Kinder die *Massen-* und *Volumenänderung* abschätzen. Die meisten Probanden gingen davon aus, dass sowohl das Volumen als auch die Masse beim Lösen zunimmt. Wissenschaftlich ist zwar eine Massenzunahme abgesichert, die Art der Volumenänderung ist jedoch in der Regel nicht abschätzbar und hängt vom jeweils gelösten Salz ab (grundsätzlich ist auch eine Volumenkontraktion möglich). Die Schulanfänger sind also

mehrheitlich in der Lage, den Vorgang des Lösens unter Berücksichtigung des *Erhaltungskonzeptes* zu erklären. Ein anderer Teil der Kinder ging allerdings nicht von einer Massenzunahme durch den gelösten Stoff aus. Die Äußerungen eines Jungen könnten eine mögliche Begründung für diese Vorstellung liefern. Er behauptete, dass „Zucker nicht viel wiege, wenn das nur ein bisschen so ist". Offensichtlich neigen einige Kinder dazu, unterhalb einer bestimmten Stoffmenge Substanzen keinerlei Masse zuzuordnen.

Alle befragten Probanden der Nachuntersuchung stellten den gelösten Zucker, nachdem sie ihn selbst auflösen durften, zeichnerisch im Wasser mehr oder weniger *homogen verteilt* dar. Als Grund für die *Transparenz* (Unsichtbarkeit) gaben dabei einige Kinder an, dass der Zucker in der ‚Luft' bzw. im ‚Sauerstoff' des Wassers verschwunden sei. Offensichtlich ist manchen Kindern (eventuell durch entsprechende Werbesendungen) bekannt, dass im Wasser Gase wie Sauerstoff gelöst (verteilt) sein können (Abb. 77).

Die Aussagen der befragten Kinder der Vertiefungsstudie weisen darauf hin, dass sie von einer grundsätzlichen *Irreversibilität des Lösungsvorgangs* ausgehen und davon überzeugt sind, dass der Zucker grundsätzlich nicht mehr wieder gewonnen werden kann. Auch innerhalb der Vortests wurden entsprechende Aufgaben zur Trennung von Stoffgemischen gestellt, die ähnliche kindliche Konzepte widerspiegeln. So wurde vor den Augen der Kinder eine Salzlösung angesetzt. Knapp die Hälfte der befragten Kinder gab hier an, das Salz ließe sich nicht wieder zurückgewinnen. Nur ein einziges Kind wusste, dass das Salz durch Abdampfen des Wassers wieder gewonnen werden kann.

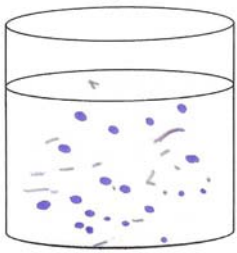
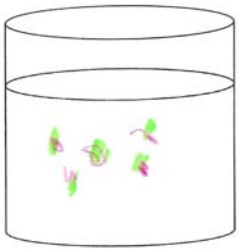
| | |
|---|---|
| | Wo ist der Zucker jetzt?<br>*„Der ist im Wasser."*<br>Wiegt jetzt alles gleich viel wie vorher, weniger oder mehr?<br>*„Gleich schwer."*<br>Warum?<br>*„Weil der Zucker nicht viel wiegt, wenn das nur ein bisschen so ist."*<br>Kannst du den Zucker wieder herausbekommen? *„Nein"* |
| | Ist das Wasser jetzt gleich schwer, schwerer oder leichter als vorher?<br>*„Schwerer."*<br>Wo ist er Zucker hin?<br>*„Überall in der Tasse."*<br>Kann man ihn wiederbekommen?<br>*„Nein."* |
|  | Wohin geht denn der Zucker?<br>*„Der geht in den Sauerstoff. Und der geht dann nach oben."*<br>Was macht der Sauerstoff mit dem Zucker?<br>*„Der geht in den Sauerstoff. Der wird dann kleiner."* |
|  | Was passiert mit dem Zucker?<br>*„Der Zucker löst sich auf."*<br>Schmeckt das Wasser jetzt süß?<br>*(probiert) „Nein."*<br>Wo ist der Zucker?<br>*„In der Luft von dem Wasser rein."*<br>Wiegt das Wasser jetzt mehr, weniger oder gleich viel wie vorher?<br>*„Gleich."*<br>Kannst Du den Zucker wiederhaben? *„Nein."* |

Abbildung 77: Darstellungen von *Zuckerlösungen*

In einer weiteren Aufgabenstellung wurde ein Sand-Wasser-Gemisch hergestellt. Auch hier sollten die Probanden vermuten, ob und wie man den Sand wieder zurückbekommen könne. Der Großteil der Schulanfänger behauptete wiederum, den Sand nicht zurückgewinnen zu können, obwohl davon ausgegangen werden kann, dass viele Kinder über Erfahrungen mit Sand- und Wassergemischen verfügen. Nur 40 % der Befragten konnten überhaupt Möglichkeiten der Stofftrennung äußern. Dabei wurden das *Absetzen, Abschöpfen* und *Sieben* genannt.

### 4.3.16. Luft

Wie bereits im Zusammenhang mit Stoffen und Materievorstellungen erwähnt, können Kinder der untersuchten Altersgruppe mehrheitlich weder Aussagen über die *Zusammensetzung* von Luft formulieren, noch verfügen sie über Kenntnisse über die *Funktion* der Luft im Körper, speziell im Zusammenhang mit der Atmung. Spricht man mit den Schulanfängern über Luft, so wird diese von der großen Mehrheit der Kinder als *ungegenständlich* eingestuft. Trotzdem wird sie in Zeichnungen sehr wohl *gegenständlich* dargestellt. Dabei überwiegen Darstellungen, welche die Luft *gleich verteilt* (*kontinuierlich*) und *raumbeanspruchend* darstellen (Abb. 78). Eine kleinere Gruppe der Probanden stellte sich Luft ebenfalls *raumfüllend* dar, bevorzugte aber eine *ungleich verteilte* (*diskontinuierliche*) Darstellung, welche von punktartigen bis zu geschichteten Darstellungen reichte.

Wird die so ‚statisch' und ‚unbewegt' im Raum befindliche Luft von außen manipuliert, d. h. entweder *zur Bewegung veranlasst* (Erwärmen) oder *von außen bewegt* (Umdrehen des Gefäßes, Luftentzug, Verdichtung), weisen die Probanden ihr grundsätzlich Eigenschaften von *Flüssigkeiten*, besser eines *Fluidums* zu.

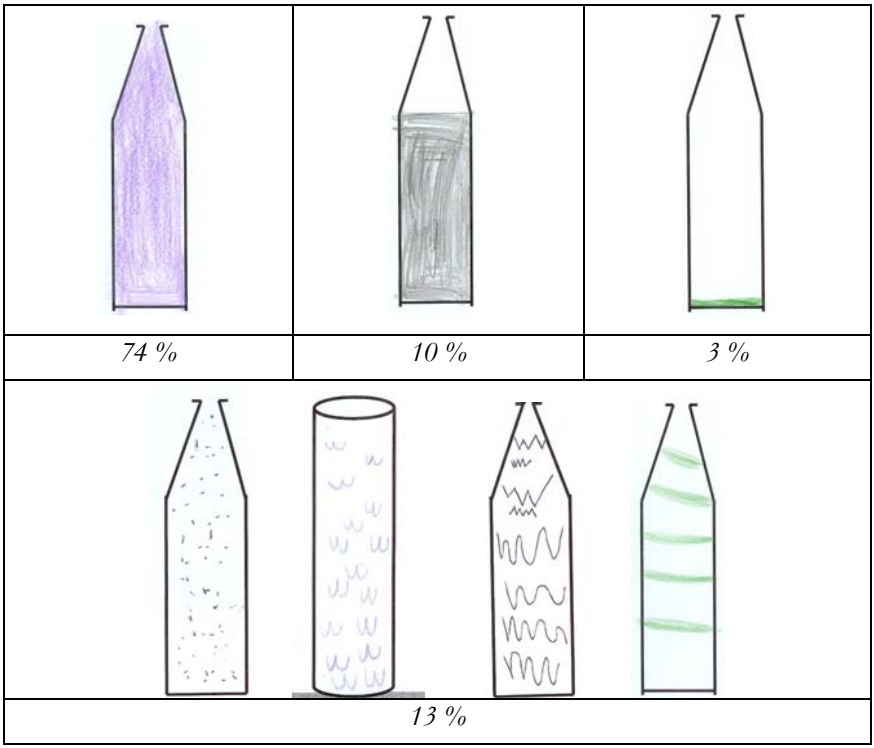



Abbildung 78: Kindliche Darstellungen von *Luft* in einer leeren Flasche

Dabei variieren die Dichtevorstellungen des *Fluidums* erheblich. Eine erste Gruppe Kinder weist der Luft eine *intrinsische Leichtigkeit*, eine *Auftriebstendenz* zu. Eine weitere Gruppe geht von einem indifferenten *Schweben* aus. Wiederum andere Kinder betrachten sie als *Flüssigkeit ähnlich dem Wasser*, welche das Bestreben hat, abzusinken. Abbildung 79 zeigt die verschiedenen Vorstellungen geordnet nach zunehmender Dichtevorstellung.

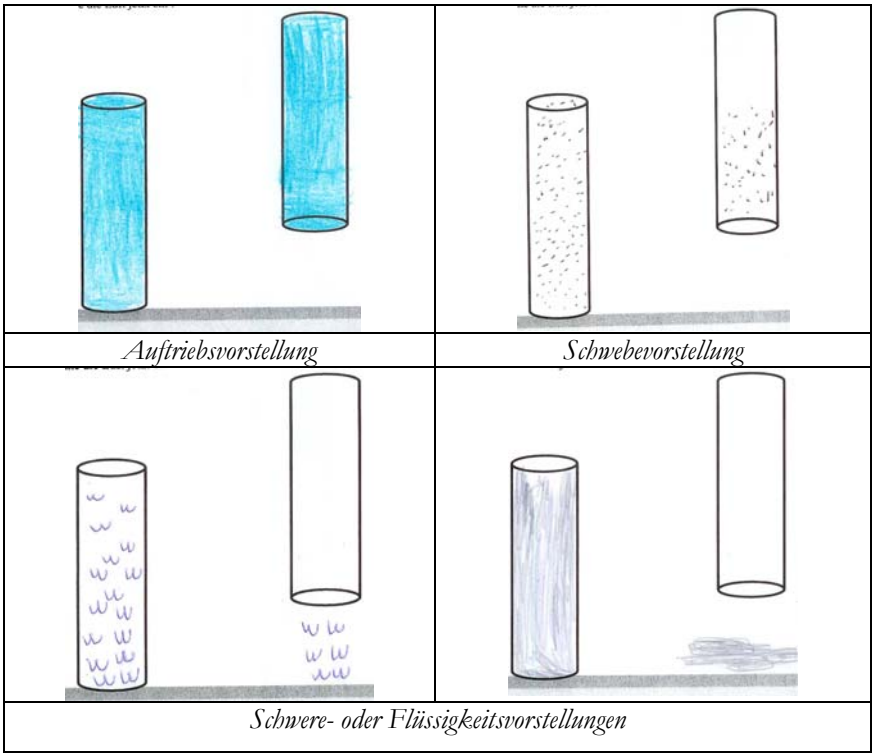
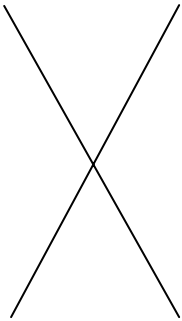



Abbildung 79: Dichtevorstellung des Fluidums *Luft*

Wird einer Flasche durch einen Kolbenprober oder eine große Spritze vor den Augen der Kinder Luft entzogen, gehen von ursprünglich 74 % nur noch 10 % der Probanden davon aus, dass sich die Luft *gleichmäßig (kontinuierlich)* im gesamten Raum verteilt. Etwa zu gleichen Teilen dominieren die nach Dichte abgestuften Vorstellungen der so in *Bewegung* geratener Luft. Jeweils etwa 30 % der Kinder gehen dann von einer *Auftriebs-*, *Schwebe* und *Flüssigkeitsvorstellung* aus.

Eine analoge Untersuchung von Novick/Nussbaum (1982) in einer fünften und sechsten Klasse ergab, dass 50% der Kinder bereits über eine korrekte *kontinuierliche* Vorstellung der Verteilung nach Luftentzug verfügt, und im Gegensatz zu den Probanden der vorliegenden Untersuchung alle Kinder bereits eine Punktedarstellung bevorzugten. Der Anteil der *Auftriebs-* und *Schwebe-vorstellung* war etwa gleich wie bei den befragten Schulanfängern der vorliegenden Untersuchung. Jedoch verfügte keiner der etwa fünf Jahre älteren Probanden der Erhebung von Novick/Nussbaum (1982) über eine *Auftriebsvorstellung* der Luft. Die Anteile der Untersuchung von Novick/Nussbaum (ebd., S. 187ff.) sind in Abbildung 79 gekennzeichnet und der vorliegenden Untersuchung zum Vergleich gegenübergestellt.

In einer ergänzenden Aufgabenstellung sollten die Kinder die Luft in der Flasche einzeichnen, nachdem ein Luftballon über die Flaschenöffnung gestülpt und die Flasche in warmes Wasser gegeben wurde. Etwa derselbe Anteil wie im vorangegangenen Versuch stellt sich die Luft weiterhin *wasserähnlich* bzw. *gleichmäßig verteilt* vor. Die Mehrheit der Kinder geht hier allerdings von einer eindeutigen *Auftriebsvorstellung* aus. Eine Zwischenvorstellung des *Schwebens* fehlt gänzlich (Abb. 80). Der Anteil der Kinder, die sich hierbei für die *Auftriebsvariante* entscheiden, entspricht der Summe der *Auftriebs- und Schwebevorstellungen* des vorangegangenen Versuchs.

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |
| *Auftrieb* 29 % | *Schweben* 32 % (*20 %) | *Wasser* 29 % (*30 %) | *Kontinuum* 10 % (*50 %) |
| |  | | |
| *Auftrieb* 64 % | *Schweben* 0 % | *Wasser* 28 % | *Kontinuum* 6 % |

* Ergebnisse der Untersuchung von Nussbaum & Novick 1981 (5./6. Klasse)

Abbildung 80: Darstellung von Luft nach *Entzug* und *Erwärmen*

Das Ergebnis legt nahe, dass Kinder mit einer indifferenten Dichtevorstellung nun ebenfalls von einem *Auftriebsverhalten* der Luft ausgehen. Waren sie bei mechanischem Luftentzug noch unschlüssig,

so entscheiden sie sich beim Erwärmen einheitlich für die *Auftriebstheorie*. Betrachtet man die gesamte Experimentierreihe (offene Flasche, Luftentzug, Luftausdehnung) wird dies bestätigt. Geht man davon aus, dass den Darstellungen *schwebender* sowie *aufsteigender* Luft eine ähnliche Vorstellung zugrunde liegt, und differenziert man zunächst nicht zwischen *kontinuierlichen* und *diskontinuierlichen* Darstellungen, ergibt sich eine analoge Verteilung kindlicher Konzepte. Eine Mehrheit der Probanden (64 %) bevorzugen hiernach eine *Auftriebvorstellung* bei bewegter Luft und 20 % eine *Schwerevorstellung*. Bei den restlichen 16 % handelt es sich um Mischvorstellungen. Über den Gesamtbereich aller Verteilungsbetrachtungen zeigte kein einziges Kind eine wissenschaftliche korrekte Vorstellung der Gasverteilung (Tab. 23).

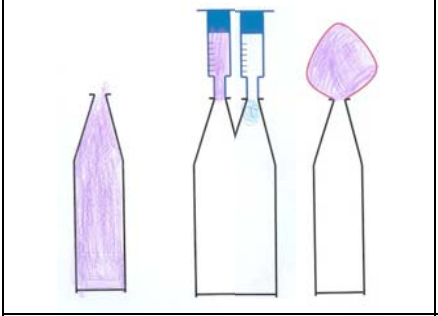
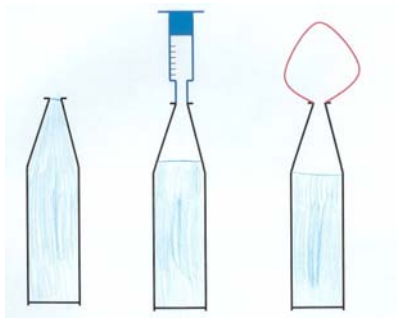
| | |
|---|---|
|  |  |
| 64 % | 20 % |

Tabelle 23: Darstellungskombinationen der *Luftverteilung* nach Häufigkeit

Wird die Luft in der Flasche *komprimiert*, tauchen nur noch zwei konzeptionelle Vorstellungen auf. Das *Auftriebskonzept* scheint nun für alle Probanden irrelevant und nicht mehr plausibel zu sein. Entweder entscheiden sich die Kinder nun für eine *kontinuierliche* Vorstellung oder für ein *Flüssigkeitskonzept* (Tab. 24).

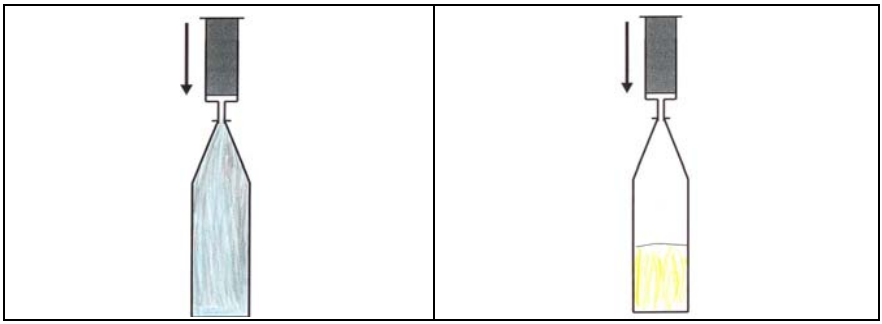


Tabelle 24: Darstellungen von Luft nach *Verdichtung*

Die Ergebnisse legen nahe, dass die Kinder bei der Betrachtung von Luft von einem *Zweiphasensystem* ausgehen. Es besteht einerseits aus einem immateriellen, dichteneutralen Anteil und einem stofflichen Anteil, der in seiner Dichte von den Kindern unterschiedlich beurteilt wird. Auf die Frage, was sich denn zwischen den gezeichneten Schichten befindet bzw. worum es sich bei den zwei dargestellten Phasen handelt, gaben die Kinder, insofern sie sich überhaupt hierzu artikulieren konnten – für beide Phasen *Luft* an. Der aus wissenschaftlicher Sicht entstehende Widerspruch scheint für die Probanden offensichtlich nicht zu existieren.

Weitere Fragen über den Themenkomplex Luft beschäftigten sich mit den kindlichen Vorstellungen zu Masse, Volumen und dem Verhalten von Luft beim Erwärmen und Abkühlen. Um festzustellen, ob die Schulanfänger Luft ein Gewicht zuordnen, wurde eine Balkenwaage mit zwei nicht aufgeblasenen, befestigten Luftballons präsentiert. Nun wurde ein Ballon vom Balken entfernt und vom Tester aufgeblasen und zugeschnürt. Anschließend sollten die Kinder beantworten, ob sich die beiden Luftballons in ihrer Masse unterscheiden bzw. was mit der Waage passieren wird, wenn man den aufgeblasenen Ballon wieder daran befestigt (Abb. 81). Die Aufgabe wurde innerhalb der Vorerhebungen sowie der Hauptuntersuchung gestellt. Die meisten

Kinder behaupteten, der aufgeblasene Luftballon wiege mehr als vorher und weisen der Luft somit eine Masse zu.

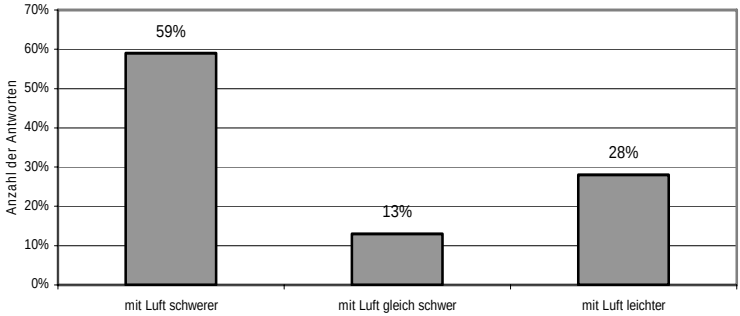



Abbildung 81: Einschätzung der Masse eines Luftballons nach dem Aufblasen

Im nächsten Versuch sollten die Kinder voraussagen, ob in ein umgedrehtes Trinkglas beim Eintauchen in eine Wasserwanne Wasser eindringen wird. Der Versuch wurde angedeutet, und nachdem die Kinder Hypothesen über den Ausgang des Experiments erstellten, konnten sie den Versuch schließlich praktisch nachvollziehen. Die Ergebnisse zeigen, dass auch hier eine überwiegende Mehrheit der Kinder von einem Platzbedarf der Luft ausgeht (Abb. 82).

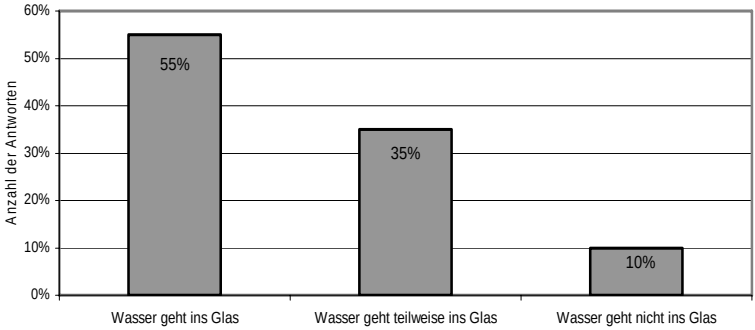



Abbildung 82: Einschätzung der Verdrängung von Luft unter Wasser in einem umgedrehten Trinkglas

Bei der Betrachtung der kindlichen Konzepte, wenn Luft erwärmt bzw. abgekühlt wird, erstaunten die Ergebnisse insofern zunächst, als die Kinder bei ihren Betrachtungen anscheinend nicht von der Luft als bestimmendem Faktor ausgingen, sondern von der Hülle des Ballons. Innerhalb der halboffenen Fragetechnik der Vorerhebungen wurden den Probanden keinerlei Antwortmöglichkeiten vorgegeben. Die mit Abstand meisten Kinder antworteten, dass der Ballon, in einem temperierten Zimmer aufgeblasen und dann in einen warmen Raum gebracht, platze. Kein Kind gab an, dass er größer werden würde (Abb. 83).

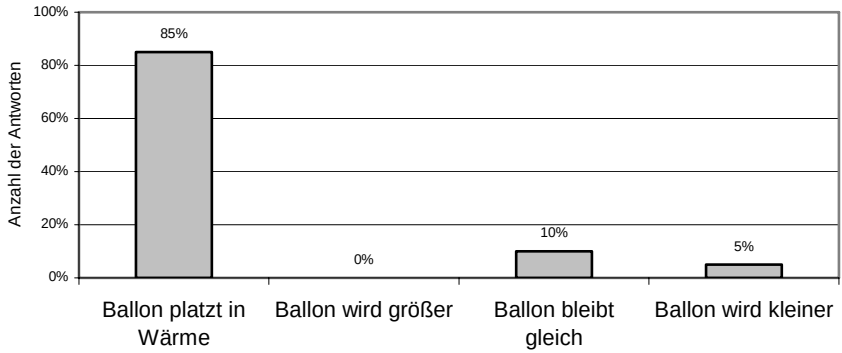



Abbildung 83: Einschätzung des Verhaltens eines aufgeblasenen Luftballons in der *Wärme*

Eine ähnliche Prognose wurde auch dann getroffen, wenn der Ballon in ein kaltes Zimmer gebracht würde. Hier wurde sogar angegeben, dass der Ballon ‚gefriere', was nur bestätigt, dass die Kinder von der Hülle des Ballons ausgehen (Abb. 84). Die Ergebnisse des geschlossenen Fragenkatalogs der Hauptuntersuchung bestätigten das vorläufige Ergebnis. Auch hier gab die Mehrheit der Probanden an, der Ballon würde in der Kälte platzen, gefolgt von der Annahme, es würde gar nichts geschehen. Nur verhältnismäßig wenige Kinder gingen davon aus, dass der Ballon durch die Kälte kleiner oder größer werden würde.

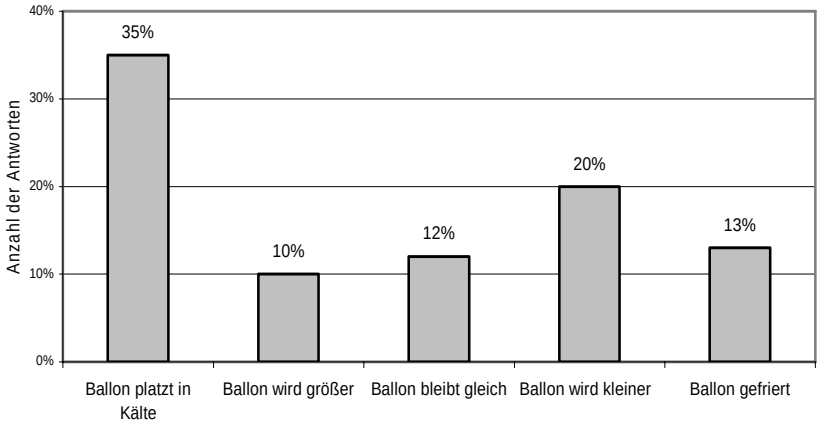



Abbildung 84: Einschätzung des Verhaltens eines aufgeblasenen Luftballons in der *Kälte*

### 4.3.17. Blasen

Anhand von Stichproben wurde zu einem späteren Zeitpunkt dem Phänomen weiter nachgegangen. Innerhalb eines Leitfadeninterviews wurden nun einzelne Kinder gezielt nach ihren Vorstellungen befragt. Die Kinder fertigten hierbei Zeichnungen an, da es nicht allen gelang, sich über die Phänomene zu artikulieren. Abbildung 85 stellt die Vorstellung eines Kindes über das Verhalten eines aufgeblasenen *Luftballons* in der Kälte dar. Wie viele Probanden geht es davon aus, dass der Ballon ‚platze'. Offensichtlich weiß das Kind darüber Bescheid, dass der Ballon schrumpft, jedoch scheint das ‚Bersten der Hülle' für das Kind relevanter zu sein als der ‚Volumenschwund'. Erstaunlich bleibt jedoch die Fehleinschätzung bei der Betrachtung des Verhaltens der Gummihülle beim Abkühlen. Viele Kinder scheinen mit der Kälte eine *zerstörerische, aktive Kraftwirkung* in Verbindung zu bringen.

| | |
|---|---|
| Du legst den aufgeblasenen Ballon in den Kühlschrank. Was passiert?<br>*„Der platzt."*<br><br>Warum platzt er?<br>*„Weil die Kälte wird irgendwann eindringen, … und dann stupst es halt."*<br><br>Und was wird angestupst?<br>*„Der Gummi."*<br><br>Passiert vor dem Platzen noch etwas mit dem Ballon?<br>*„Der wird kleiner und dann…batsch."* | |

Abbildung 85: Was passiert, wenn Du mit einem aufgeblasenen Luftballon in ein *kaltes* Zimmer gehst?

Dass Kinder in dieser Altersgruppe zunächst vom *äußeren Eindruck* – der äußeren Gestalt und Beschaffenheit – bei der Zuweisung von Stoffeigenschaften ausgehen, zeigt auch das Beispiel der Zusammensetzung von *Seifenblasen*. Im Abschnitt über Stoffe und Stoffgemische (Kap. 4.3.13.) wurde bereits festgehalten, dass die Probanden mehrheitlich davon ausgehen, dass der Inhalt einer Seifenblase aus *Seife und Wasser* besteht. Das Leitfadeninterview kann die Beobachtung bestätigen. Nach dem Inhalt einer Seifenblase gefragt, gab erstaunlicherweise nur etwa die Hälfte der Kinder *Luft* an. Alle anderen vermuteten *Seife* oder ein Gemisch aus *Seife und Wasser* in der Blase. Auch hier steht zunächst nicht die innere Konsistenz, sondern der äußere Eindruck im Vordergrund. Von der *äußeren Erscheinung* wird entsprechend auf die *innere Beschaffenheit* geschlossen. Widerspricht der Interviewer der Aussage des Probanden und beharrt auf der korrekten stofflichen Zusammensetzung der Seifenblase, zeigen sich die Kinder zunächst irritiert und scheinen erst jetzt über die Beschaffenheit nachzudenken.

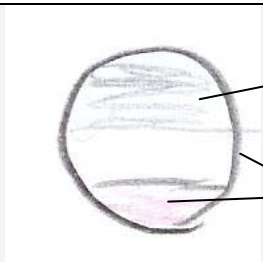
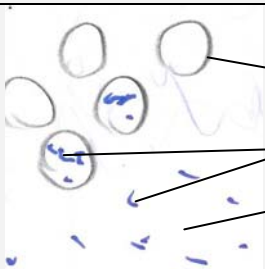
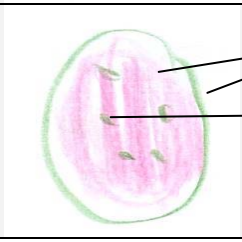
| | | |
|---|---|---|
|  | Luft<br>Seife | Was ist in einer Seifenblase drin?<br>*„Luft und ein bisschen Seife."*<br><br>Woraus besteht die Blase?<br>*„Aus Seife."* |
| | Seife<br>Luft | Was ist in der Seifenblase?<br>*„Seifenwasser."*<br>Wo ist die Seife?<br>*„Innen drin. Die zerkleinert sich, die Seife." (zeichnet Punkte in Blase)*<br>Ist da noch etwas anderes drin?<br>*(keine Antwort)*<br>Da ist auch Luft drin.<br>Zeichne die Luft ein! *(Zeichnet)*<br>Wo ist die Luft?<br>*„Unten."* |
|  | Wasser<br>Spülmittel<br>Luft | Was ist in einer Seifenblase drin?<br>*„Spülmittel."*<br>Zeichne eine Seifenblase! *(zeichnet)*<br>Wo ist was?<br>*„Außen ist Wasser, innen Spülmittel."*<br>Ist da noch Luft irgendwo?<br>*„Ja, außen dran." (zeichnet Luft)* |
|  | Luft<br>Seife | (keine Erklärungen) |

Abbildung 86: Darstellungen der inneren Beschaffenheit von *Seifenblasen*

Alle untersuchten Kinder gaben innerhalb des Leitfadeninterviews an, dass sich in der Blase *Seife* (‚Seifenwasser', ‚Spülmittel') befände. Dabei

scheint der Begriff weitreichend verwendet zu werden und sich allgemein auf eine *wässrige Substanz* zu beziehen. Die *Luft* scheint nebensächlich zu sein und wurde teils erst nach Aufforderung erwähnt oder eingezeichnet. Dabei wurde sie punktiert oder schraffiert entweder in *Auftriebsform* oder als *Flüssigkeit* eingezeichnet (Abb. 86).

Gleichgültig, ob die Kinder die *Blasen in siedendem Wasser* oder in *Sprudelwasser* einzeichnen sollten, die *Gasblasen* wurden immer nur an der *Oberfläche* wiedergegeben. Allerdings gaben sie auf Nachfragen zu verstehen, dass sich wohl auch im Wasser Blasen befänden. Es ist zu vermuten, dass die Schulanfänger in ihren Darstellungen wiederum nur die sichtbare Erscheinung wiedergeben, obwohl ihnen bewusst ist, dass sich Blasen auch im Wasser befinden (Abb. 87).

| | | |
|---|---|---|
| | | |
| Blasen in *siedendem Wasser* | Blasen in *Mineralwasser* | Blasen in *Mineralwasser* (am Boden: ‚Kohlensäure') |

Abbildung 87: Vorstellungen zu Blasen in *siedendem Wasser* und *Mineralwasser*

Als Ursache für das Sieden des Wassers wurde die Wärme des Topfbodens genannt. Erstaunlicherweise behaupteten die untersuchten Schüler – im Gegensatz zu vielen Erwachsenen – nicht, dass die Blasen aus *Luft*, sondern dass sie aus *Wasser* bestehen.

### 4.3.18. Energie

Wie bereits im Zusammenhang mit dem Umweltbewusstsein der Kinder erwähnt, verfügen die Kinder nur über einen äußerst vagen Energiebegriff. Daraufhin befragt, worin denn *Energie* stecke, nannten die Schulanfänger nach absteigender Häufigkeit zunächst *natürliche Energieträger* (Sonne, Blitz, Wind, Wasser), gefolgt von *biologischen* (Mensch, Körper, Essen) und schließlich *künstlichen Energieträgern* (Benzin, Batterie). Verhältnismäßig wenige Kinder führten *Verbraucher* (Haushaltsgeräte) an (Abb. 88).

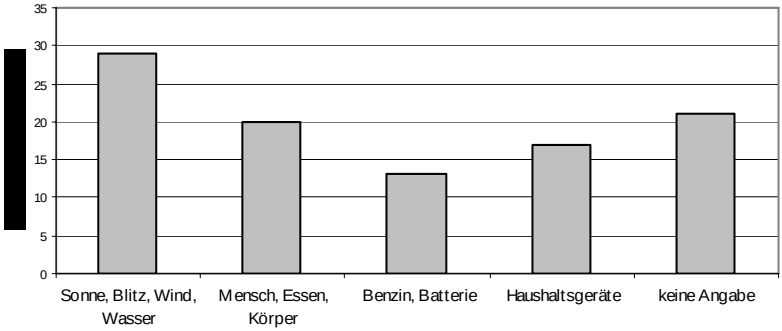



Abbildung 88: Worin steckt *Energie*?

Weiterhin wurden den Kindern diverse Abbildungen gezeigt und sie wurden danach befragt, in welchen Objekten oder dargestellten Situationen *Energie* stecke. Die Probanden konnten sich dabei zwischen ‚besitzen Energie' und ‚besitzen keine Energie' entscheiden. Insgesamt wurde vielen dargestellten Objekten und Situationen Energie zugesprochen. Die *Bewegung* stellte sich dabei als wichtigstes Merkmal in der Zuweisung von Energie dar (vgl. Kap. 4.3.1.). Einige Darstellungen zeigten gleiche Objekte einmal in *unbewegter* und einmal in *bewegter Form* (Abb. 89; jeweils hell und gleich markiert dargestellt). Dabei wurde *bewegten Objekten* deutlich mehr Energie zugesprochen als *starr* erscheinenden Gegenständen oder Lebewesen. Ein Lachen wird ebenfalls häufig als *bewegt* eingestuft und damit als energiegeladen. Einem

traurigen Kind wurde weniger Energie zugesprochen. Weiterhin wurde *künstlichen Energieverbrauchern* mehr Energie zugesprochen als *natürlichen Erscheinungen* oder *Lebewesen*. Unter den Lebewesen wird *Menschen* und *Tieren* wiederum mehr Energie als Pflanzen zugeordnet. Sogar ein vom Sturm gebogener Baum wurde energetisch niedriger als bewegtes Wasser eingestuft.

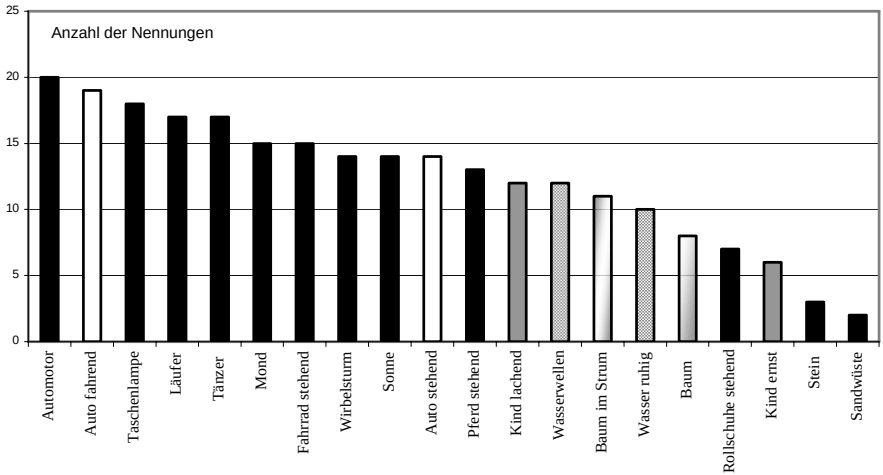



Abbildung 89: Was besitzt *Energie*?

### 4.3.19. Licht und Schatten

Daraufhin befragt, zu welcher Tageszeit eine Person einen möglichst *kleinen Schatten* wirft, konnte gut die Hälfte der Kinder (58 %) korrekt antworten. Die Fragestellung wurde auch als praktische Aufgabe gestellt. Dabei sollten die Probanden eine Taschenlampe (ohne Batterie) so an eine Spielzeugfigur halten, dass diese einen möglichst kleinen Schatten werfen sollte (Tab. 25/1). Dabei gelang es deutlich weniger Kindern (29 %), die Lampe entsprechend zu positionieren. Ein möglicher Grund mag darin liegen, dass den Kindern die genaue Position direkt über dem Objekt nicht bewusst war. Weitere 14 % hielten die Lampe schräg (in einem Winkel von etwa 45°) über die Figur.

Innerhalb einer komplexeren Aufgabe sollten die Sechs- und Siebenjährigen drei Darstellungen eines Hauses mit unterschiedlichem Sonnenstand entsprechende Schattenbilder zuordnen (Tab. 25/2). Die Aufgabe gelang nur einem Viertel aller Schüler. Alle anderen konnten, wenn überhaupt, nur ein Bild korrekt zuweisen.

Das Aussehen eines kleinen Gegenstands in geringem Abstand hinter einem wassergefüllten Trinkglas konnten ebenfalls 58 % der befragten Kinder richtig prognostizieren (Tab. 25/3). Die übrigen Kinder sagten entweder eine Verkleinerung, keinerlei Veränderung oder ein verzerrtes Abbild voraus oder äußerten keine Vorhersage. Die Transparenz von Stoffen ist bei Kindern dieses Alters direkt mit dem *Material* ‚Glas' verbunden. Objekte, welche durchsichtig erscheinen, bestehen entsprechend immer aus *Glas*. Die Hälfte aller Probanden führte das Material als Ursache für die Durchsichtigkeit von Gegenständen an. Andere Begründungen konnten nicht geäußert werden.

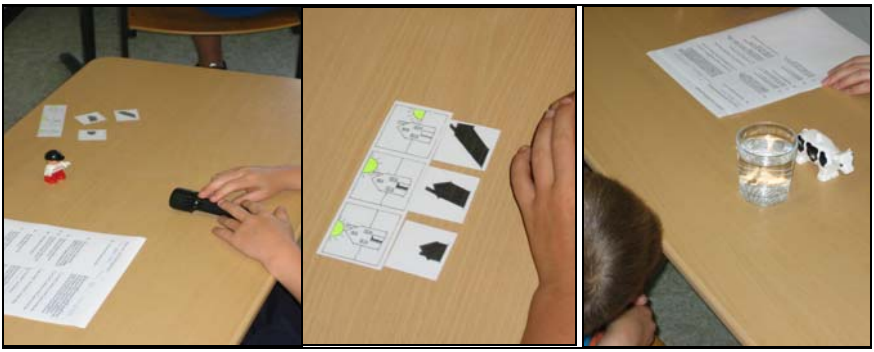


Tabelle 25: Aufgabenstellungen zu *Licht und Schattenwurf*

### 4.3.20. Bild der Erde

Barke (2003, S. 23) formuliert als exemplarisches Beispiel für Fehlvorstellungen von Kindern: „Kinder und Jugendliche erwerben durch ihre Beobachtungen zunächst ebenfalls das *ptolemäische Weltbild* – sie können bei allem guten Willen die Beobachtungen des Kopernikus nicht selbst machen und das moderne Weltbild nicht alleine finden. Lehrer und Lehrerin müssen schon gut unterrichten und mit Hilfe geeigneter Medien […] erhebliche Überzeugungsarbeit leisten, um die Jugendlichen zu überzeugen, sich von ihren ursprünglichen Vorstellungen zu trennen und zu akzeptieren, dass das heliozentrische Weltbild gilt.“ Die Ergebnisse der Untersuchungen können die These nicht bestätigen. Auch wenn sich die Aussagen der Kinder in Abbildung 90 auf einen täglichen und nicht auf einen jährlichen Sonnenumlauf beziehen, so kann doch aus den Ergebnissen geschlossen werden, dass bereits mehr als ein Drittel aller Grundschüler über ein *heliozentrisches Weltbild* verfügt.

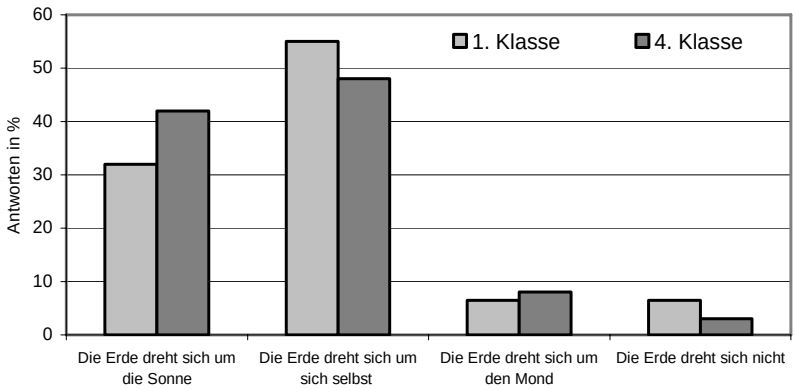



Abbildung 90: Die *Erde* dreht sich jeden Tag einmal. Was ist richtig?

Da sich die Aufgabenstellung im Test aber nicht auf die Entscheidung *heliozentrisch* oder *ptolemäisch* bezog und sich deshalb viele Kinder für die wissenschaftlich korrekte Möglichkeit entschieden, kann davon ausge-

gangen werden, dass bei anders formulierter Fragestellung der Anteil der Kinder mit *heliozentrischem Weltbild* noch größer ist. Untersuchungen von Sommer (2002) bestätigen diese Interpretation. Sommer führt das Phänomen darauf zurück, dass heutzutage Kinder durch eine verstärkte Medialisierung die wissenschaftlich korrekten Weltbilder präsentiert bekommen.

## 4.4. Wirksamkeit von Unterricht

### 4.4.1. Lernzuwachs innerhalb der Grundschulzeit

Um den Wissenszuwachs innerhalb der Grundschulzeit zu bestimmen, wurden im Sinne einer Längsschnittstudie zwei vierte Klassen der Land- und Brennpunktschule kurz vor Ende des Schuljahres dem gleichen Wissenstest unterzogen, der bereits mit den Schulanfängern durchgeführt worden war. Die Befragung wurde deshalb nur an zwei der ursprünglich drei getesteten Grundschulen durchgeführt, da die Ergebnisse der Untersuchungen in den ersten Klassen zeigten, dass zwischen Landschule und städtischer Schule sich querschnittlich kaum relevante Unterschiede ergaben.

Bei der Interpretation der Ergebnisse der Längsschnittstudie muss berücksichtigt werden, dass der erworbene Wissenszuwachs nicht zwingend auf eine schulische Intervention zurückzuführen sein muss. Zwar haben alle Probanden einen entsprechenden am Bildungsplan orientierten Sachunterricht durchlaufen, jedoch könnten weitere Kenntnisse auch durch außerschulische Faktoren wie Elternhaus, Freunde oder Medien angehäuft worden sein. Insofern kann ein prognostizierter Wissenszuwachs nicht alleine auf die Wirksamkeit des vornaturwissenschaftlichen Unterrichts zurückgeführt werden. Eine Analyse der Stoffverteilungspläne des jeweiligen Sachunterrichts könnte weitere Erkenntnisse über die Herkunft des kumulierten Wissens ergeben, allerdings ist hierbei zu berücksichtigen, dass die Kinder innerhalb der vier Grundschuljahre in der Regel mindestens zwei verschiedene Fachlehrer mit unterschiedlicher Schwerpunktsetzung erlebt haben. Darüber hinaus können auch die aufgelisteten Inhalte des Stoffverteilungsplans keinen Rückschluss auf den tatsächlich durchgeführten Unterricht und die vermittelten Lerninhalte erlauben. Insofern bleibt die Herkunft des Wissens letztlich ungeklärt, und es kann der Anteil schulischer Intervention nur antizipiert werden.

Entgegen der Untersuchungshypothese, dass nur ein geringer Wissenszuwachs an allen Schulen zu erwarten sei, zeigen die Ergebnisse der Tests am Ende der Grundschulzeit, dass ein deutlicher, äußerst ausgeprägter Zuwachs an naturwissenschaftlichem Wissen an beiden untersuchten Schulen zu beobachten war. So waren die Probanden nach vier Jahren in der Lage, statt durchschnittlich 35 % der Testaufgaben an der Brennpunktschule, respektive 42 % der Aufgaben an der Landschule, nunmehr 57 % bzw. 69 % der Fragestellungen richtig zu beantworten. Dies bedeutet einen Wissenszuwachs von jeweils etwa 60 % (Abb. 91).

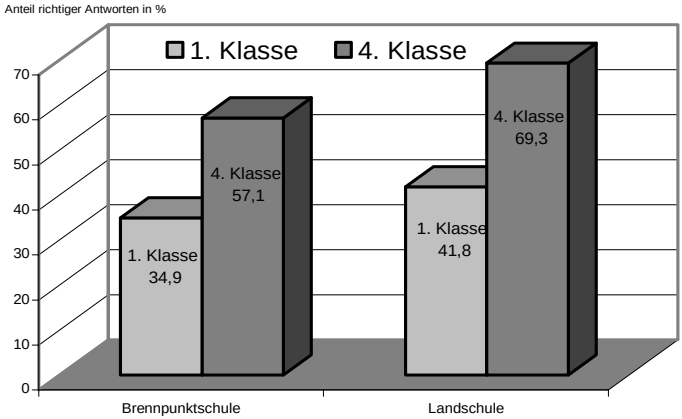



Abbildung 3: Ergebnisse des *Wissenstests* der Land- und der Stadtschule *zum Zeitpunkt der Einschulung* und am *Ende der Grundschule* (N=52)

Das beste Einzelergebnis erreichte ein Viertklässler der Landschule, der 93 % aller Aufgaben richtig beantwortete. Weiterhin kann festgestellt werden, dass der *Wissensunterschied* zwischen beiden untersuchten Schulen sich während der Grundschulzeit zu *manifestieren* scheint und bei etwa 20 % liegt. Das Ergebnis bestätigt die Vermutung, dass das vorhandene Wissensniveau zum Zeitpunkt des

Schuleintritts den Wissenszuwachs determiniert und die vorschulische soziokulturelle Disposition – der *örtliche und elterliche Hintergrund* – den weiteren Lernprozess im Sinne eines *begrenzender Faktors* bestimmt. Zwar konnten die Kinder beider untersuchten Schulen unterschiedlicher sozialer Schichtung einen signifikanten Wissenszuwachs für sich verbuchen, jedoch erreichten die Probanden aus bildungsfernen Familien mit Abstand nicht das Leistungsniveau der Kinder aus bildungsnahen Familien. Die Längsschnittstudie verweist auf einen kombinierten lerntheoretischen Ansatz in der Betrachtung des Lernprozesses. Der *kognitiven Lerndisposition* kann ein gewisser Rahmen einräumt werden, innerhalb dessen eine Entwicklung stattfinden kann. Letztlich zeigt sich das naturwissenschaftliche Lernen in der Grundschulzeit aber in hohem Maße durch *kulturelle Faktoren* vorherbestimmt. Dem Ansatz Bourdieus (2005, S. 26) kommt daher Bedeutung zu, indem er behauptet, dass „[…] in Wirklichkeit jede Familie ihren Kindern auf eher indirekten als direkten Wegen ein bestimmtes kulturelles Kapital und ein bestimmtes Ethos, ein System implizierter und tief verwurzelter Werte [vermittelt, das für die] ursprüngliche Ungleichheit der Kinder in Bezug auf die schulische Bewährungsprobe und damit die unterschiedlichen Erfolgsquoten verantwortlich [ist].“

Betrachtet man den durchschnittlichen Wissenszuwachs aller untersuchten ersten und vierten Klassen in den einzelnen *Wissensbereichen*, zeigt sich, dass die Kenntnisse in allen Bereichen gleichmäßig zunehmen (Abb. 92). Nach wie vor sind die Kenntnisse im stofflichen Gegenstandbereich am geringsten ausgeprägt. Fragen zum *biologischen Verhalten* und zur *Umweltthematik* können auch nach vier Schuljahren deutlich umfassender beantwortet werden.

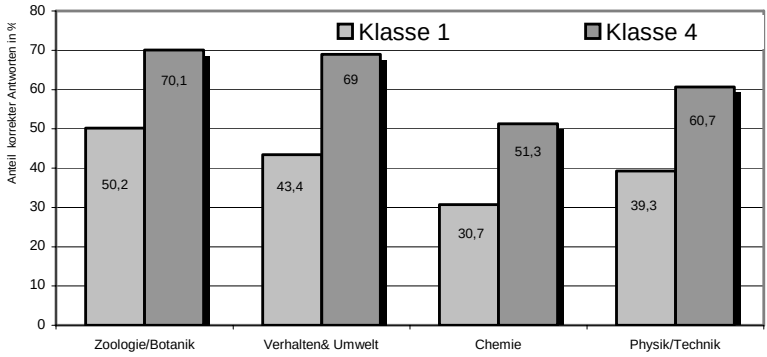



Abbildung 92: Vergleich der durchschnittlichen Testergebnisse der *1.* und *4. Klasse* nach Wissensbereichen

Bei näherer und differenzierterer Untersuchung zeigt sich, dass im Bereich der stofflichen Kenntnisse das Wissen über *Materie und Aggregatzustände* nur unwesentlich zugenommen hat, die Kenntnisse über *Stoffe und -gemische* sich jedoch deutlich ausweiteten (Abb. 93).

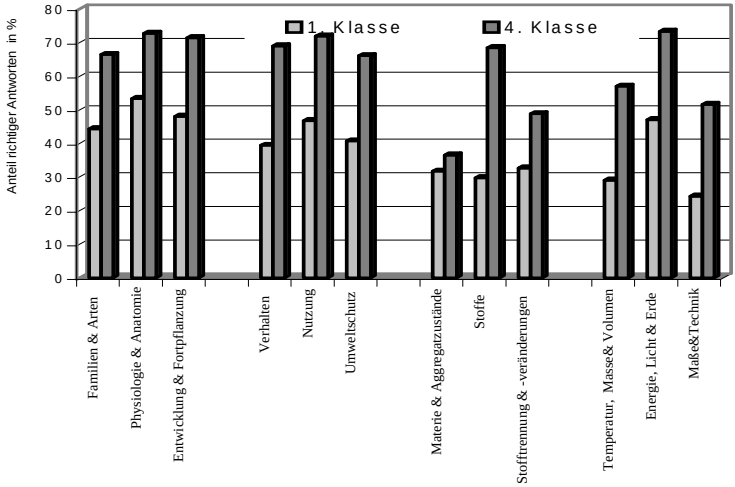



Abbildung 93: Ergebnisse des *Wissenstests Ende der 4. Klasse* nach Inhaltsbereichen

Vergleicht man die Ergebnisse der Land- und Brennpunktschule am Ende der vierten Klasse, ergibt sich ein ähnliches Bild wie bereits zu Beginn der ersten Klasse. Alle Wissensbereiche sind bei den Kindern der Brennpunktschule geringer ausgeprägt als bei den Probanden der Landschule. Über deutlich mehr Kenntnisse verfügen diese Schüler im Bereich *chemisch-physikalischer* Inhalte (Abb. 94).

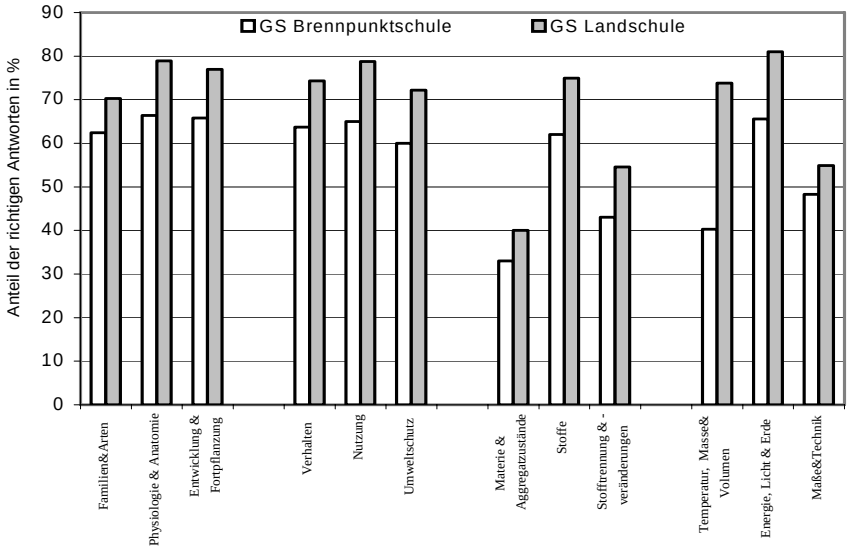



Abbildung 94: Vergleich der Testergebnisse des Wissenstests *Ende 4. Klasse* Brennpunktschule und Landschule

### 4.4.2. Wissen und Leistungsbewertung

Neben dem Wissenszuwachs wurde erhoben, inwiefern die fachliche Leistungsbewertung (Lehrerbenotung) der Kinder im Sachunterricht mit den Ergebnissen des Wissenstests übereinstimmt. Um eine Vergleichbarkeit der beiden unterschiedlichen Bewertungsmaßstäbe zu gewährleisten, wurde die Punkteskala des Tests auf eine Notenskala transformiert. Dabei wurde das beste Ergebnis der Altersstufe als Note 1, die Hälfte dieses Ergebnisses als Note 4 festgelegt und schließlich linear gestuft.

Die Resultate des Tests wurden auf halbe Noten gerundet, da auch die Schulnoten entsprechend angegeben wurden. Da der Sachunterricht im Verbund mit anderen Fächern (Heimatkunde, Musik, Kunst) unterrichtet wird und die Endnote ein Konglomerat einzelner Bewertungen darstellt, wurden die Lehrer gebeten, nur die Benotung für das naturwissenschaftliche Teilfach anzugeben.

| Punkte | Note |
|---|---|
| 62-58 | 1 |
| 57-53 | 1,5 |
| 52-48 | 2 |
| 47-43 | 2,5 |
| 42-38 | 3 |
| 37-33 | 3,5 |
| 32-28 | 4 |
| 27-23 | 4,5 |
| 22-18 | 5 |
| 17-13 | 5,5 |
| 12-8 | 6 |

Tabelle 26: Skalentransformation

Eine Gegenüberstellung der Fachnoten mit den Ergebnissen des Wissenstests zeigt, dass an der Landschule die Leistungsbewertung mit einer Toleranz von durchschnittlich einer halben Note mit den Ergebnissen des Wissenstests im Wesentlichen übereinstimmt. Die jeweiligen Notenschnitte sind dabei fast identisch und ergaben für die Lehrerbewertung eine 2,0 sowie für das Testergebnis eine Gesamtnote von 2,1.

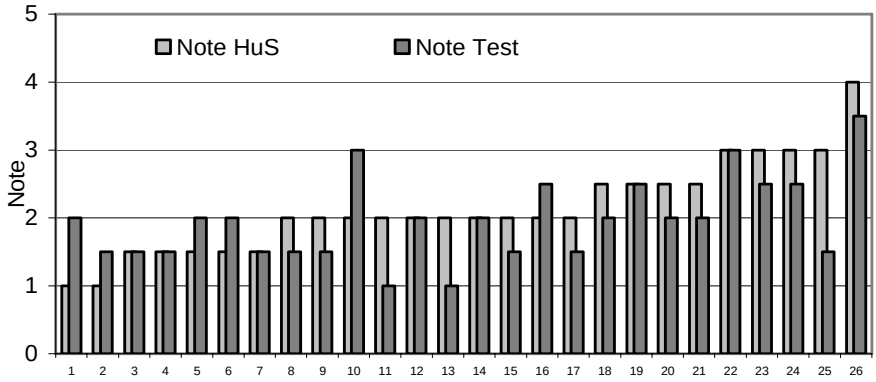



Abbildung 95: *Schulische Leistungsbewertung* im Sachunterricht (Teilfach Naturwissenschaften) und *Ergebnisse des Wissenstests* Ende 4. Klasse: *Landschule* (N=26)

An der Brennpunktschule erzielten die Kinder im Wissenstest entsprechend ihres Ergebnisses einen Schnitt von 2,9. Trotz dieses deutlich schlechteren Abschneidens im Vergleich zur Landschule unterschied sich die schulische Leistungsbewertung mit einem Notendurchschnitt von 2,3 nur unwesentlich von der Benotung durch den Lehrer an der Landschule. Eine mögliche Ursache für dieses Phänomen könnte sein, dass an der Brennpunktschule die Kinder für geringere Leistungen im Vergleich zur ländlichen Schule zu gut bewertet wurden, oder umgekehrt die Schüler der Landschule im Vergleich zur Brennpunktschule für gleiche Leistung schlechtere Noten erhielten. Wie aus Abbildung 96 ersichtlich, ist sogar bei etwa der Hälfte der Probanden der Brennpunktschule die Benotung erheblich besser als es das Testergebnis vermuten lässt. Bei diesen Probanden handelt es sich um Kinder mit Migrationshintergrund. Sie wurden bevorzugt zu gut bewertet. Die insgesamt zehn Probanden ausländischer (meist türkischer) Herkunft erhielten im Schnitt die Note 2,35. Im Wissenstest erreichten sie hingegen eine Benotung von durchschnittlich 3,35.

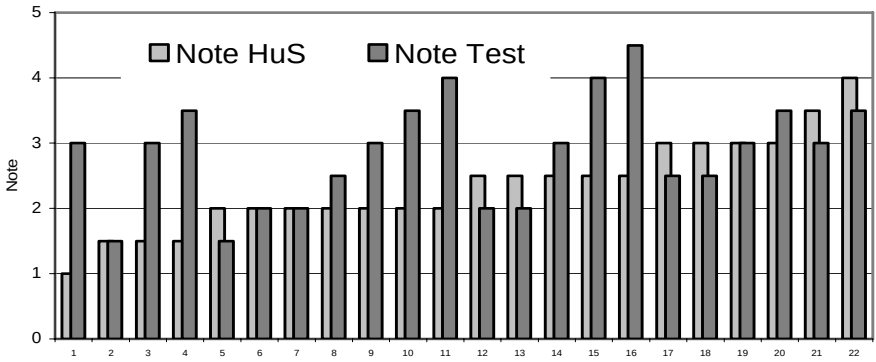



Abbildung 96: Schulische Leistungsbewertung im Sachunterricht (Teilfach Naturwissenschaften) und Ergebnisse des Wissenstests 4. Klasse: *Brennpunktschule* (N=22)

Wie auch die vorliegenden Leistungswerte konnten bereits die PISA-, TIMSS- und IGLU-Studien bestätigen, dass Kinder aus bildungsfernen Elternhäusern, speziell Kinder mit Migrationshintergrund, deutlich schlechtere Leistungen aufweisen als Kinder ohne Migrationshintergrund oder aus bildungsnahen Elternhäusern. „Laut IGLU fällt es Zehnjährigen aus der Oberschicht immer leichter, selbst bei weit unterdurchschnittlichen Leistungen, eine Empfehlung ihrer Grundschule für den Besuch eines Gymnasiums zu erhalten.“ (Welt Online 2007, S. 1) Allerdings stellt PISA 2006 gleichzeitig fest, dass Kinder dieser Milieus für eine Gymnasialpräferenz höhere Leistungswerte aufweisen müssen als andere Kinder und somit tendenziell hier schlechter eingestuft werden. In der vorliegenden Untersuchung ging es bei der Leistungsbewertung zwar nicht um eine Empfehlung der Schullaufbahn, sondern um eine Bewertung der Jahresleistung, allerdings scheinen sich die Ergebnisse dennoch zu widersprechen, da die Kinder mit Migrationshintergrund in der Leistungseinschätzung und -bewertung sogar bevorzugt behandelt wurden.

## 4.5. Persönliche Einstellungen

Grundsätzlich liegen bislang keine differenzierten Untersuchungen darüber vor, in welchem Alter sich Grundschulkinder für spezifische Naturphänomene besonders interessieren (vgl. Strunk 1999, S. 200). Lediglich Lück/Demuth (1998) konnten allgemein bei Vorschulkindern ein großes und nachhaltiges Interesse an stoffkundlichen Experimenten feststellen.

Obwohl das eingesetzte Erhebungsinstrumentarium nicht standardisiert wurde und somit allgemeingültigen Gütekriterien nicht genügen kann, sollen die Ergebnisse hier dennoch vorgestellt werden, da sie einerseits einen interessanten ersten Einblick in die Vorlieben von Schulanfängern erlauben und andererseits zumindest teilweise dabei helfen können, die bisher dargestellten Ergebnisse zu den Vorkenntnissen der Kinder in einem weiteren Rahmen zu deuten. Darüber hinaus können die Beobachtungen Ansatzpunkte für weiterführende Erhebungen bieten.

### 4.5.1. Interessen

Zur Feststellung des kindlichen Interesses an naturwissenschaftlichen Themen wurden den Schulanfängern insgesamt 29 bildliche Darstellungen zu den im Bildungsplan in Baden-Württemberg aufgelisteten naturwissenschaftlich orientierten Themenbereichen gezeigt. Die Kinder hatten die Aufgabe, diejenigen Bilder auszuwählen, über die sie mehr erfahren wollten bzw. diejenigen Bilder auszusortieren, an denen sie kein Interesse hatten. Erfasst wurden jeweils die ersten fünf Bilder, für die sich die Kinder entschieden (Abb. 97). Um zu gewährleisten, dass auch alle Darstellungen betrachtet werden und die Kinder sich nicht sofort auf einzelne Bilder fixieren, wurden die Kinder angewiesen, sie zunächst für eine längere Zeit ohne ‚Hand anzulegen' nur zu betrachten.

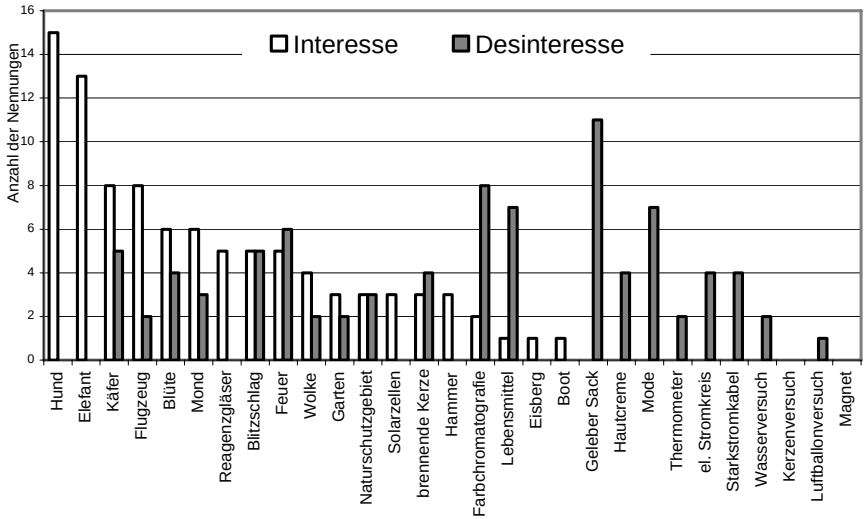



Abbildung 97: Interesse an naturwissenschaftlichen Themen durch *Bildauswahl*

Als besonders motivierend und interessant wurden die Darstellungen von *Tieren* (Hund, Elefant, Käfer) und das Bild eines *Flugzeugs* bewertet. Auf allgemeines Desinteresse stießen Abbildungen von *Gebrauchsgegenständen* des häuslichen Umfelds (Hautcreme, Mode, Lebensmittel), Darstellungen zur *Umweltthematik* (Naturschutzschild, Gelber Sack) und zu Gegenständen, welche im Zusammenhang mit *elektrischem Strom* stehen (Batterie, Stromkreis, Stromstecker).

Widersprüchlich beurteilt wurden *Lichtphänomene* (Feuer, Kerzenflamme, Blitz) sowie die Abbildung einer *Blüte*, eines *Käfers* und des *Monds*. Die Darstellung einer *Blüte* stieß bei den Jungen auf deutliches Desinteresse, hingegen bekundeten viele Mädchen ein klares Interesse an der dargestellten Pflanze. Insgesamt zeigten die Mädchen ein deutlich größeres Interesse an Lebewesen (71 % der Nennungen) als Jungen (27 % der Nennungen).

### 4.5.2. Einstellungen

Analog zur Interessenerhebung wurde den Kindern zu bestimmten naturwissenschaftlichen Themenbereichen anstelle bildlicher Darstellungen nun je ein Begriff genannt. Die Kinder sollten je nach ihrem Eindruck und Empfinden auf denjenigen *Gesichtsausdruck* (*Smiley*) deuten, der ihrer Meinung nach am besten zu dem Begriff passt. Ein niedriger Durchschnittswert bedeutet hierbei eine negative, ein höherer Wert eine tendenziell positive Einstellung. Der niedrigste Wert liegt bei 2.3, weshalb die Skalierung in Abbildung 98 erst bei 2.0 beginnt.

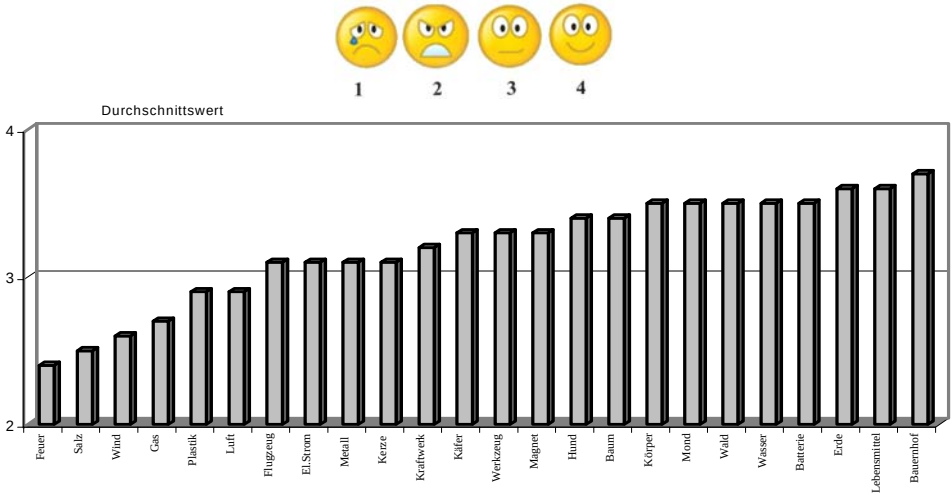



Abbildung 98: *Einstellungen* zu naturwissenschaftlichen Begriffen

Wie die Grafik zeigt, wurden Begriffe aus dem *stofflichen Bereich* (Salz, Gas, Plastik, Wind, Luft) am negativsten bewertet. Eine Ausnahme bildet der Begriff ‚Wasser'. Ausdrücke, welche mit der *belebten Natur* und dem *direkt erfahrbaren Umfeld* der Kinder zu tun haben, wurden in der Regel *positiv* bewertet.

Zur weiteren Differenzierung wurde in Abbildung 99 die Verteilung der einzelnen Angaben dargestellt. Dem Diagramm kann entnommen werden, dass es bei den Begriffen ‚Wind', ‚Feuer', ‚Mond' (Naturgewalten) sowie ‚Käfer' und ‚elektrischer Strom' zu einem *widersprüchlichen* Einschätzungsverhalten kommt. Die Ergebnisse entsprechen den Befunden zur Interessenlage.

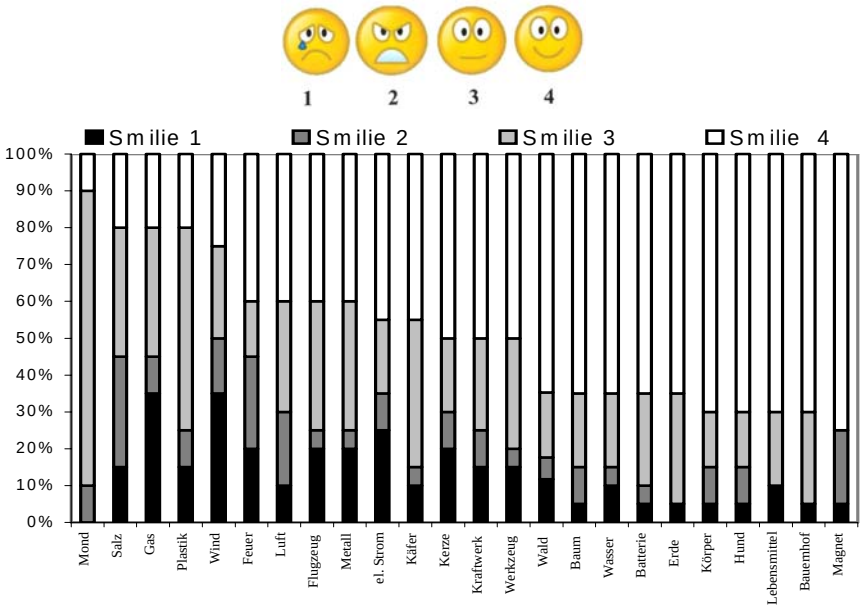



Abbildung 99: Einstellungen zu naturwissenschaftlichen Begriffen

### 4.5.3. Selbstkonzept

Alle befragten Kinder innerhalb der Vortests zeigten in Bezug auf ihre Person ein allgemein hohes Selbstvertrauen. Hinsichtlich ihres Wissens über die Natur schätzten sie ihre Fähigkeiten immerhin noch mittelmäßig bis gut ein (Abb. 100).

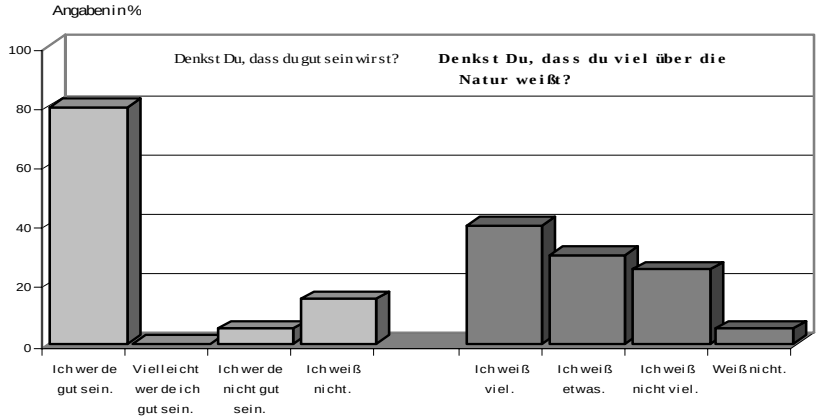



Abbildung 100: *Selbstkonzept* von Schulanfängern

Abbildung 101 gibt den Versuch wider, die *Ergebnisse des zweiten Vortests (Wissenstest)* quantifiziert darzustellen. Die Angaben zum Kenntnisumfang der Probanden können lediglich Einstufungstendenzen aufzeigen, da die Antworten noch frei notiert wurden und sich hierdurch keine klare Skalierung und kein eindeutiger Bewertungsmaßstab ergaben. In Abbildung 102 ist die *persönlichen Einschätzung des Wissens* der Kinder dargestellt. Es wurden dabei nur diejenigen Kinder erfasst, die kategorisierbare Angaben machen konnten.

Wie aus den beiden Darstellungen deutlich wird, stuften sich diejenigen Kinder mit vergleichsweise geringen Kenntnissen stimmig ein. Diejenigen Probanden, welche über vergleichsweise viel Wissen verfügten, zeigten die Tendenz, ihr tatsächliches Wissen zu unterschätzen.

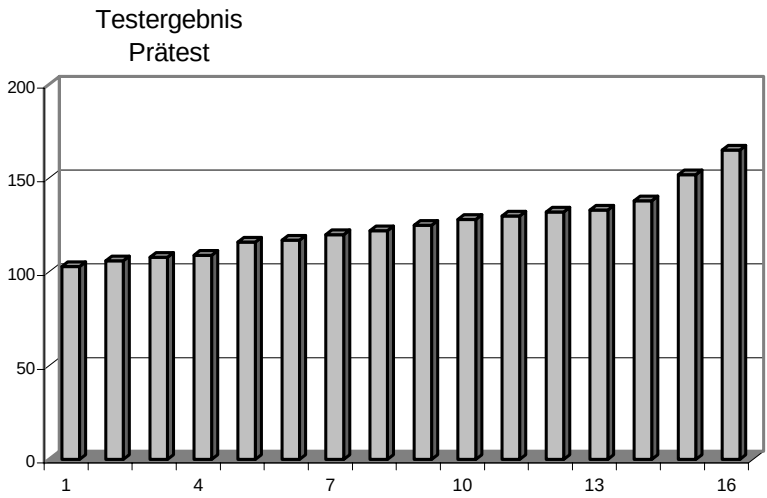



Abbildung 101: *Gemessener Wissensumfang* innerhalb der Vortests

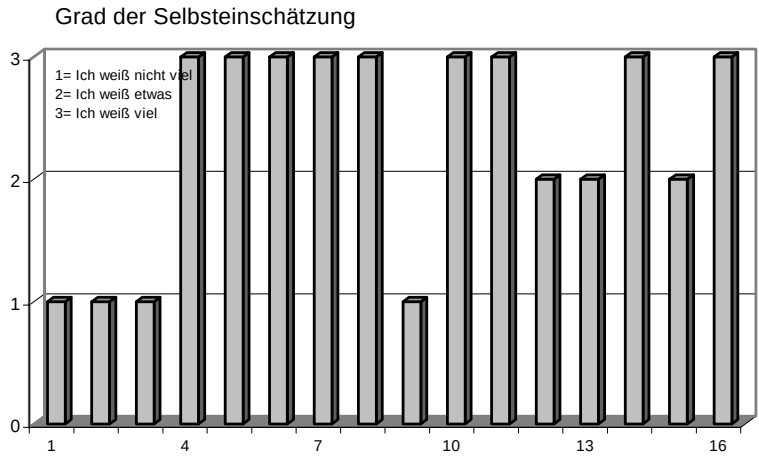



Abbildung 102: *Selbsteinschätzung des Wissens* (gleiche Probandenfolge)

# 5. Diskussion der Ergebnisse

*Vorwissen*

Die Befunde der Untersuchung zeigen, dass das vorschulisch erworbene naturwissenschaftliche Wissen einerseits mit dem *Bildungsniveau der Eltern* korreliert, aber gleichzeitig in keinem direkten Zusammenhang mit der *intellektuellen Leistungsfähigkeit* der Kinder steht. Die Ergebnisse decken sich mit anderen Untersuchungen, wonach physiologische Lerndispositionen wie die *Intelligenz* eines Individuums nicht für den Lernzuwachs und den Lernerfolg entscheidend sind. Entsprechend bestimmt vielmehr das Maß an kulturell vermitteltem, *spezifischem Vorwissen* die jeweilige fachliche Leistung. „Hiernach wäre die Akkumulation von Wissen in einem Bereich für den Lernforschritt in dieser Domäne wichtiger als bereichsübergreifende kognitive Grundfertigkeiten." (Strunk 1999, S. 180) Duit/Rhöneck (1996) widersprechen allerdings dieser Auffassung, indem sie feststellen, dass die *intellektuelle Leistungsfähigkeit* einen wichtigen Prädiktor für spätere schulische Leistungen der Kinder darstellt.

Die Resultate bestätigen Theorien, die den Einfluss *familiär-kultureller Bedingungsfaktoren* im Lernprozess betonen. Soziologische Ansätze gehen sogar davon aus, dass die *soziale Disposition* nicht nur das vorschulische Wissen massiv beeinflusst, sondern der soziokulturelle Hintergrund eines Menschen seine gesamte Lern-, Erfolgs- und Lebensbiografie prägt (vgl. Kap. 2.1.3.). Erscheinen diese deterministischen Theorien zunächst als radikale Randpositionen, werden sie jedoch durch die Resultate der letzten PISA-Studie (2006) untermauert, die den massiven Einfluss sozialer Bedingungsfaktoren auf das naturwissenschaftliche Wissen und den Lernerfolg von Kindern, speziell in Deutschland bestätigen. Danach besitzen Kinder bildungsnaher Elternhäuser einen gravierenden Leistungsvorsprung vor Kindern bildungsferner Elternhäuser (WELT Online 2007, S. 1). Bereits innerhalb des ersten PISA-Durchlaufs im Jahre 2000 konnte festgestellt

werden, dass der Einfluss der *sozialen Herkunft* auf die Testergebnisse in Deutschland so stark wie in keinem anderen Land war und das Ranking speziell auf das besonders schwache Abschneiden der Migrantenkinder der ersten Generation, speziell der Leistungen von Kindern türkischer Abstammung, zurückgeführt werden kann (vgl. Kap. 2.3.1.). Als Ursache wird der kulturell geprägte *Vertrauenshintergrund* der Herkunftsfamilien in die Bildungslaufbahn ihrer Kinder gesehen: „Ob die Eltern zuversichtlich oder skeptisch auf die schulische Zukunft blicken, ist noch stärker vom Milieu geprägt […]. Das Vertrauen in die Kinder, in das Lernen und in die Schulen ist nicht sehr hoch. Das zeigte sich vor einiger Zeit bei einer vom Gallup-Institut in 47 Ländern durchgeführten Befragung […], aber in der deutschen Gefühlslandschaft liegt die Bildung tief im Misstrauenstal." (DIE ZEIT – Wissen 2007, S. 2). Es geht also bei den gemessenen Kompetenzleistungen offenbar stärker als bislang zugestanden um *Mentalitäten und Lernhaltungen*, welche nicht nur familiär, sondern auch gesellschaftlich und landesspezifisch geprägt sind.

Über diese Ergebnisse hinaus ergaben sich während der umfangreichen Untersuchungen deutliche Hinweise darauf, dass sich die *Konzentrationsfähigkeit* und die *Motivation* der Schulanfänger bei der Bearbeitung von Aufgaben zur *unbelebten Natur* als deutlich geringer erwiesen als im Zusammenhang mit Themen zur *belebten Natur*. Die Beobachtungen könnten ein Indiz dafür sein, dass die Unbeliebtheit der Fächer Chemie und Physik nicht alleine auf unterrichtliche oder soziale Faktoren zurückzuführen ist, sondern auch psychische Dispositionen eine Rolle spielen. Die Schwierigkeit, sich auf physikalische oder chemische Inhalte zu konzentrieren, könnte *dispositional* veranlagt sein und somit die Erarbeitung nicht direkt erfahrbarer, abstrakter Aufgabenstellungen eine grundsätzliche Hürde im Lernprozess unabhängig vom Alter darstellen. Lerneifer, Motivation und Forschergeist scheinen bereits in der frühen Kindheit ihre Grenzen in der Abstraktheit und Zugänglichkeit der Problemstellung zu finden.

*Fertigkeiten*

Die Ergebnisse des *Hands-on*-Tests können darlegen, dass die vorhandenen praktischen Fähigkeiten der Schulanfänger nicht geschlechtsspezifisch ausgeprägt sind. Obwohl kein direkter Zusammenhang zwischen dem *Vorwissen* und den *Fertigkeiten* einerseits und der *Intelligenzleistung* andererseits festzustellen ist, zeigen die Befunde jedoch, dass Kinder, die über herausragendes Wissen oder einen hohen Intelligenzgrad verfügen, häufig auch im praktischen Umgang versierter sind. Der *soziokulturelle Hintergrund* scheint die praktischen Fähigkeiten der Kinder allerdings in geringerem Maße zu beeinflussen als das vorhandene Wissen. Aber auch hier kann beobachtet werden, dass Kinder aus schwächerem sozialem Milieu durchschnittlich über weniger praktische Fähigkeiten verfügen als Kinder bildungsnaher Schichten. Die Befunde sprechen gegen die Annahme, dass Kinder, die über weniger ‚theoretische' Kenntnisse verfügen im Sinne einer Fähigkeitsverlagerung eher ‚praktisch' orientiert seien. Weiterhin ergaben sich keinerlei Hinweise darauf, dass Kinder, die in einem ländlichen Umfeld aufwachsen, über bessere praktische Fähigkeiten verfügen als Kinder aus einem städtischen Wohngebiet. Insofern scheinen Primärerfahrungen nicht in direktem Zusammenhang mit dem *örtlichen Umfeld* zu stehen, sondern vielmehr *personal* vermittelt werden.

*Wirksamkeit*

Entgegen der Hypothese, dass die naturwissenschaftlichen Kenntnisse innerhalb der Grundschulzeit nur geringfügig zunehmen, zeigten die Ergebnisse, dass bei den untersuchten Schülern am Ende der Grundschulzeit ein *signifikanter Wissenszuwachs* zu beobachten war – und zwar zunächst unabhängig vom soziokulturellen Hintergrund oder der örtlichen Lage der Schule. Allerdings konnte auch festgestellt werden, dass sich der beobachtete Unterschied zwischen den Schulanfängern über die Schulzeit hinweg zu manifestieren scheint und somit der

Umfang des Lernzuwachses durch die *soziale Disposition* begrenzt wird. Dieser Befund zeigt, neben dem bereits festgestellten Einfluss der *sozialen Herkunft* auf das außerschulisch erworbene *Vorwissen*, auch die Bedeutung des sozialen Milieus auf die *Wissensentwicklung* auf. Der Befund bestätigt die Vermutung, dass das vorhandene Kenntnisniveau zum Zeitpunkt des Schuleintritts den weiteren Lernprozess und Lernerfolg im Sinne eines *begrenzenden Faktors* vorherbestimmt, und dass es trotz schulischer Intervention nicht gelingt, die vorschulischen Leistungsunterschiede zu egalisieren, d. h. den Wissensstand von Kindern bildungsferner Familien an das Niveau von Kindern bildungsnaher Familien anzugleichen.

Es bleibt allerdings zu berücksichtigen, dass der erworbene Wissenszuwachs nicht zwingend auf eine schulische Intervention und damit auf die Effektivität des Unterrichts zurückgeführt werden kann. Zwar haben alle Probanden einen naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht durchlaufen, jedoch könnte der Kenntniszuwachs auch *außerhalb der Schule* erworben worden sein. Insofern kann der beobachtete Wissenszuwachs nicht zwingend auf eine *schulische Vermittlung* zurückgeführt werden und entsprechend nur antizipiert werden. Weitere Untersuchungen könnten Aufschluss über das Ausmaß unterrichtlich vermittelten Wissens geben. Hierzu müssten zunächst die naturwissenschaftlichen Inhalte im Sachunterricht festgestellt werden. Inwiefern der Stoffverteilungsplan eines Lehrers oder einer Schule tatsächlich die umgesetzten Inhalte widerspiegelt, stellt dabei ein zentrales Erhebungsproblem dar. So hängt die inhaltliche Vermittlung von schwer kontrollierbaren Variablen – wie dem persönlichen Unterrichtsstil oder der Vermittlungsmethode – ab. Erhebungstechnisch deutlich einfacher wäre eine Längsschnittstudie über die gesamte Schulzeit hinweg, die den langfristigen Einfluss des dispositionalen, vorschulisch erworbenen Wissens auf die gesamte Lernbiografie und den schulischen Lernerfolg ermittelt.

*Leistungsbewertung*

Der Befund zur schulischen Leistungsbewertung im naturwissenschaftlichen Teil des Sachunterrichts ergab, dass Kinder mit *Migrationshintergrund bevorzugt behandelt werden* und im Verhältnis zu ihrer tatsächlichen Wissensleistung zu gute Noten erhalten. Dadurch könnte es zu einem ‚Ausgleich' bestehenden Wissensdefizite und somit zu einer Verbesserung der Übergangsvoraussetzungen dieser Kinder kommen. Die Bewertung des Lehrers richtet sich insofern also in hohem Maße nach der *sozialen Bezugsnorm*, als Kinder, die sozial förderungswürdig erscheinen, in der Leistungsbeurteilung besser gestellt werden. Das erstaunliche Ergebnis scheint den Befunden der internationalen Vergleichsstudien zunächst zu widersprechen, nach denen es Kindern bildungsnaher Elternhäuser der Oberschicht selbst bei unterdurchschnittlichen Leistungen leichter fällt, eine Empfehlung ihrer Grundschule für den Besuch eines Gymnasiums zu erhalten (WELT-Online 2007, S. 1).

Die Ergebnisse legen jedenfalls dar, dass nicht nur der *soziokulturelle Hintergrund* der Kinder deren *Lernverhalten* beeinflusst, sondern darüber hinaus auch die *Leistungsbewertung* von der *sozialen Bezugsnorm* geprägt zu sein scheint. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass die vorliegende Untersuchung eine Einzelstichprobe darstellt und somit nicht als repräsentativ für die schulische Leistungsbeurteilung stehen kann. Außerdem setzt sich eine schulische Benotung in der Regel nicht nur aus einer Beurteilung des vorhandenen Kenntnisstands zusammen. Allerdings scheint es unwahrscheinlich, dass sich Kinder mit Migrationshintergrund durch andersartige Leistungen insgesamt von anderen Kindern positiv absetzen, und es so zu einer besseren Bewertung kommt. Wie auch immer – die Befunde sprechen jedenfalls dafür, dass es nicht zu gelingen scheint, Kinder tatsächlich nach ihren *Leistungen* zu bewerten und in unterschiedliche Schulformen zu verteilen (vgl. auch PISA 2003, 2006).

Insgesamt werden die Befunde zur *sozialen Determination* des naturwissenschaftlichen Lernprozesses durch die Vergleichsstudien PISA, TIMSS sowie IGLU-E bestätigt, die feststellen, dass speziell in Deutschland *eine zunehmende Diskrepanz zwischen den sozialen Schichten* und ein *massiver Einfluss des Milieus auf den schulischen Lernerfolg* zu beobachten ist. Soziologisch orientierten Lerntheorien, die von einer klaren Begrenzung der Lernbiografie eines Menschen durch die soziale Schichtzugehörigkeit ausgehen, scheint insofern größere Bedeutung zuzukommen, als bislang prognostiziert oder zugegeben – stellen sie doch klar die Grenzen schulisch vermittelten Lernens heraus und deuten auf grundlegende *gesellschaftliche Defizite* hin, die durch einen schulischen Paradigmenwechsel alleine nicht überwunden werden können. Die vorliegenden Befunde verweisen auf ein Bild des Lernprozesses, das die Möglichkeiten einer schulischen Wissensvermittlung und das Ziel einer Chancengleichheit durch *soziokulturelle Variablen* begrenzt sieht. Bourdieu (2005, S. 26) scheint insofern in der Einschätzung des Einflusses der Herkunft auf den Lernerfolg recht zu behalten: „In Wirklichkeit vermittelt jede Familie ihren Kindern auf eher indirekten als direkten Wegen ein bestimmtes kulturelles Kapital und ein bestimmtes Ethos, ein System implizierter und tief verwurzelter Werte, [das für die] ursprüngliche Ungleichheit der Kinder in Bezug auf die schulische Bewährungsprobe und damit die unterschiedlichen Erfolgsquoten verantwortlich [ist].“

*Präkonzepte*

Die Ergebnisse können zeigen, dass das naturwissenschaftliche Wissen als auch die kindlichen Vorstellungen in denjenigen Bereichen deutlicher ausgeprägt sind, die mit dem *erfahrbaren Umfeld* der Kinder zu tun haben. In Wissensbereichen, die den Kindern nicht direkt zugänglich und/oder auf verborgener, submikroskopischer Ebene angesiedelt sind, mangelt es nicht nur an Kenntnissen, sondern auch an entsprechenden Konzepten. Weiterhin scheinen Schulanfänger in der

Einschätzung naturwissenschaftlicher Phänomene primär vom *äußeren Eindruck* und nicht vom inneren Aufbau eines Gegenstands oder eines Lebewesens auszugehen. Entsprechend gering sind die Kenntnisse über *stoffliche* und *stofflich-physikalische Themenbereiche*, speziell zu den Eigenschaften *gasförmiger Stoffe*, zu *Phasenübergängen* und *Stoffumwandlungen*. Die Tendenz, Phänomene primär nach *sichtbaren Merkmalen* zu beurteilen, tangiert dabei auch Wissensbereiche der belebten Natur, die sich mit der *inneren Zusammensetzung* und *physiologischen Funktionen* beschäftigen (z. B. Organe und Organfunktionen). Auch hier lassen sich nur äußerst marginale Kenntnisse feststellen.

Die Ergebnisse legen eine Beschränkung des naturwissenschaftsbezogenen Grundschulunterrichts auf wenige (den Kindern schwer zugängliche) *Basiskonzepte* nahe. Die Forderung nach einer exemplarischen Behandlung zentraler Konzepte ist dabei nicht neu, allerdings erfolgte die Auswahl bislang eher nach fachwissenschaftlichen Kriterien im Sinne einer didaktischen Elementarisierung und nicht auf Basis einer Erschließungsfähigkeit.

*Animistische Vorstellungen*

Einer der erstaunlichsten Befunde bei der Erhebung kindlicher Vorstellungen war, dass die Erstklässler in ihrer Beschreibung und Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene in der Regel nicht auf *magisch-animistische Metaphern* und Analogien, sondern meist auf *kausale, objektivierte Erklärungsmuster* zurückgriffen. So wurden auch abstrakte Phänomene zu Phasenübergängen auf Grundlage konzeptionell wissenschaftlich orientierter Vorstellungen erklärt. Die Beobachtungen können darlegen, dass bereits Sechsjährige in der Lage sind, Erscheinungen der unbelebten Natur auch außerhalb ihres individuellen Bezugsrahmens objektiviert zu beschreiben. Verborgene Phänomene, wie Vorstellungen zum Gaszustand oder zu stofflichen Umsätzen, können zwar oft nicht versprachlicht werden, äußern sich die Kinder je-

doch und liefern sie eigene Erklärungen oder Modelle, stellen sich diese in der Regel als *unbeseelt* und *objektiviert* dar.
Der Befund legt eine kritische Betrachtung des Stufenmodells kognitiver Entwicklung Piagéts nahe, nachdem Kinder dieser Alterstufe zu solchen Erklärungen grundsätzlich nicht fähig seien. Die Ergebnisse stehen in Widerspruch zu weiter zurückliegenden Untersuchungen und Darstellungen in didaktischen Lehrwerken. So stellen Miramis/ Morgane's (2007) fest, dass Kinder häufig nicht in der Lage sind, Naturphänomene auf naturwissenschaftliche Art erklären zu können und entsprechend auf animistische Vorstellungen zurückgreifen. Barke (2006, S. 41f.) führt als typische Beispiele für diese Fehlvorstellungen das ‚Aufsaugen des Wassers durch die Sonne' beim Verdunstungsvorgang oder – im Zusammenhang mit dem Verbrennungs- und Lösungsvorgang – eine *Vernichtungsvorstellung* an.

Andere Untersuchungen bestätigen allerdings einen Rückgang mystifizierter Vorstellungen bei Kindern sowie das Vorhandensein wissenschaftlich ausbaufähiger und objektiver Vorstellungen (Dörr 2006; Evanschitzky 2007; Gruden/Hesse 2006; Mähler 1995; Sommer 2002; Strunk 1998). So stellt Dörr (2006, S. 4) fest: „Grundschulkinder sind entgegen früheren Annahmen sehr wohl dazu in der Lage, anspruchsvolles Wissen in komplexen Domänen aufzubauen und so eine gute Grundlage für nachfolgende Lernprozesse in den Naturwissenschaften […] zu erwerben." Gruden/Hesse (2006, S. 25) fassen ihre Befunde folgendermaßen zusammen: „Obwohl Herbstlaubfärbung und Blattfall noch nicht Unterrichtsinhalt waren, haben alle […] Schüler zu bestimmten Aspekten schon wissenschaftliche Präkonzepte, die stringent und nachvollziehbar erklärt werden."

Es liegt die Vermutung nahe, dass sich in den letzten Jahren ein Wandel in den Lernvoraussetzungen und Denkweisen der Kinder vollzogen hat. Sommer (2002) führt das Phänomen darauf zurück, dass Kinder durch eine zunehmende Medialisierung verstärkt Zugang zu wissenschaftlichen Informationen erhalten, die sie dazu befähigen,

entsprechende objektivierte Erklärungsmuster und Weltbilder zu entwickeln. Die Befunde der PISA-Studien, die innerhalb weniger Jahre einen signifikanten Wissenszuwachs bei Grundschülern in Bezug auf ihre naturwissenschaftlichen Kenntnisse aufzeigen konnten, stützen die Sichtweise einer *veränderten Kindheit* und verweisen ebenfalls auf außerschulische und gesellschaftliche Ursachen wie den Einfluss der Massenmedien. Die Zeiten, in denen Märchen und Mythen die Basis für die Erklärung der Welt darstellten, scheinen immer mehr der Vergangenheit anzugehören.

Als Konsequenz müssten für die beobachteten Fehlkonzepte (die in der Regel bei älteren Kindern festgestellt wurden) andere Ursachen in Betracht gezogen werden. So wäre es einerseits denkbar, dass sich die Beseelungstheorien erst während der Schulzeit sozusagen ‚hausgemacht' ausbilden. Darüber hinaus könnte die Erscheinung auch insofern entwicklungspsychologisch begründet sein, als in dieser Phase Kinder ihren Blick zunächst auf physikalische Erhaltungsvorstellungen richten und chemisch-stoffliche Umsätze (noch) gar nicht in Betracht gezogen werden. Insofern geraten sie zu diesem Zeitpunkt auch in keinerlei Erklärungsnot, und es besteht keine Veranlassung, beseelte Vorstellungen oder Äußerungen zu generieren. Ein Erklärungskonflikt könnte erst im weiteren schulischen Lernverlauf durch die Konfrontation mit stofflichen Denkvorstellungen auftreten. Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass das Aufkommen animistischer Erklärungsanalogien in direktem Zusammenhang mit der Erhebungs- und Befragungsmethodik steht und animistische Erklärungen lediglich auf einen ‚provozierten Erwartungsdruck' zurückgeführt werden können. Welche Gründe auch immer für das Auftreten animistischer Vorstellungen zutreffen – sie spiegeln in diesem Alter wohl nicht die tatsächlich vorhandenen Konzepte der Kinder wieder, sondern scheinen vielmehr sprachlich bedingte Hilfskonstrukte darzustellen.

*Der neue naturwissenschaftliche Lernansatz*

Der neue Bildungsplan für Grundschulen in Baden-Württemberg sieht einen vornehmlich explorativ ausgerichteten, phänomen- und handlungsorientierten Sachunterricht vor und lässt theoretisch-modellhafte Deutungen der so erfahrenen und beobachteten Phänomene weitgehend unberücksichtigt oder hält sie in einem entsprechenden Lernumfeld für weitgehend selbst erschließbar (Bildungsplan Grundschule, Baden-Württemberg, S. 98ff.). Alleine durch einen explorativen Umgang mit den Erscheinungen lässt sich *anschlussfähiges Wissen* aber nicht realisieren. So basieren Vorstellungen zur stofflich-chemischen Natur auf abstrakten Teilchenkonzepten, und diese können weitgehend nicht selbstständig konstruiert oder erweitert werden. Ein naturwissenschaftlicher Anfangsunterricht mit dem Anspruch auf *Anschlussfähigkeit* des vermittelten Wissens kann nicht an sinnlichen Naturbegegnungen stehen bleiben, sondern sollte und kann bereits modellhafte Deutungen auf Teilchenebene vermitteln.

Der neue Lernansatz wird in seiner Zielsetzung zwar einer Alltags- und Schülerorientierung gerecht, vernachlässigt aber den eigentlichen Beweggrund für die Einführung der Naturwissenschaften Chemie und Physik im neuen Sachunterricht: die bislang unbefriedigenden Ergebnisse im Physik- und Chemieunterricht in der Sekundarstufe. Dabei stellt sich als wesentliche didaktische Herausforderung eine gelungene Gestaltung des Übergangs zwischen den vorhandenen Konzepten hin zu wissenschaftlich akzeptierten Vorstellungen dar (*conceptual change*). Entsprechend sollte ein früher einsetzender Sachunterricht so angelegt sein, dass eben diese abstrakte Vorstellungsebene vorentlastet werden kann.

Geht man davon aus, dass Schulanfänger in der Regel bereits über ausbaufähige Konzepte verfügen, erscheint die Frage nach einem Konzeptwechsel in anderem Licht und würde die Möglichkeit eines bruchlosen Übergangs (c*onceptual growth*) eröffnen. Ein weiterführendes

wissenschaftliches Verständnis müsste dann aber stärker *instruktional*, beispielsweise durch Analogiebildung strukturverwandter Phänomene (*bridging*), erfolgen (Strunk 1998). Da nur bestimmte Phänomene schwer erschließbar sind, scheint es lediglich notwendig, einige *zentrale (stoffliche) Kategorien* vorzuentlasten oder zu ergänzen. Hierzu gehören:

- *die Eigenschaften von Gasen (Luft)*
- *stoffliche Veränderungen, bei denen Gase entstehen*
- *Erhaltungskonzepte*

Damit wäre die Forderung nach einer *Anschlussfähigkeit* im Sachunterricht gewährleistet. Dies bedeutet dabei nicht notwendigerweise eine Abkehr vom *konstruktivistisch orientierten Lernansatz*, sondern hinterfragt zunächst die *Zielsetzungen* der neuen Lernkultur, welche allein durch einen explorativ und alltagsorientierten Unterricht nicht in allen Bereichen erreichbar scheinen. Soll dennoch an der Zielvorgabe einer *fachlichen Vorentlastung* festgehalten werden, so bedingt dies neben spielerischen Elementen eben auch einen *instruktional-lehrerzentrierten* Unterricht. Dies würde allerdings mit dem Tabu einer verschulten Kindheit, eines Sachunterricht als Vorschule der Wissenschaft im Sinne einer Wissenschaftspropädeutik, brechen. Es stellt sich die Frage, ob der neue Sachunterricht überhaupt eine Forderung nach *Anschlussfähigkeit* postulieren muss, oder die Kinder für einen späteren Fachunterricht in legitimer Art lediglich *interessiert* und *motiviert* werden sollen. Andererseits kann hinterfragt werden, ob die hierzu dialektisch bestehende Schonraumvorstellung einer frühen Kindheit sich nicht als traditionell deutsche Problematik darstellt und nicht spätestens mit den Ergebnissen von PISA und TIMSS und der Einführung der neuen Bildungsreformen bereits gebrochen wurde.

# 6. Zusammenfassung (Abstract)

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, im Sinne einer explorativen Basisstudie ein möglichst umfassendes Bild *naturwissenschaftlicher Lernvoraussetzungen* von Schulanfängern zu zeichnen sowie die *Wissensentwicklung* innerhalb der Grundschulzeit zu dokumentieren. Dabei sollte der *Einfluss außerschulischer Bedingungsvariablen* auf die vorschulischen als auch schulisch vermittelten Kenntnisse erhoben werden. Folgende Forschungsfragen standen dabei im Mittelpunkt:

- Über welches vor- und außerschulisch erworbene *Wissen*, über welche *Vorstellungen* und *Fertigkeiten* verfügen Kinder zum Zeitpunkt der Einschulung?
- In welchem Ausmaß bestimmt der *soziokulturelle Hintergrund* das Vorwissen der Kinder?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem *Vorwissen*, der *Intelligenzleistung* und den *Fertigkeiten* der Kinder?
- Über welchen naturwissenschaftlichen *Wissenszuwachs* verfügen die Kinder am Ende der Grundschulzeit?
- Gibt es einen Zusammenhang zwischen dem *Vorwissen* und dem späteren *schulischen Lernerfolg*?
- Entspricht der gemessene Wissensstand auch der *schulischen Leistungsbewertung*?

Der Erfassung und Abgrenzung naturwissenschaftlicher Kompetenzen im frühen Kindesalter kommt in den letzten Jahren insofern zunehmende Bedeutung zu, als naturwissenschaftsbezogene Curricula im Primarbereich in Baden-Württemberg seit einigen Jahren bereits eingeführt sind und demnächst auch im Vorschulbereich implementiert werden. Die Problematik der Reformen liegt darin, dass ein solcher Paradigmenwechsel auch umfassende und überdisziplinäre Kenntnisse über die vorhandenen *Lernvoraussetzungen* und über die geforderte *Anschlussfähigkeit* des vermittelten Wissens voraussetzt. Aller-

dings gibt es bislang noch kaum Untersuchungen über unterrichtsrelevante Prozesse, welche die Einführung des neuen naturwissenschaftlichen Lernansatzes rechtfertigen könnten.

Im Vordergrund der Untersuchungen stand die Entwicklung eines standardisierten Fragenbogens auf Grundlage der inhaltlichen Vorgaben des neuen Bildungsplans. Der 73 Fragen umfassende Interviewbogen (*Multiple-choice*) wurde über zwei Vortests entwickelt. An der Untersuchung nahmen insgesamt etwa 120 Grundschulkinder unterschiedlichen örtlichen und soziokulturellen Hintergrunds teil. Innerhalb der Hauptuntersuchung wurden drei erste und zwei vierte Klassen befragt. An die quantitative Untersuchung der Erstklässler zum Schuljahresbeginn schloss sich am Ende des Schuljahres die Erhebung der Kenntnisse der vierten Klassen im Sinne einer *Quasi-Längsschnittstudie* an. Aufgrund der Befunde der Vor- und Hauptuntersuchungen wurden schließlich spezifische, defizitäre naturwissenschaftliche Konzepte innerhalb einer *qualitativen Vertiefungsstudie* erhoben.

| *Untersuchungsgegenstand* | *Erhebungsinstrument* |
|---|---|
| Naturwissenschaftliches Wissen | Fragebogengeleitetes Interview |
| Fertigkeiten | *Hands-on*-Test |
| Intelligenz | Intelligenztest (CPM) |
| Soziokultureller Hintergrund | Elternfragebogen |
| Vorstellungen | Prätests und Leitfadeninterview |

Tabelle 27: Überblick des eingesetzten Erhebungsinstrumentariums

Folgende Ergebnisse der Untersuchungen lassen sich formulieren:

*Naturwissenschaftliches Vorverständnis*

- Die Schulanfänger verfügen im Bereich der *stofflichen Natur* deutlich messbar über die geringsten Kenntnisse. Das trifft besonders bei Aufgaben zu, die eine Teilchenvorstellung implizieren, wie *stoffliche Zustände und Veränderungen, bei denen unsichtbare Stoffe entstehen (Phasenübergänge, Gasvorstellung).*
- Im Bereich der *belebten Natur* ist das Wissen zum *inneren Aufbau* von Lebewesen (Anatomie) und zur *Funktion* von Organen gering ausgeprägt.
- Die Schulanfänger schließen primär vom *äußeren Eindruck* auf die innere Beschaffenheit von Lebewesen, Alltagsgegenständen und Stoffen.
- Innerhalb der Untersuchungen ließen sich zu Phänomenen der unbelebten Natur *kaum animistisch-beseelte Erklärungsansätze* beobachten. Die (bildlichen) Darlegungen basierten in der Regel auf objektivierten und ausbaufähigen Konzepten und Erhaltungsvorstellungen.

*Außerschulische Bedingungsvariablen*

- Das *Vorwissen* steht in direktem Zusammenhang mit der *Schulbildung der Eltern.*
- Kinder aus einem *bildungsferneren Elternhaus* oder mit *Migrationshintergrund* verfügen über signifikant weniger Vorwissen.
- Das vorhandene *Wissen* und die *soziale Herkunft* stehen in keinem direkten Zusammenhang mit der *intellektuellen Leistungsfähigkeit* der Kinder.
- Kinder, die im Wissenstest weit überdurchschnittlich abschneiden, verfügen über ein hohes Maß an praktischen Fertigkeiten sowie intellektueller Leistungsfähigkeit.
- Es zeigen sich *keine geschlechtsspezifischen Unterschiede*, weder im Wissen noch in der Intelligenz oder bezüglich der vorhandenen Fertigkeiten.

*Wirksamkeit von Unterricht*

- Unabhängig vom sozialen Hintergrund kann innerhalb der Grundschulzeit bei allen Probanden ein *deutlicher Wissenszuwachs* von etwa 60 % beobachtet werden.
- Der festgestellte *Leistungsunterschied* der Schulanfänger in Abhängigkeit vom sozialen Milieu *bleibt über die Grundschulzeit erhalten.* (Die dispositionalen Wissensdefizite können durch die schulische Intervention nicht angeglichen werden.)
- In der schulischen Leistungsbewertung werden *Kinder mit Migrationshintergrund*, im Vergleich zu anderen Kindern, *zu gut beurteilt.*

Die Befunde verweisen auf den erheblichen Einfluss des *soziokulturellen Milieus* auf den schulischen Lernerfolg sowie auf die größer werdende Kluft zwischen den sozialen Schichten. Sie decken sich mit den Ergebnissen der PISA-Studie 2006, die darlegen konnte, dass in Deutschland wie in kaum einem anderen Land eine systematische Koppelung zwischen den schulischen Leistungen und der soziokulturellen Stellung besteht und diese sich innerhalb der Sekundarstufe sogar noch verschärft. Auch die Beobachtungen zu den Kenntnissen von Kindern mit *Migrationshintergrund* entsprechen den Befunden internationaler Vergleichsstudien, wonach der schulische Wissensrückstand dieser Kinder bis zu zwei Jahre beträgt (vgl. Kap. 2.2.1.). Unklar bleibt, inwiefern sich die schulische Leistungsbewertung nach der *sozialen Bezugsnorm* richtet, und ob sozial schwache Kinder tatsächlich bevorzugt oder benachteiligt werden. Die Ergebnisse weisen jedenfalls darauf hin, dass eine leistungsbezogene Chancengleichheit nicht gegeben ist.

Die Ergebnisse zum *Lernzuwachs* innerhalb der Grundschulzeit können weiterhin darlegen, dass *soziale Determinanten* die schulische Wissensvermittlung im Sinne eines ‚begrenzenden Faktors' beeinflussen. Dieser Befund sowie das vorhandene große Interesse und die Motivation der Kinder rechtfertigen jedenfalls einen früh einsetzenden naturwissenschaftsbezogenen Sachunterricht, auch wenn der Anteil der schulischen Intervention am Lernfortschritt noch ungeklärt ist und durch weitere Erhebungen noch ermittelt werden könnte.

Der neue Lernansatz im Sachunterricht geht von einer grundsätzlichen *Selbsterschließbarkeit* naturwissenschaftlichen Wissens aus und fordert zudem eine *Anschlussfähigkeit* an einen späteren Fachunterricht. Wie die Untersuchungen zeigen, existieren Wissensbereiche, die von den Kindern nicht eigenständig erschlossen oder erweitert werden können. Dies legt eine frühzeitige Vermittlung *zentraler (stofflicher) Basiskonzepte* nahe, um so defizitäre Verständnisbereiche vorzuentlasten und ein tieferes, nachhaltiges Wissen vermitteln zu können. Dies kann al-

lerdings nicht innerhalb eines ausschließlich explorativen, phänomen- und handlungsorientierten Lernansatzes im Sachunterricht erfolgen, sondern erfordert auch *instruktional* vermittelte Unterrichtsanteile. Die vorhandenen *objektiven* und *ausbaufähigen Vorstellungen* der Schulanfänger weisen darauf hin, dass weiterführende Konzepte und Erklärungsansätze bereits in diesem Alter vermittelbar sind. Ein tieferes naturwissenschaftliches Verständnis könnte dann in Form einer Erweiterung bereits bestehender Konzepte erfolgen (*conceptual growth*). Das weitgehende Fehlen *animistischer Vorstellungen* ist weiterhin Indiz dafür, dass sich entsprechende Fehlkonzepte erst innerhalb der Schulzeit ausbilden könnten, oder sich ein kulturell bedingter Vorstellungswandel in der frühen Kindheit vollzogen hat. Längsschnittuntersuchungen zur Entwicklung von Vorstellungen in der Kindheit könnten weitere Hinweise auf den Einfluss schulischer und außerschulischer Faktoren auf die Ausbildung von naturwissenschaftlichen Konzepten geben.

Geht man von der Frage aus, ob es dem neuen Sachunterricht gelingen kann, *anschlussfähiges* und *nachhaltigeres* und *tieferes Wissen* zu vermitteln, so kann festgehalten werden, dass sich der neue naturwissenschaftsdidaktische Ansatz als Spagat zwischen einer geforderten ‚Kind- und Lebensweltorientierung' einerseits und der Forderung nach einer ‚fachlichen und wirtschaftlichen Anschlussfähigkeit' andererseits darstellt.

# 7. Literatur

AAAS [American Association for the Advancement of Science] (1989). *Science for all Americans*: Report on Literacy Goals in Science, Mathematics and Technology. Washington DC. American Association for the Advancement of Science.

Aikenhead, G. S. (1973). The measurement of high school student's knowledge about science and scientists. *Science Education 57*. Nr. 4, S. 539-549.

Anderson, John R. (1996). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg/Berlin. Spektrum Akademischer Verlag, S. 433.

Ausubel, P. (1974). *Psychologie des Unterrichts*. Band 1 und 2. Weinheim. Beltz.

Ausubel, P./Novak, J. D./Hanesian, H. (1980). *Psychologie des Unterrichts*. Band 1. Weinheim. Beltz, S. 273.

Bar, V./Galili, I. (1994). Stages on children's view about evaporation. *International Journal of Science Education 16*. Nr. 2, S. 157.

Bar, V./Travis, A. S. (1991). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching 18*. Nr. 2, S. 363.

Barke, H.-D. (1996). Lebenswelt und Alltag im Chemieunterricht. In: H. Behrendt. *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Probleme und Perspektiven. Alsbach. Leuchtturm Verlag.

Barke, H.-D. (2006). *Chemiedidaktik. Diagnose und Korrektur von Schülervorstellungen*. Berlin/Heidelberg/New York. Springer.

Baumert, J. et al. (2000). *TIMMS/III-Deutschland. Der Abschlussbericht*. Berlin.

Behrendt, H. [Hg.] (1997). *Zur Didaktik der Physik und Chemie*. Probleme und Perspektiven, Vorträge zur Tagung für Didaktik der Physik und Chemie. Bd. 17. Potsdam. Leuchtturm Verlag, S. 173ff.

Benson, D. L. et al. (1993). Students' preconceptions of the nature of gases. *Journal of Research in Science Teaching 30*. Nr. 6, S. 587.

Bourdieu, P. (2001). *Wie die Kultur zum Bauern kommt*. Über Bildung, Schule und Politik. Schriften zu Politik & Kultur 4. Hamburg. VSA-Verlag.

Bourdieu, P. (2005). *Die verborgenen Mechanismen der Macht*. Schriften zu Politik & Kultur 1. Hamburg. VSA-Verlag.

Bos et al. [Hgg.] (2003). *Erste Ergebnisse aus IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster. Waxmann Verlag. S.20 ff.

Bröll, L./Friedrich, J./Oetken, M. (1997). *Naturwissenschaftliche Bildung im Primarbereich?!* Eine Untersuchung zur Bedeutung und Realisierung naturwissenschaftlicher Inhalte in der Grundschule. In: *PdN-Chi 6*. 56. Jg. 2007, S. 36ff.

Brügelmann, H. (2003). *IGLU-E: Naturwissenschaften und Mathematik. Leistungen deutscher Viertklässler am Ende der Grundschulzeit*. Zusammenfassung nach Bos et. al. (Hrsg. 2003). Erste Ergebnisse nach IGLU. Schülerleistungen am Ende der vierten Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich. Münster. Waxmann.

Carey, S. et al. (1989). ‚An experiment is when you try it and see it works': A Study in Secondary Classrooms. Case Studies of Teachers' Personal Theories. *International Journal of Science Education 11*. Nr. 4, S. 514-529.

Carey, S./Gelman, R. [Hgg.] (1991). *The epigenesis of mind*. Essays on biology and cognition. New Jersey. Hillsdale, S. 274.

Caroll, J.B. (1993). *Human Cognitive Abilities: A survey of factor-analytic studies*. New York. Cambridge University Press.

Czinczoll, B./Röhrl, B. (1973). *Physik und Chemie im Sachunterricht der Grundschule*. München. Auer Verlag.

Der Senator für Bildung und Wissenschaft (2003). Kurz-Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse der IGLU Studie. Bremen [Online-Dokument] www.bildung.bremen.de/sfb/behoerde/deputation/depu/ 119_2.pdf (aufgerufen am 10..05.2007).

Dickinson, D.K. (1987). The development of a concept of material kind. *Science Education 71*. Nr. 4, S. 615.

Dieterich, Veit- J. (1995). *Johann Amos Comenius*. Rowohlt. Reinbek.

Dieterich, M. (2001). *Einführung in die Allgemeine Psychotherapie und Seelsorge*. Wuppertal. Brockhaus.

Dieterich, M./Dieterich, J. [Hgg.] (2006[1]). *Wörterbuch Psychologie und Seelsorge*. Brockhaus Verlag. Wuppertal.

Driver R. et al. (1985). *Children´s Ideas in Science*. In: Hößle et al. [Hgg.] (2004). *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – ein Überblick*. Hohengehren. Schneider.

Driver R. et al. (1994a). *Making sense of secondary science*. Research into children's ideas. London/New York. Routledge

Driver R. et al (1994b). *Young people's understanding of science concepts*. Implications of cross-age studies for curriculum planning. *Studies in Science Education 24*. S. 75.

Driver R. et al. (1996). *Young People's Images of Science*. Buckingham. Great Britain. Open University Press.

Duit R./von Rhöneck, D. [Hgg.] (1996). *Lernen in den Naturwissenschaften*. Leibniz-Institut f. d. Pädagogik d. Naturwissenschaften an d. Universität Kiel. S. 39.

Elschenbroich, D. (2002). *Weltwissen der Siebenjährigen*. Wie Kinder die Welt entdecken können. München. Goldmann Verlag.

Elschenbroich, D. (2005). *Weltwunder*. Kinder als Naturforscher. München. Kunstmann Verlag.

Evanschitzky, P. (2007). *Warum eigentlich Physik im Kindergarten?* [Online-Dokument] www.mint-zentrum.de/fach/01.htm (aufgerufen am 04.10.2007).

Fried, L. (2005). *Wissen als wesentliche Konstituente der Lerndisposition junger Kinder*. Expertise im Auftrag des Deutschen Jugendinstituts. Deutsches Jugendinstitut e.V. München. S. 27ff.

Galili, I./Bar, V. (1997). Children's operational knowledge about weight. *International Journal of Science Education 19*. Nr. 3, S. 317.

Gallagher, J. J. (1991). Prospective and practising secondary school science teachers' beliefs about the philosophy of science. *Science Education 71*. Nr. 2, S. 121.

Ganter, M. (1995). *Mit den Kindern verstehen lernen*. Ansätze zu einer exakten Theorie der Praxis des Sachunterrichts auf dem Wege zu naturwissenschaftlichem Weltverstehen. Heinsberg. Agentur Dieck.

Gardner, H. (2003). *Der ungeschulte Kopf*. Wie Kinder denken. Stuttgart. Klett-Cotta.

Gelman, R. (1990). First Principles organize Attention to and Learning about relevant Data: Number and the animate-inanimate distinction as examples. In: *Cognitive Science 14*, S. 79.

GDSU [Gesellschaft für Didaktik des Sachunterrichts] (2002). *Perspektivrahmen Sachunterricht*. Bad Heilbrunn. Klinkhardt.

Gruden, S./Hesse, M. (2006). *Herbstlaubfärbung und Blattfall. Vorstellungen von Schülern der Grundschule*. Didaktik Biologie 15. IDP Münster. S. 117-148.

Grygier, P. et al. (2003). Unterstützt das Lernen über Naturwissenschaften das Lernen von naturwissenschaftlichen Inhalten im Sachunterricht? In: D. Cech/ H. J. Schwier. *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht*. GDSU Jahresband 13. Bad Heilbrunn, Klinkhardt. S. 59-76.

Grygier, P./Günther, J./Kircher, E. [Hgg.] (2004). *Über Naturwissenschaften lernen – Vermittlung von Wissenschaftsverständnis in der Grundschule*. Hohengehren. Schneider.

Gudjons, H. (1995[4]). *Pädagogisches Grundwissen*. Bad Heilbrunn. Verlag Klinkhardt.

Häußler et al. (1998). *Naturwissenschaftsdidaktische Forschung, Perspektiven für die Unterrichtspraxis*. Kiel. Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften (IPN).

Hößle et al. (2004). *Lehren und Lernen über die Natur der Naturwissenschaften – ein Überblick*. Hohengehren. Schneider.

Inagaki, K./Hatano, G. (1996). Young children's Recognition of commonalitites between animals and plants. In: *Chemie im Kontext 10*. Nr. 2, S. 73f.

IPN-Forschungsplan für die Jahre 2004-2006. Arbeitsbereich 2. *Modelle des Lehrens und Lernens*. Kiel. IPN-Leibniz-Insitut für die Pädagogik der Naturwissenschaften, S. 36 f.

Jahnke, T./Meyerhöfer, W. [Hgg.] (2006). *PISA & Co – Kritik eines Programms*. Hildesheim. Franzbecker.

Kahl, R. (2007). *Vorschneller Datenerguss*. In: Die Zeit – Wissen. [Online-Dokument] http://images.zeit.de/text/online/2007/49/pisa-kommentar-samstag-kahl (aufgerufen am 04.12.2008).

Kircher, E. (1998). Über Naturwissenschaften lernen – ein Überblick. In: W. B. Schneider [Hg.] (1998). *Wege in der Physikdidaktik*. Bd. 4. Erlangen/Jena. Palm & Enke.

Klewitz, E./Mitzkat, H. [Hgg.] (1978). *Thema Umwelt. Vorschläge für den naturwissenschaftlichen Unterricht in der Grundschule*. Stuttgart. S. 270.

Klewitz, E. (1989). Zur Didaktik des naturwissenschaftlichen Sachunterrichts vor dem Hintergrund der genetischen Erkenntnistheorie Piagets. In: *Naturwissenschaften und Unterricht – Didaktik im Gespräch*. Band 3. Essen. S. 47f.

Koerber, S. (2006). Naturwissenschaftliches Denken im Kindergarten- und Vorschulalter. Kognitive Voraussetzungen. In: *Wissen & Wachsen. Schwerpunktthema Naturwissenschaft und Technik. Wissen*. [Online-Dokument] http://www.wissen-und-wachsen.de/_page_natur._aspx?Page=... (aufgerufen 19.08.2007).

Köster, H. (2005). *Der Mangel an Vorerfahrungen als ‚Generationenproblem'*. Universität Siegen. [Online-Dokument] http://www.uni-siegen.de/~apprim/gsf/a3koester.pdf (aufgerufen am 03.11.2005).

Krahn, S. (2005). *Untersuchungen zum intuitiven naturwissen-schaftlichen Wissen von Kindern im Alter zwischen zwei und sieben Jahren*. Dissertation. Universität Bielefeld. [Online-Dokument] *bieson.ub.uni-bielefeld.de/volltexte/2006/876/index.html* (aufgerufen am 10.12.2005).

Labudde, P. (2002). Chancen für den Physikunterricht in der heutigen Zeit. *Kap. 2: Das Vorverständnis der Lernenden einbeziehen*. In: Plus Lucis [Online-Dokument] www.phbern/fileadmin/Bilder_und_Dokumente/07-S2/PDF/_Forschung_und_Entwicklung/_la_chancen_physikunt.pdf (aufgerufen am 16.01.2002).

Lederman, N. G. (1992). Students' and teachers' conceptions of the nature of science: Development, us, and sources of change. *Science Education 74*. Nr. 2, S. 32.

Lichtfeldt, M. (1996). Alltagsvorstellungen und Physik lernen. In: R. Duit/C. von Rhöneck. *Lernen in den Naturwissenschaften*. Kiel. IPN 151. S.1-25.

Löffler, G. (1992). Piagets und Inhelders Interviews zum kindlichen Atomismus unter einem phänomenologischen Gesichtspunkt reinterpretiert. *Chimica didactica 18*. H. 2, S. 85ff.

Lopéz, J. F. (2008). *Positivismus*. [Online-Dokument] http://culturitalia.uibk.ac.at/hispanoteca/lexikon%20der%20_linguistik/pro/POSITIVISMUS (aufgerufen am 12.07.2007).

Lück, G./Demuth, R. (1998). Naturwissenschaften im frühen Kindesalter. In: *CHEMKON 5*. Nr. 2. Weinheim. Wiley-VCH, S. 71-78.

Lück, G. (2000). *Naturwissenschaften im frühen Kindesalter*. Untersuchungen zur Primärbegegnung von Kindern im Vorschulalter mit Phänomenen der unbelebten Natur. Münster. Literaturverlag.

Lück, G. (2003). *Handbuch der naturwissenschaftlichen Bildung*. Theorie und Praxis für die Arbeit in Kindertageseinrichtungen. Freiburg. Herder Verlag.

Lück, G./Püttschneider, M. (2004). Die Rolle des Animismus bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte. In: *CHEMKON 11*. Nr. 4, S. 170ff.

Mähler, C. (2005). *Die Entwicklung des magischen Denkens*. In: Guldimann, T./ Montada, L. [Hgg.]. Entwicklungspsychologie. Weinheim. Beltz, S. 443-468.

Mähler, C. (2006). Was ist naive Biologie? In: *Wissen & Wachsen*. Schwerpunktthema Naturwissenschaft und Technik, Wissen. [Online-Dokument] http://www.wissenundwachsen.de/page_natur.aspx?Page=... [aufgerufen am 28.05.2006]

Martin, B. E./Brower, W. (1991). The Sharing of Personal Science and the Narrative Element in Science Education. *Science Education 75*. Nr. 6, S. 701-722.

Maschek, H. J. (2008). *Der Fehler des Positivismus*. [Online-Dokument] www.h-j-mascheck.de/diversa/hm403.htm (aufgerufen am 19.11. 2007).

Mayer, H. O. (2004[2]). *Interview und schriftliche Befragung*. Entwicklung, Durchführung und Auswertung. München/Wien. Oldenbourg Verlag.

Méheut M. et al. (1985). Pupils' conceptions of combustion. *European Journal of Science Eduation* 7. Nr. 1, S. 83.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg [Hg.] (2004a). *Bildung stärkt Menschen*: Der Bildungsplan kurz vorgestellt. Weinheim/Basel. Beltz, S. 1.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg [Hg.] (2004b). *Bildungsplan des Landes Baden-Württemberg*. Leitgedanken zum Kompetenzerwerb Mensch, Natur und Kultur. Grundschule. Weinheim/Basel. Beltz.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg [Hg.] (2004c). *Bildungsplan Realschule des Landes Baden-Württemberg*. Leitgedanken zum Kompetenzerwerb für naturwissenschaftliches Arbeiten. Realschule. Weinheim/Basel. Beltz.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg [Hg.] (2004d). *Bildungsstandards für den Fächerverbund Materie-Natur-Technik*. Hauptschule und Werkrealschule. Klassen 6, 9, 10. Weinheim/ Basel. Beltz.

Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg [Hg.] (2006). *Orientierungsplan für Bildung und Erziehung für die baden-württembergischen Kindergärten*. Pilotphase. Weinheim/Basel. Beltz.

Miramis'/Morgane's (2007). Sternenkind-Erdenkind. Die Welt der Märchen. Teil II. [Online-Dokument] www.wurzelkerk.at/thema/sternenkind-erdenkind16.php (aufgerufen am 12.12.2006).

Müller, A. (2005). Kognitive Zustandsanalysen von Kindern nach chemischen Verstehensprozessen. [Online-Dokument] www.fachportal-paedagogik.de/fis_bildung/suche/fis_set.html (aufgerufen am 14.10.2006).

Munby, H. (1976). Some implications of language in science education. *Science Education 60*. Nr. 1, S. 115-124.

Neu, Ch./Melle, I. (1998). Die Fortbildung von Chemielehrerinnen und -lehrern. Gegenwärtige Situation und Möglichkeiten zur Veränderung. In: *CHEMKON 5*. Nr. 4, S. 181-186.

Niedderer, H./Schecker, H. (2004). *Physik lernen und das Vorverständnis der Schüler*. In: Hößle et al. [Hgg.]. Lehren und Lernen in den Naturwissenschaften – ein Überblick. Baltmannsweiler. Schneider, S.248-263.

Novick, S./Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter. An interview study. *Science Education 62*. Nr. 3, S. 273.

Novick S./Nussbaum, J. (1981). Pupil's understanding of the particulate nature of matter. A cross-age study. *Science Education 65*. Nr. 2, S. 187.

OECD (1999). Measuring Student Knowledge and Skills. A New Framework for Assessment. Paris.

OECD (2002). *Education at a Glance*. Paris. Glossary. [Online-Dokument] http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=5425 (aufgerufen am 02.01.2007).

Osborne, R./Cosgrove, M. M. (1983). Children's and Adult's Models for Predicting Teleological Action. The Development of a Biology-Based Model. *Child Development 72*. Nr. 5, S. 136.

Parchmann I. et al (2006). Lernlinien zur Verknüpfung von Kontextlernen und Kompetenzentwicklung. In: *CHEMKON 13*. Nr. 3, S. 124ff.

Pech, D./Kaiser, A. (2005). *Lernen lernen? Grundlagen für den Sachunterricht* [Online-Dokument] www.erziwiss.uni-hamburg.de/personen/murrmann/Texte/Pech,%20Kaiser%20-%20lernen,%20Grundlagen%20.pdf (aufgerufen am 02.01.2007).

Pfeifer P. et al (1997). *Konkrete Fachdidaktik Chemie*. München. Oldenbourg Verlag, S. 133ff.

Pfundt, H. (1981). Das Atom – letztes Teilungsstück oder erster Aufbaustein? Zu den Vorstellungen, die sich Schüler vom Aufbau der Stoffe machen. In: *CHIMICA DIDAKTIKA 7 ,* S. 75-94.

Piagét, J. (1974). *Theorien und Methoden der modernen Erziehung*. Frankfurt a. M. Fischer Taschenbuch Verlag.

Piagét, J./Inhelder, B. (1975). *Die Entwicklung der physikalischen Mengenbegriffe beim Kinde*. Stuttgart. Klett-Cotta.

Piagét, J. (1988). *Das Weltbild des Kindes*. München. dtv/Klett-Cotta S. 282ff.

Pomeroy, D. (1993). Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary science teachers and elementary teachers. *Science Education 77*. Nr. 3, S. 261.

Püttschneider, M./Lück, G. (2004). Die Rolle des Animismus bei der Vermittlung chemischer Sachverhalte. In: *CHEMKON 11*, S. 167.

Royal Society (1985). *Science is for Everybody*: *Summary Report*. London. The Royal Society.

Schachtel, E. (1959). *Metamorphosis*. New York. Basic Books.

Schavan, A. (2005). *Neue Lernkultur* In: MNU 58/3. Troisdorf. Bildungsverlag Eins-Dümmler, S. 131.

Schlöpke, W.-I. (1991). Alchemistisches Denken und Schülervorstellungen über Stoffe und Reaktionen. In: *CHIMICA DIDACTICA 17*, S. 5-47.

Schneider, W. (2002). *Entwicklung von Gedächtnis II*. Metakognition und Vorwissen. [Online-Dokument] www.psychologie.uni-wuerzburg.de/4pages/download/Schneider-Lehramt/Psych3-Entwicklung /11-26-02.pdf (aufgerufen am 14.05.2006).

Slone, M./Bokhurst, F. D. (1992). Children's understanding of sugar water solutions. *International Journal of Science Educations 14*. Nr. 2, S. 221.

Solomon, J. (1991). Teaching about the Nature of Science in the British National Curriculum. *Science Education 75*. Nr. 1, S. 95.

Solomon, J./Aikenhead, G. [Hgg.] (1994). *STS Education. International Perspectives on Reform. Ways of Knowing Science Series*. New York. Teachers College Press. S. 221ff.

Sommer, C. (2002). Wie sich Grundschulkinder die Erde im Weltall vorstellen – eine Untersuchung von Schülervorstellungen. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften 8*, S. 69-84.

Spiegel Online (04.12.2007). *Die Pisa-Studie im Detail. Alle Ergebnisse*. www.spiegel.de/schulspiegel/wissen/0,1518,521201,00.html.

Spreckelsen, K. (1997). *Neue Ergebnisse aus dem Kasseler Grundschulforschungsprojekt „Wie Grundschüler physikalischen Phänomenen begegnen"*. In: H. Behrendt [Hg.]. Zur Didaktik der Physik und Chemie. Probleme und Perspektiven, Vorträge zur Tagung für Didaktik der Physik und Chemie. Potsdam. Leuchturm Verlag.

Stavy, R./Stachel, D. (1985). Children's ideas about solid and liquid. *European Journal of Science Education* 7. Nr. 4, S. 407.

Stern, E. (2003). Was Hänschen lernt. In: Die Zeit – Wissen. [Online-Dokument] http://images.zeit.de/text/2003/15/P-Elsbeth:Stern (aufgerufen am 23.10.2006).

Stolting, P. (2004). Mensch, Natur und Kultur in der Grundschule. In: *Bildung & Wissenschaft*. Juli/August 2004, S. 22f.

Strauss, S./Stavy R. [Hgg.] (1982). *U-Shaped Behavioral Growth*. New York. Academic Press.

Strunk, U. (1998). *Die Behandlung von Phänomenen aus der unbelebten Natur im Sachunterricht*. Perspektive der Förderung des Erwerbs von kognitiven und konzeptuellen Fähigkeiten. Bad Iburg. Der Andere Verlag.

Tenberge, C. (2002). *Persönlichkeitsentwicklung und Sachunterricht*. Eine empirische Untersuchung zur Persönlichkeitsentwicklung in handlungsorientierten Lernformen im naturwissenschaftlichen-technischen Sachunterricht in der Grundschule. Dissertation Universität Münster. [Online-Dokument] http://www.gbv.de/ dms/goettingen/360372090.pdf. (aufgerufen am 23.10.2006).

TIMMS (2003). *Ergebnisse zur Population 2 (7./8. Klasse)*. [Online-Dokument] http://www.physik.uni-bremen.de/physics.education/niedderer/LVs/TIMSS98/ErgSek1.pdf (aufgerufen am 23.10.2006).

TIMMS (2003). *Released Science Items: Fourth Grade*. TIMMS & PIRL. International Study Center. Lynch School of Education. Boston

College. (Items ID S031287, S011026, S031038, S012033, S011027, S011022, S031372A, S011031, S011016, S011017, S011029). Inernational Association of the Evalutation of Educational Aducational Achievement (IEA).

Upmeier zu Belzen, A./Vogt, H. (2001). Interessen und Nicht-Interessen bei Grundschulkindern. In: IDP Münster. Bericht des Instituts für Didaktik der Biologie 10. S. 17-31.

U.S. Department of Education (2005). National Assessment Governing Board. *Science Framework for the 2005 National Assessment of Educational Progress*, S. 13.

Vosniadou, S. (1992). *Universal and culture-specific Properties of Children's Mental Models of the Earth*. In: Gelman et al. [Hgg.]. Mapping The Mind – Domain Specifity in Cognition and Culture. New York/Melbourne. Cambridge University Press, S. 412-430.

Vosniadou, S. (1994). *Conceptual Change in Physical Science*. In: Learning and Instruction 4, S. 45-69.

Wagenschein, M. et al. (1973). *Kinder auf dem Wege zur Physik*. Stuttgart. Klett.

Wagenschein, M. (1980). *Naturphänomene sehen und verstehen*. Genetische Lehrgänge. Stuttgart. Klett, S. 356.

WDR Fernsehen (2001). *Wie wir lernen*. Skript zur WDR Fernsehserie „Quarks & Co".

Weerda, J. (1981). *Zur Entwicklung des Gasbegriffs beim Kinde*. In: NiU-P/C 29, S. 90.

Wild, K. P. (1996): Die Beziehung zwischen Lernmotivation und Lernstrategien als Funktion personaler und situativer Faktoren. In: R. Duit/C. von Rhöneck. *Lernen in den Naturwissenschaften*. IPN 15. Kiel.

Wilson, E. O. (1984). *Biophilia. The human bond with other species*. Cambridge. Harvard University Press.

Wing-Mui So, W. (2002). *Constructivist Teaching in Primary Science*. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching Vol. 3, Issue 1. Article 1 [Online-Dokument] www.ied.edu.hk/apfslt/ v3 issue1/ sowm/index.htm (aufgerufen am 12.10.2005).